

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS

FRANCIELE SILVA DE BARROS

Análise da associação entre variáveis meteorológicas e mortalidade em idosos aplicada a características climáticas diferentes do Estado de São Paulo no clima presente e futuro

São Paulo

2022

FRANCIELE SILVA DE BARROS

Análise da associação entre variáveis meteorológicas e mortalidade em idosos aplicada a características climáticas diferentes do Estado de São Paulo no clima presente e futuro

Versão Corrigida. O original encontra-se disponível na Unidade.

Dissertação apresentada ao Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Biometeorologia

Orientador: Prof. Dr. Fabio Luiz Teixeira Gonçalves

São Paulo

2022

*Dedico este trabalho a minha amada família
que sempre me apoiou e motivou a realizá-lo.*

Agradecimentos

Agradeço, primeiramente a Deus, pela oportunidade de concluir o mestrado e por ser minha força diária.

A minha família pelo apoio incondicional em todos os momentos, pelas palavras de incentivo e de conforto. Vocês são tudo em minha vida (Lindalva, José, Fabíola, Teresa e Francisca).

Ao meu orientador Prof. Dr. Fabio Luiz Teixeira Gonçalves pela paciência, atenção e por dividir comigo tantos conhecimentos.

Sou grata ao meu amigo/irmão Marcos que sempre esteve ao meu lado, me dando forças, me acalmando nos momentos de desespero, contribuindo com ideias e ajudando a deixar as coisas mais leves com boas risadas. Sem você tudo teria sido mais difícil, obrigada por ser esse companheiro maravilhoso.

Agradeço a todos os meus amigos que sempre me apoiaram seja com uma palavra de incentivo ou emanando energias positivas, vocês são incríveis, em especial, Andressa, Thaís, Elen, Raissa, Humberto e Lucas.

A Fernanda Diniz por toda colaboração durante a pesquisa, obrigada por ser sempre solícita e paciente.

A todos os professores do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) e toda a sua equipe que contribuíram para a minha formação.

Ao Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO) e Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA) por disponibilizar os dados meteorológicos utilizados neste trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro no período em que fui bolsista.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

(Madre Teresa de Calcutá)

Resumo

BARROS, F. S. **Análise da associação entre variáveis meteorológicas e mortalidade em idosos aplicada a características climáticas diferentes do Estado de São Paulo no clima presente e futuro**. 2022. 146f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

O crescimento da população idosa aumentou o interesse em compreender como a sensibilidade climática está relacionada ao seu conforto térmico. Diante disso, verificamos a explicação dada pela associação entre as mortalidades em idosos por doenças cardiovasculares (DCV) e respiratórias (DRSP) e as variáveis meteorológicas, para três cidades do estado de São Paulo: Campos do Jordão, Ribeirão Preto e Santos, considerando o clima presente e o cenário futuro de mudanças climáticas do RCP 4.5 e RCP 8.5. Os dados de saúde foram obtidos através do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), os dados meteorológicos do presente das estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIAGRO) e Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA) e os dados simulados provenientes da plataforma PROJETA. Os métodos utilizados consistem no cálculo dos índices de conforto térmico: Temperatura Efetiva (TE) e Temperatura Efetiva em função do vento (TE_v) e na investigação das observações através da suavização dos dados pelo Modelo Autoregressivo Integrado a Média Móvel (ARIMA) em conjunto com a aplicação da Análise de Componentes Principais (ACP) e correlação de *Spearman* na avaliação da associação estatística, além da utilização do Risco Relativo resultante do Modelo Linear Generalizado (MLG) acoplado ao modelo não linear de atraso distribuído (DLNM). Os resultados obtidos mostram as DCV como maior causa de mortalidade, principalmente no período frio, este também responsável pela taxa elevada de mortalidade por DRSP. A taxa de mortalidade foi superior para Campos do Jordão de 12 a 32 % (DCV) e de 2 a 10 % (DRSP), menores em Santos, de 13 a 16 % (DCV) e aproximadamente 5 % (DRSP) e Ribeirão Preto apresentou valores intermediários de 11 a 18 % (DCV) e de 2 a 7 % (DRSP). As associações estatísticas demonstraram significância para baixos valores das variáveis meteorológicas em todas as cidades de estudo, tais como, temperatura média (Campos do Jordão), umidade relativa (Ribeirão Preto) e velocidade do vento (Santos), assim como, os menores valores dos índices TE e TE_v indicaram associação positiva com o aumento da mortalidade em idosos. Para o clima futuro projeta-se maior excesso de mortalidade associado

aos efeitos do calor, principalmente no futuro distante sob o cenário RCP8.5 nas três cidades de estudo. No entanto, estima-se o aumento da fração de mortalidade atribuída as baixas temperaturas no período frio, particularmente em Campos do Jordão. Contudo, os resultados deste trabalho ajudarão a compreender o impacto dos fatores meteorológicos e de conforto térmico na mortalidade de idosos no clima presente e futuro, auxiliando na implementação de medidas mitigadoras e adaptativas, com intuito de prolongar e melhorar a qualidade de vida da população idosa.

Palavras-chave: Conforto térmico, Clima, Idosos, Mortalidade, Mudanças Climáticas

Abstract

The growth of the elderly population has increased interest in understanding how climate sensitivity is related to their thermal comfort. In view of this, we verified the explanation given by the association between mortality in the elderly due to cardiovascular (CVD) and respiratory diseases (DRSP) and the meteorological variables, for three cities in the state of São Paulo: Campos do Jordão, Ribeirão Preto and Santos, considering the present climate and the future climate change scenery of RCP4.5 and RCP8.5. The health data were obtained through the Department of Informatics of the Unified Health System (DATASUS), the present meteorological data from the stations of the National Institute of Meteorology (INMET), Integrated Center for Agrometeorological Information (CIIAGRO) and Instituto de Controle do Espaço (ICEA) and simulated data from the PROJETA platform. The methods used consist of calculating the thermal comfort indices: Effective Temperature (TE) and Effective Temperature with wind (TE_v) and investigating the observations through data smoothing by the Autoregressive Integrated Moving Average Model (ARIMA) together with the application of Principal Component Analysis (PCA) and Spearman correlation in the evaluation of statistical association, in addition to the use of the Relative Risk resulting from the Generalized Linear Model (MLG) coupled to the Distributed Lag Non-linear Models (DLNMs). The results obtained show CVD as the major cause of mortality, especially in the cold season, which is also responsible for the high rate of mortality from DRSP. The mortality rate was higher for Campos do Jordão, from 12 to 32% (DCV) and from 2 to 10% (DRSP), lower in Santos, from 13 to 16% (DCV) and approximately 5% (DRSP) and Ribeirão Preto showed intermediate values of 11 to 18% (DCV) and 2 to 7% (DRSP). Statistical associations showed significance for low values of meteorological variables in all study cities, such as average temperature (Campos do Jordão), relative humidity (Ribeirão Preto) and wind speed (Santos), as well as the lowest values of the TE and TE_v indices indicated a positive association with increased mortality in the elderly. For the future climate, a greater excess of mortality associated with the effects of heat is projected, especially in the distant future under the RCP8.5 scenario in the three cities studied. However, an increase in the mortality fraction attributed to low temperatures in the cold period is estimated, particularly in Campos do Jordão. Therefore, the results of this work will help to understand the impact of meteorological factors and thermal comfort on the mortality of the elderly in the present and future climate, helping to implement mitigating and adaptive measures, in order to prolong and improve the elderly population's quality of life.

Keywords: Thermal comfort, Climate, Elderly, Mortality, Climate Change

Lista de figuras

Figura 1 - Mapa do Brasil com destaque para o Estado de São Paulo e as cidades de estudo .	41
Figura 2 - Ciclo anual das variáveis meteorológicas nas três cidades a saber: a) temperatura média, b) umidade relativa, c) velocidade do vento e d) precipitação média acumulada da série observada (estações meteorológicas) das cidades de estudo no período 1996 a 2017, exceto para Ribeirão Preto (2000 – 2017)	46
Figura 3 – Distribuição da taxa anual de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias para as cidades de estudo no período de 1996 a 2017	61
Figura 4 - Taxa anual de mortalidade por doenças a) cardiovasculares e b) respiratórias para as cidades de estudo no período de 1996 a 2017 nas três cidades de estudo	62
Figura 5 – Distribuição da taxa mensal de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias para o período frio e quente considerando 1996 a 2017 nas três cidades de estudo	63
Figura 6 - Distribuição dos dados de a) temperatura média, b) umidade relativa, c) velocidade do vento e d) precipitação acumulada para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) de 1996 a 2017 nas três cidades de estudo	65
Figura 7 – Ciclo anual dos índices de conforto térmico a) temperatura efetiva e b) temperatura efetiva em função do vento para o período de 1996 a 2017 para as três cidades de estudo.....	66
Figura 8 - Distribuição dos índices de conforto térmico a) temperatura efetiva e b) temperatura efetiva em função do vento para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) de 1996 a 2017 nas três cidades de estudo	67
Figura 9 - Ciclo anual das variáveis meteorológicas a) temperatura média, b) umidade relativa, c) velocidade do vento e d) precipitação acumulada para o período de 1985 a 2005 para as três cidades de estudo	68
Figura 10 - Distribuição dos dados de a) temperatura média, b) umidade relativa, c) velocidade do vento e d) precipitação acumulada para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) de 1985 a 2005 nas três cidades de estudo	70
Figura 11 - Ciclo anual dos índices de conforto térmico a) temperatura efetiva e b) temperatura efetiva em função do vento para o período de 1985 a 2005 para as três cidades de estudo.....	71

Figura 12 - Distribuição dos índices de conforto térmico a) temperatura efetiva e b) temperatura efetiva em função do vento para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) de 1985 a 2005 nas três cidades de estudo	72
Figura 13 - Ciclo anual das variáveis meteorológicas a) temperatura média, b) umidade relativa, c) velocidade do vento e d-e) precipitação acumulada no futuro próximo (2030-2050) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para as três cidades de estudo	74
Figura 14 - Distribuição dos dados de a) temperatura média, b) umidade relativa, c) velocidade do vento e d) precipitação acumulada para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) no futuro próximo (2030-2050) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 nas três cidades de estudo.....	76
Figura 15 - Ciclo anual dos índices de conforto térmico a) temperatura efetiva e b) temperatura efetiva em função do vento no futuro próximo (2030-2050) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para as três cidades de estudo.....	77
Figura 16 - Distribuição dos índices de conforto térmico a) temperatura efetiva e b) temperatura efetiva em função do vento para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) no futuro próximo (2030-2050) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 nas três cidades de estudo	78
Figura 17 - Ciclo anual das variáveis meteorológicas a) temperatura média, b) umidade relativa, c) velocidade do vento e d-e) precipitação acumulada no futuro distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para as três cidades de estudo.....	80
Figura 18 - Distribuição dos dados de a) temperatura média, b) umidade relativa, c) velocidade do vento e d) precipitação acumulada para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) no futuro distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 nas três cidades de estudo.....	82
Figura 19 - Ciclo anual dos índices de conforto térmico a) temperatura efetiva e b) temperatura efetiva em função do vento no futuro distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para as três cidades de estudo	83
Figura 20 - Distribuição dos índices de conforto térmico a) temperatura efetiva e b) temperatura efetiva em função do vento para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) no futuro distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 nas três cidades de estudo	84
Figura 21 - Risco relativo acumulado de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias considerando a exposição à temperatura média para a-c-e) Ribeirão Preto (2000-2017) e b-d-f) Santos (1996-2017) nos períodos completo, frio e quente	

(de cima para baixo). As linhas coloridas representam cada cidade (vermelho – Ribeirão Preto e azul – Santos) e o sombreado em cinza são os intervalos de confiança de 95%..... 102

Figura 22 - Risco relativo acumulado de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias considerando a exposição ao índice de temperatura efetiva para a-c-e) Ribeirão Preto (2000-2017) e b-d-f) Santos (1996-2017) nos períodos completo, frio e quente (de cima para baixo). As linhas coloridas representam cada cidade (vermelho – Ribeirão Preto e azul – Santos) e o sombreado em cinza são os intervalos de confiança de 95%. 105

Figura 23 - Risco relativo acumulado de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias considerando a exposição ao índice de temperatura efetiva em função do vento para a-c-e) Ribeirão Preto (2000-2017) e b-d-f) Santos (1996-2017) nos períodos completo, frio e quente (de cima para baixo). As linhas coloridas representam cada cidade (vermelho – Ribeirão Preto e azul – Santos) e o sombreado em cinza são os intervalos de confiança de 95%. 108

Figura 24 – Série temporal das variáveis meteorológicas (Temperatura média – TEMP, Umidade Relativa – UR, Velocidade do Vento -VV e Precipitação – PREC) proveniente das estações meteorológicas no período de 1996 a 2017 para a) Campos do Jordão, b) Ribeirão Preto (2000-2017) e c) Santos 142

Figura 25 - Risco relativo acumulado de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias considerando a exposição ao índice de temperatura efetiva em função do vento para a-c-e) Ribeirão Preto (2000-2017) e b-d-f) Santos (1996-2017) nos períodos completo, frio e quente (de cima para baixo). As linhas verdes representam a curva de exposição-mortalidade e o sombreado em cinza são os intervalos de confiança de 95%..... 146

Lista de tabelas

Tabela 1 - Trajetórias Representativas de Concentração do AR5	28
Tabela 2 - Informações populacionais, sociais, econômicas e climáticas das cidades de estudo. IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal), IVSP (Índice de Vulnerabilidade Social Paulista) e PIB (Produto Interno Bruto)	43
Tabela 3 - Estatística descritiva das variáveis meteorológicas com média, valores mínimos e máximos absolutos e desvio padrão para as cidades de estudo	46
Tabela 4 - Critério de Fanger (1970) e Maia (2002) para os índices de conforto térmico TE e TEv	50
Tabela 5 - Dados de população e mortalidade em idosos por DCV e DRSP no período de 1996 a 2017	61
Tabela 6 - Distribuição de óbitos por DCV e DRSP considerando os índices de conforto térmico para Campos do Jordão no período de 1996 a 2017	85
Tabela 7 - Distribuição de óbitos por DCV e DRSP considerando os índices de conforto térmico para Ribeirão Preto no período de 1996 a 2017	86
Tabela 8 - Distribuição de óbitos por DCV e DRSP considerando os índices de conforto térmico para Santos no período de 1996 a 2017	86
Tabela 9 - Distribuição de óbitos por DCV e DRSP considerando os índices de conforto térmico para Campos do Jordão no período frio (abril a setembro) de 1996 a 2017.....	87
Tabela 10 - Distribuição de óbitos por DCV e DRSP considerando os índices de conforto térmico para Campos do Jordão no período quente (outubro a março) de 1996 a 2017	88
Tabela 11 - Distribuição de óbitos por DCV e DRSP considerando os índices de conforto térmico para Ribeirão Preto no período frio (abril a setembro) de 1996 a 2017....	88
Tabela 12 - Distribuição de óbitos por DCV e DRSP considerando os índices de conforto térmico para Ribeirão Preto no período quente (outubro a março) de 1996 a 2017	89
Tabela 13 - Distribuição de óbitos por DCV e DRSP considerando os índices de conforto térmico para Santos no período frio (abril a setembro) de 1996 a 2017	90
Tabela 14 - Distribuição de óbitos por DCV e DRSP considerando os índices de conforto térmico para Santos no período quente (outubro a março) de 1996 a 2017	90

Tabela 15 - ACP das mortalidades e variáveis meteorológicas para todo o período com lag 3	92
Tabela 16 - ACP das mortalidades e variáveis meteorológicas para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março).....	92
Tabela 17 - ACP das mortalidades e variáveis meteorológicas para todo o período com lag 3	93
Tabela 18 - ACP das mortalidades e variáveis meteorológicas para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março).....	93
Tabela 19 - ACP das mortalidades e variáveis meteorológicas para todo o período com lag 3	94
Tabela 20 - ACP das variáveis meteorológicas e da mortalidade para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março).....	95
Tabela 21 – Correlação de Spearman da mortalidade por DCV e DRSP, variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico com <i>lag</i> de 3 dias para Campos do Jordão no período completo de 1996 a 2017	96
Tabela 22 – Coeficientes da correlação de Spearman da mortalidade por DCV e DRSP, variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico para Campos do Jordão no período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) de 1996 a 2017	97
Tabela 23 – Coeficientes da correlação de Spearman da mortalidade por DCV e DRSP, variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico para Ribeirão Preto no período completo de 2000 a 2017.....	97
Tabela 24 - Correlação de Spearman da mortalidade separado por DCV e DRSP, variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico para Ribeirão Preto no período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) de 2000 a 2017	98
Tabela 25 - Correlação de Spearman da mortalidade separado por DCV e DRSP, variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico para Santos no período completo de 2000 a 2017	98
Tabela 26 - Correlação de Spearman da mortalidade separado por DCV e DRSP, variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico para Santos no período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) de 1996 a 2017	99
Tabela 27 – Pseudo-R ² do MLG para temperatura média e índices TE e TE _v no período completo	101
Tabela 28 – Pseudo-R ² do MLG para temperatura média e índices TE e TE _v no período frio (abril a setembro) e no período quente (outubro a março)	101

Tabela 29 – Risco relativo de mortalidade considerando exposição a temperatura média associado aos efeitos do calor (99 percentis) e frio (1 percentil) versus a Temperatura de Mínima Mortalidade (TMM) para o período presente de 1996 a 2017 nas cidades de estudo, exceto, Ribeirão Preto (2000-2017)	103
Tabela 30 - Risco relativo de mortalidade considerando exposição a temperatura média associado aos efeitos do calor (99 percentis) e frio (1 percentil) versus a Temperatura de Mínima Mortalidade (TMM) para o intervalo frio e quente do período presente de 1996 a 2017 nas cidades de estudo, exceto, Ribeirão Preto (2000-2017)	104
Tabela 31 – Risco relativo de mortalidade considerando exposição a temperatura efetiva associado aos efeitos do calor (99 percentis) e frio (1 percentil) versus a Temperatura de Mínima Mortalidade (TMM) para o período presente de 1996 a 2017 nas cidades de estudo, exceto, Ribeirão Preto (2000-2017)	106
Tabela 32 - Risco relativo de mortalidade considerando exposição a temperatura média associado aos efeitos do calor (99 percentis) e frio (1 percentil) versus a Temperatura de Mínima Mortalidade (TMM) para o intervalo frio e quente do período presente de 1996 a 2017 nas cidades de estudo, exceto, Ribeirão Preto (2000-2017)	107
Tabela 33 – Risco relativo de mortalidade considerando exposição a temperatura efetiva em função do vento associado aos efeitos do calor (99 percentis) e frio (1 percentil) versus a Temperatura de Mínima Mortalidade (TMM) para o período presente 1996 a 2017 nas três cidades de estudo	109
Tabela 34 - Risco relativo de mortalidade considerando exposição a temperatura média associado aos efeitos do calor (99 percentis) e frio (1 percentil) versus a Temperatura de Mínima Mortalidade (TMM) para o intervalo frio e quente do período presente 1996 a 2017 nas três cidades de estudo	110
Tabela 35 - Variação da temperatura média projetada para o futuro próximo (2030-2050) e distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para o período completo, frio (abril a setembro) e quente (outubro a março).....	111
Tabela 36 - Variação do índice TE projetado para o futuro próximo (2030-2050) e distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para o período completo, frio (abril a setembro) e quente (outubro a março).....	112
Tabela 37 - Variação do índice TEv projetado para o futuro próximo (2030-2050) e distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para o período completo, frio (abril a setembro) e quente (outubro a março).....	112

Tabela 38 – Excesso de mortalidade atribuído aos efeitos de frio e calor associado a exposição da temperatura média simulada para o histórico (1985-2005), futuro próximo (2030-2050) e distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para o período completo, frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) nas três cidades de estudo	114
Tabela 39 - Excesso de mortalidade atribuído aos efeitos de frio e calor associado a exposição da temperatura efetiva simulada para o histórico (1985-2005), futuro próximo (2030-2050) e distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para o período completo, frio (abril a setembro) e quente (outubro a março).....	116
Tabela 40 - Excesso de mortalidade atribuído aos efeitos de frio e calor associado a exposição da temperatura efetiva em função do vento simulada para o histórico (1985-2005), futuro próximo (2030-2050) e distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para o período completo, frio (abril a setembro) e quente (outubro a março)	118
Tabela 41 - Análise de sensibilidade para temperatura média com aplicação dos testes estatístico Pseudo R ² e resíduos de desvios para as três cidades de estudo considerando o período completo, período frio e quente de 1996 a 2017, exceto Ribeirão Preto (2000-2017)	143
Tabela 42 - Análise de sensibilidade para o índice de temperatura efetiva com aplicação dos testes estatístico Pseudo R ² e resíduos de desvios para as três cidades de estudo considerando o período completo, período frio e quente de 1996 a 2017, exceto Ribeirão Preto (2000-2017)	144
Tabela 43 - Análise de sensibilidade para o índice de temperatura efetiva em função do vento com aplicação dos testes estatístico Pseudo R ² e resíduos de desvios para as três cidades de estudo considerando o período completo, período frio e quente de 1996 a 2017, exceto Ribeirão Preto (2000-2017).....	145

Lista de abreviaturas e siglas

ACP – Análise de Componentes Principais
AIC – Critério de Informação de Akaike
ARIMA – Modelo Autoregressivo Integrado a Média Móvel
AR5 – Fifth Assessment Report (Quinto Relatório de Avaliação)
AVC – Acidente Vascular Cerebral
BIC – Critério de Informação Bayesiano
CFSR – Climate Forecast System Reanalysis
CID – Classificação Internacional de Doenças
CIAGRO – Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas
CH₄ – Metano
CMIP6 – Coupled Model Intercomparison Project Phase 6
CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CO₂ – Dióxido de Carbono
CTH – Conforto Térmico Humano
CS – Categoria Sinótica
DAE – Departamento de Água e Eletricidade
DATASUS – Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DCV – Doenças Cardiovasculares
DLNM – Distributed Lag Non-linear Models (Modelo não-linear de atraso distribuído)
DRSP – Doenças Respiratórias
DPOC – Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
ERA5 – ECMWF Reanalysis v5
GEE – Gases de Efeito Estufa
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC – Intervalo de Confiança
ICEA – Instituto de Controle do Espaço Aéreo
ICTH – Índice de Conforto Térmico Humano
ID – Índice de Desconforto
IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IDK – Índice Desconforto de Kawamura
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPE – Instituto de Pesquisas Espaciais

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas)

IPET – Temperatura Equivalente Percebida

IVSP – Índice de Vulnerabilidade Social Paulista

HadGEM2–ES – Hadley Centre Global Environmental Model version 2 Earth System

MAG – Modelo Aditivo Generalizado

Mcti – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

MLG – Modelo Linear Generalizado

N₂O – Óxido Nitroso

O₃ – Ozônio

ONU – Organização das Nações Unidas

PIB – Produto Interno Bruto

PM10 – Material Particulado com 10 µm de diâmetro

PREC – Precipitação

PROJETA – Projeções de mudança do clima para a América do Sul regionalizadas pelo Modelo Eta

RCP – Representative Concentration Pathway (Trajetórias Representativas de Concentração)

RegCM4 – Regional Climate Model v4

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

RR – Risco Relativo

SEADE – Sistema Estadual de Análise de Dados do Estado de São Paulo

SO₂ – Dióxido de Enxofre

SRES – Special Report on Emissions Scenarios

TAP – Temperatura Aparente

TBM – Taxa Bruta de Mortalidade

TE – Temperatura Efetiva

TEv – Temperatura Efetiva em função do vento

TGBU – Temperatura Global do Bulbo Úmido

TMM – Temperatura de Mínima Mortalidade

TP – Temperatura Percebida

Sumário

1. INTRODUÇÃO	22
1.1 <i>CORPO HUMANO</i>	23
1.1.1 Envelhecimento	24
1.1.2 Conforto térmico humano	25
1.2 <i>MUDANÇAS CLIMÁTICAS</i>	26
1.2.1 Impactos da mudança do clima no Brasil	28
1.3 <i>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</i>	29
1.3.1 Influência do tempo/clima na mortalidade de idosos	29
1.3.2 Índices de conforto térmico humano	32
1.3.3 Mudanças Climáticas	34
1.3.4 Impacto das Mudanças Climáticas na mortalidade	35
2. JUSTIFICATIVA	39
3. OBJETIVOS	40
3.1 <i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	40
4. METODOLOGIA	40
4.1 <i>LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO</i>	41
4.1.1 Descrição da região de estudo	42
4.2 <i>DADOS</i>	43
4.2.1 Dados Populacionais	43
4.2.2 Dados de Mortalidade	43
4.2.3 Dados Meteorológicos Coletados (1996-2017)	44
4.2.3.1 Contexto Climático	44
4.2.4 Dados Meteorológicos Simulados do Modelo Climático Regional Eta - HadGEM2 - ES	47
4.3 <i>MÉTODOS</i>	48
4.3.1 Cálculo da Taxa Bruta de Mortalidade (TBM)	48
4.3.2 Índices de Conforto Térmico Humano (ICTH)	48
4.3.2.1 Temperatura Efetiva (TE)	49
4.3.2.2 Temperatura Efetiva em função do vento (TEv)	49
4.3.2.3 Critério de Fanger	50

4.4	<i>MÉTODOS ESTATÍSTICOS</i>	50
4.4.1	Modelo Autoregressivo Integrado a Média Móvel (ARIMA).....	51
4.4.2	Análise de Componentes Principais (ACP).....	52
4.4.3	Teste de Normalidade Kolmogorov-Smirnov	55
4.4.4	Teste de Correlação de Spearman	55
4.4.5	Modelo Linear Generalizado (MLG)	55
4.4.6	Análise de Sensibilidade.....	58
4.4.7	Excesso de Mortalidade.....	58
5.	RESULTADOS	60
5.1	<i>ANÁLISES DESCRITIVAS</i>	60
5.1.1	Presente (1996-2017).....	60
5.1.1.1	Mortalidades.....	60
5.1.1.2	Variáveis Meteorológicas.....	63
5.1.1.3	Índices de Conforto Térmico Humano.....	66
5.1.2	Histórico (1985 - 2005)	67
5.1.2.1	Variáveis Meteorológicas.....	67
5.1.2.2	Índices de Conforto Térmico Humano.....	71
5.1.3	Futuro Próximo (2030 - 2050).....	73
5.1.3.1	Variáveis Meteorológicas.....	73
5.1.3.2	Índices de Conforto Térmico Humano.....	77
5.1.4	Futuro Distante (2079 - 2099)	79
5.1.4.1	Variáveis Meteorológicas.....	79
5.1.4.2	Índices de Conforto Térmico Humano.....	83
5.2	<i>ANÁLISES DE ASSOCIAÇÃO ENTRE MORTALIDADE E O CLIMA PRESENTE</i> ..	84
5.2.1	Zonas de Conforto Térmico Humano.....	85
5.2.1.1	Período Completo.....	85
5.2.1.2	Período Frio e Quente	87
5.2.2	Análises estatísticas	91
5.2.2.1	Análise de Componentes Principais (ACP)	91
5.2.2.2	Matriz Correlação.....	96
5.2.2.3	Risco de Mortalidade	100
5.2.2.3.1	<i>Avaliação do ajuste do MLG</i>	100
5.2.2.3.2	<i>Temperatura média</i>	101

5.2.2.3.3	<i>Índices de Conforto Térmico Humano</i>	104
5.3	<i>IMPACTO DA MUDANÇA DO CLIMA NA MORTALIDADE DE IDOSOS</i>	111
5.3.1	Variação dos fatores de exposição.....	111
5.3.2	Excesso de Mortalidade.....	113
5.3.2.1	Temperatura média.....	113
5.3.2.2	Índices de Conforto Térmico Humano.....	115
6.	CONCLUSÃO	120
7.	TRABALHOS FUTUROS	122
8.	REFERÊNCIAS	123
APÊNDICE A – Série temporal dos dados meteorológicos das estações meteorológicas das três cidades de estudo		142
APÊNDICE B – Análise de sensibilidade considerando os fatores de exposição para as três cidades de estudo		143
APÊNDICE C – Risco relativo da exposição-resposta para Campos do Jordão		146

1. INTRODUÇÃO

O aumento da expectativa de vida mundial provoca alterações em diferentes esferas da sociedade, sobretudo, na saúde. Os idosos consomem mais serviços de saúde decorrente do desencadeamento de doenças crônicas provocadas pelo envelhecimento corporal. No entanto, algumas morbidades e mortalidades apresentam associação com o tempo e clima, tornando os idosos ainda mais vulneráveis, visto que, as mudanças do clima já são uma realidade, com eventos climáticos extremos mais frequentes e intensos.

A falta de conhecimento relacionado a este tema no Brasil, favorece o aumento dos impactos negativos relacionados a mudança do clima na saúde, em especial, aos grupos mais suscetíveis. Portanto, este estudo contribuirá com subsídios científicos para a tomada de decisão dos atores no planejamento estratégico da saúde pública e de ações de adaptação, tornando o setor e a população mais resilientes, frente às mudanças do clima.

A atmosfera terrestre é responsável pela manutenção da vida e a interação com a mesma provoca diversos impactos nos seres vivos. As relações dos efeitos diretos e indiretos entre variáveis atmosféricas e organismos vivos fazem parte do campo científico interdisciplinar conhecido como Biometeorologia. Esta ciência pode ser dividida em vegetal, animal, humana, cósmica, espacial e paleo-biometeorologia, sendo a humana responsável por estudar a interface entre seres humanos e a meteorologia/climatologia, com destaque para a saúde, além do mais apresenta subdivisões, tais como, Fisiológica, Sociológica, Patológica, Arquitetura e urbanismo, Náutica.

A condição de satisfação térmica dos seres vivos, em particular do ser humano, com o meio externo, está inserida dentro do campo de estudo da Biometeorologia humana, a qual as condições do tempo (curto prazo) e do clima (longo prazo), podem causar efeitos nas atividades, comportamento e saúde humana, sendo que este, envolve a percepção do surgimento ou agravamento de patologias na população (HONDULA *et al.*, 2012; KASSOMENOS; GRYPARIS; KATSOUYANNI, 2007; MONTEIRO, 1996; NEDEL, 2008). Ainda assim, o estado de conforto térmico está relacionado a outros fatores, como individuais, socioeconômicos e ambientais.

Desta forma, essas relações podem ser observadas através do conforto térmico humano (CTH), descrito adiante, definido por ASHRAE (1966) como uma condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico. Segundo YAO *et al.* (2009) o conforto térmico é um fenômeno complexo porque é resultado de interações variadas entre fisiologia, psicologia e comportamento frente as mudanças do tempo e clima.

Diante disto, observa-se a importância em analisar o comportamento das variáveis meteorológicas, a sazonalidade e as características climáticas no ambiente em que vive os indivíduos para verificar associações existentes. Os estudos bioclimáticos humanos possibilitaram a criação de métodos empíricos e numéricos para avaliar o impacto térmico no corpo humano, com o intuito de evitar efeitos nocivos na saúde e promover medidas adaptativas ao tempo/clima. Como exemplos de CTH, pode-se citar: Índice de Calor (IC), Temperatura Efetiva (TE), Temperatura Aparente (TAP) e Temperatura Global do Bulbo Úmido (TGBU) (MCGREGOR, 2012). Melhores detalhes serão discutidos na revisão bibliográfica.

Tendo-se em vista a abordagem multidisciplinar acima descrita, as próximas seções abordarão: o corpo humano, o envelhecimento, o conforto térmico e a mudança climática. Será seguido de uma revisão bibliográfica.

1.1 CORPO HUMANO

O corpo humano possui temperatura interna em torno de 37°C e, para manter a temperatura corporal em equilíbrio, há a presença de um termorregulador, denominado de hipotálamo (OSILLA; MARSIDI; SHARMA, 2022). A temperatura do ar é a variável que está diretamente ligada à temperatura corporal e por isso possui maior influência no conforto térmico (SETTE; RIBEIRO, 2011). Porém, a amplitude térmica diária da atmosfera oscila a temperatura corporal, além das atividades exercidas e o organismo de cada pessoa.

O equilíbrio térmico é alcançado através do balanço entre a perda e a produção/ganho de calor. Quando este balanço é interrompido, os sensores do Sistema Nervoso Central (SNC) enviam mensagens para o hipotálamo, e este responde através do envio de sinais para vários órgãos e sistemas do corpo, provocando o processo de homeostase, ou seja, ocorre a ativação de múltiplos mecanismos de termorregulação (OSILLA; MARSIDI; SHARMA, 2022).

O processo de termorregulação ocorre de maneiras diferentes nos indivíduos, apresentando menor eficiência em grupos mais vulneráveis, bem como, crianças, portadores de doenças crônicas e idosos.

Diante disto, diversos estudos apontam a maior suscetibilidade da população idosa em apresentar morbidades e mortalidades como doenças cardiovasculares (DCV) e respiratórias (DRSP) (COELHO; GONCALVES; LATORRE, 2010; COSTA, 2015; PINTO, 2016) sobre condições extremas de frio e calor (CONLON *et al.*, 2011; DÍAZ *et al.*, 2005; DINIZ; GONÇALVES; SHERIDAN, 2020; SETTE; RIBEIRO, 2011; SUN *et al.*, 2021), pois apresentam capacidade reduzida de termorregulação e diminuição da percepção térmica devido

ao envelhecimento corporal, causado pela degeneração dos tecidos e órgãos, além da possibilidade de apresentar doenças pré-existentes (VOGELAERE; PEREIRA, 2005). Além desses fatores, pode-se mencionar ainda que este grupo muitas vezes encontra-se em situações de desfavorecimento econômico e exclusão social.

Todos estes fatores estão relacionados aos aspectos que envolvem o envelhecimento abordado a seguir.

1.1.1 Envelhecimento

O envelhecimento é um processo natural, contínuo e gradual das alterações neurobiológicas como diminuição das funções fisiológicas, bioquímicas, mudanças corporais e psíquicas. Este processo pode ocasionar limitações ao indivíduo e aumentar a vulnerabilidade econômica, social e ambiental (BARBOSA; OLIVEIRA; FERNANDES, 2019; BROCKLEHURST; LAURENSEN, 2008; SCHRÖDER-BUTTERFILL; MARIANTI, 2006).

Diante disto, observa-se o constante crescimento do envelhecimento populacional no Brasil e no mundo. Segundo o IBGE (2017), estima-se cerca de 30,2 milhões de pessoas com 60 anos ou mais em 2017 no Brasil, este avanço pode ser explicado pelo aumento na expectativa de vida dos brasileiros devido as melhores condições de saúde e a queda na taxa de natalidade (MIRANDA *et al.*, 2016). Somente no estado de São Paulo 11,6% da população são de idosos, com maioria mulheres (SEADE, 2010).

As projeções populacionais apontam para o aumento da proporção de idosos no Brasil, que em 2010 era de 7,3%, e pode chegar a 40,3% em 2100, com maior percentual do sexo feminino (IPEA, 2021). Para o estado de São Paulo, projeta-se nos próximos 30 anos que o grupo de 60 a 79 anos dobrará e o de maiores de 80 anos triplicará (SEADE, 2020).

Esta mudança no comportamento demográfico, onde os idosos representam uma parcela maior da população, provocam transformações na sociedade, inclusive no sistema de saúde, do qual as doenças típicas do envelhecimento se tornam as principais enfermidades que acometem a população e ocasionam a maior parte das mortes (OLIVEIRA *et al.*, 2019), o que exige a criação de políticas públicas de adaptação para melhorar a qualidade de vida dos idosos, visto que, é o grupo mais vulnerável aos efeitos do clima.

1.1.2 Conforto térmico humano

Diante do envelhecimento corporal a sensibilidade térmica dos idosos sofre alteração, apresentando redução da capacidade de termorregulação, o que pode contribuir no desencadeamento de morbidades e mortalidades.

Os primeiros estudos sobre conforto térmico surgiram devido a necessidade de avaliar a influência das condições térmicas do ambiente no rendimento de operários. Neste contexto, estudos observaram que as mudanças de estação do ano alteravam a produção em indústrias, e ainda ambientes termicamente desconfortáveis apresentavam índices mais elevados de acidentes de trabalho (SILVA, 2013; TEODORO; CARVALHO; MICHALOSKI, 2018).

A partir disto surgiu a arquitetura bioclimática promovendo estratégias de eficiência energética e condicionamento de ambientes, a fim de promover maior conforto térmico, e com isso melhorar o rendimento das atividades humanas, principalmente no trabalho e evitar efeitos nocivos à saúde (FROTA, 2006; ROMERO, 2001). Recentemente, houve o aumento no interesse de estudos para espaços abertos, visto que a projeção de edificações interage com o ambiente externo, alterando o microclima em seu entorno e exercendo um impacto no equilíbrio térmico (BATTISTI, 2021; GAITANI; MIHALAKAKOU; SANTAMOURIS, 2007).

As variáveis mais utilizadas para avaliar o conforto térmico são temperatura, umidade do ar e velocidade do vento. Desta forma, entendemos que no ambiente frio e seco ocorre à desidratação e ressecamento das mucosas, bem como o aumento da contaminação de agentes infecciosos pelo ar, principalmente porque no frio as pessoas ficam aglomeradas em ambientes fechados, colaborando para o desenvolvimento de problemas respiratórios (ARUNDEL *et al.*, 1986; LASCHEWSKI; JENDRITZKY, 2002; STEWART, 2016).

Entretanto, o processo de termorregulação pertinente ao estresse pelo frio aciona o mecanismo de vasoconstrição permitindo a redução da perda de calor, através do estreitamento dos vasos sanguíneos, e a presença de coágulos e/ou placas de gorduras podem bloquear o fluxo sanguíneo para o coração causando problemas graves (GORJANC *et al.*, 1999; KALKSTEIN; GREENE, 1997; KURZ, 2008).

Os receptores para frio nos idosos é comprometido pela atrofia muscular que ocorre devido ao envelhecimento e ao estilo de vida sedentário, visto que as estimulações neurais e hormonais ao nível muscular apresentam menor resposta vaso construtiva, bem como a redução da ação de tremores responsáveis pelo aumento da produção de calor (KHAN; SPENCE; BELCH, 1992; WAGNER *et al.*, 1987).

Por outro lado, um ambiente quente e úmido facilita o aumento do estresse por calor, acarretando desconforto e cansaço, visto que os níveis intoleráveis se tornam perigosos a saúde, levando a óbito. Diante disso, o corpo reage acionando o mecanismo de vasodilatação que aumenta o fluxo sanguíneo e proporciona a perda de calor para o ambiente externo. No entanto, a capacidade máxima de vasodilatação nos idosos é menor e a evaporação do suor é mais lenta, o que dificulta a dissipação do calor e o resfriamento do corpo, podendo provocar distúrbios cardiovasculares e respiratórios (MAGALHÃES *et al.*, 2001; MCMICHAEL; WOODRUFF; HALES, 2006; SOUZA; SANTOS; APARECIDA, 2014). Além das condições desse ambiente serem favoráveis para a proliferação de bactérias, fungos e ácaros (BAUGHMAN; ARENS, 1996).

Outra variável importante, e pouco abordada nos estudos deste tema, é a velocidade do vento, que está associada à sensação térmica do indivíduo, promovendo alívio ou sobrecarga térmica sob os mecanismos de termorregulação em casos de estresse por calor, assim como a exposição a ventos fortes em um ambiente com baixas temperaturas elevam o estresse pelo frio (GOBO; GALVANI, 2012; LASCHEWSKI; JENDRITZKY, 2002; SANTOS; AMORIM; CAVALCANTE, 2014).

A extensa literatura sobre as associações entre o clima e a mortalidade em idosos avalia a elevada taxa de mortalidade por DCV e DRSP, principalmente em idosos nas cidades com climas mais frios (BARRECA, 2012; EUROWINTER, 1997; GOUVEIA; HAJAT; ARMSTRONG, 2003; MARTENS, 1998; MCGEEHIN; MIRABELLI, 2001), porém o estresse térmico causado por altas temperaturas também estão associados com mortalidades (BELL *et al.*, 2008; HAJAT *et al.*, 2005; KALKSTEIN, 1991; YU; MENGERSEN; WANG, 2012). Os detalhes sobre os estudos estão descritos na revisão bibliográfica.

1.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As mudanças climáticas são definidas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, em inglês) como alterações na média das propriedades climáticas ao longo dos anos, devido à variabilidade natural (erupções vulcânicas e alterações na atividade solar) ou como resultado de atividade humana (emissões de gases de efeito estufa – GEE, tais como dióxido de carbono – CO_2 , metano – CH_4 e o óxido nitroso – N_2O , poluentes e o uso da terra) (IZRAEL *et al.*, 2007), o que contribui o aumento da temperatura média global. Considerado um dos maiores desafios do nosso tempo, muitos estudos projetam que o a tendência de eventos

extremos com maior frequência, intensidade e duração, por exemplo, seca, inundação, tempestade, tornados, ondas de frio e calor (GREENOUGH *et al.*, 2001; IPCC, 2021; PERERA *et al.*, 2020).

A mudança do clima será responsável por profundas implicações ambientais, econômicas, políticas e sociais, sobretudo na saúde. Diante disso, os efeitos negativos na saúde humana estão relacionados à diferentes eventos extremos como a estiagem e seca que ameaçam a segurança alimentar, a precipitação intensa que pode aumentar doenças transmitidas por vetores (malária, dengue) e provocar riscos de lesões ou mortes por desastres naturais (furacões, inundações, deslizamentos e outros), a maior ocorrência de ondas de calor e frio podem acarretar em estresse térmico desencadeando doenças e mortalidades, enquanto os impactos climáticos também afetam a saúde mental (sofrimento emocional, ansiedade, depressão, luto) (HAINES; PATZ, 2004; IPCC, 2022; MCMICHAEL; WOODRUFF; HALES, 2006).

É importante ressaltar, que as mudanças climáticas estão relacionadas ao aumento da vulnerabilidade, que implicará em maiores riscos as populações, especialmente, crianças, idosos e os mais pobres, com projeção de maior impacto na saúde pública.

Diante do exposto, os países necessitam ser mais resilientes para enfrentar as mudanças climáticas e principalmente precisam se comprometer em reduzir as emissões de GEE, como indica o Acordo de Paris¹. Para a construção de estratégias de mitigação e adaptação mais assertivas, é fundamental obter conhecimento científico sobre as possíveis mudanças do clima. Por isso, desde 1990 o IPCC é responsável pela produção e divulgação de relatórios de avaliação referente a mudança climática. No Quinto Relatório de Avaliação (AR5), o IPCC apresentou cenários futuros de emissões e concentração de GEE, com propostas de quatro Trajetórias Representativas de Concentração (*Representative Concentration Pathways* – RCPs), conforme mostra a Tabela 1.

¹ Tratado internacional contra as mudanças climáticas que possui o objetivo de reduzir o aquecimento global, o que significa limitar a temperatura global em relação a era pré-industrial a 2 °C. O tratado foi discutido entre 195 países durante a 21ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP21) em dezembro de 2015 em Paris.

Tabela 1 - Trajetórias Representativas de Concentração do AR5

RCPs	Cenário	Forçante Radiativa	Aumento da Temperatura Média Global (°C)
RCP2.6	Otimista (políticas rigorosas de mitigação)	3 W m ⁻² (atinge o pico antes de 2100, e depois diminui, assumindo emissões constantes após 2100)	0,3 - 1,7
RCP4.5	Intermediário (políticas medianas de mitigação)	4,5 W m ⁻² (estabiliza antes de 2100)	1,1 - 2,6
RCP6.0	Intermediário (políticas medianas de mitigação)	6 W m ⁻² (estabiliza somente em 2100)	1,4 - 3,1
RCP8.5	Pessimista (ausência de política de mitigação e alta emissão dos GEE)	8,5 W m ⁻² (atinge o pico em 2100 com aumento progressivo)	2,6 - 4,8

Fonte: IPCC (2013) adaptado pelo autor.

As incertezas são inerentes nas projeções climáticas visto que o sistema dinâmico atmosférico é não linear e de alta complexidade, resultado de interações com inúmeros fatores envolvidos na manutenção do balanço energético do planeta. Ao mesmo tempo, as tendências climáticas vem se tornando mais confiáveis à medida que aumenta a compreensão de como o clima está mudando em escala espacial e temporal. Para o presente estudo, as análises dos impactos climáticos são muito relevantes para avaliar a sensibilidade térmica no futuro, e consequentemente, contribuir para o desenvolvimento de medidas de adaptação afim de minimizar os efeitos na saúde.

1.2.1 Impactos da mudança do clima no Brasil

Os eventos climáticos extremos relacionados as mudanças do clima citados anteriormente estão cada vez mais comuns no Brasil e no mundo, o que pode ameaçar a saúde pública.

De acordo com o relatório produzido pelo Grupo de Trabalho 2 do IPCC (2022) a maior parte do Brasil experimentará episódios de calor e umidade que vão ultrapassar os limites considerados seguros para a saúde. Prevê-se que as chuvas diminuam em 22% no Nordeste ao longo deste século se as emissões forem elevadas. Sendo assim, as secas se tornarão mais frequentes e afetarão também áreas maiores no sul da Amazônia.

O estudo de MCTI (2021) da Quarta Comunicação Nacional do Brasil a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima projeta-se redução da precipitação na maior parte do país, com exceção da região Sul. Em relação as projeções de temperatura o estudo evidencia a tendência de aumento de dias quentes em todo o Brasil.

Alguns estudos para o estado de São Paulo revelam tendência de clima mais seco, com redução da precipitação e maior frequência e intensidade de dias quentes e ocorrência de ondas de calor, bem como, o inverno mais quente e a menor frequência de dias frios (LYRA *et al.*, 2018; MARENGO *et al.*, 2007).

Os impactos atingirão os principais setores do país, como a economia, política, saúde e social. Além disso, os efeitos serão sentidos com maior intensidade em regiões mais pobres ou com maior vulnerabilidade da população (NOBRE *et al.*, 2010).

No Brasil, é observado a ausência de estudos que investigam a relação entre a saúde dos idosos e o clima futuro, ainda mais, para cidades do interior do país. Perante a importância deste tema, à falta de estudos é prejudicial para a compreensão dos efeitos nocivos à saúde e a adoção de políticas públicas que contribuam para a resiliência da população frente a mudança do clima.

1.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica a seguir é composta pelos seguintes capítulos: 1.3.1, um resumo histórico da influência do tempo e clima na mortalidade de idosos. 1.3.2, estudos referentes aos índices de conforto térmico. 1.3.3, resumo do contexto das mudanças climáticas. 1.3.4, o impacto das mudanças climáticas na mortalidade de idosos em diferentes partes do mundo e Brasil.

1.3.1 Influência do tempo/clima na mortalidade de idosos

Hipócrates deu origem aos estudos sobre a relação entre os fatores atmosféricos e os efeitos adversos a saúde, através da histórica obra “Dos ares, das águas e dos lugares” em 480 a.C. Esta contribuição para a ciência expandiu a literatura sobre o assunto e atualmente, encontramos diversos estudos focados nos grupos vulneráveis como os idosos, visto que esta população apresenta maior risco a óbitos.

Mais recentemente, pode-se citar o estudo de Alberdi *et al.* (1998) para a Região Autônoma de Madrid (Espanha) no período de janeiro de 1986 a dezembro de 1992. O objetivo do estudo foi avaliar a relação entre as variáveis meteorológicas (temperatura, umidade e

velocidade do vento) e mortalidade. Nos resultados encontrados observou-se a mortalidade inversamente ligada a temperatura baixa, com atraso de 4 a 11 dias, e diretamente ligada a temperatura alta, com atraso de 1 dia, além de apresentar a alta umidade relativa negativamente correlacionada com a mortalidade.

Entre estes, há o estudo realizado por Vaneckova *et al.* (2008) demonstrando a influência de sistemas sinóticos no aumento das taxas diárias de mortalidade em Sydney (Austrália) no período quente (outubro a março) de 1993 - 2001.

Foram utilizadas 11 categorias sinóticas (CS), das quais duas foram identificadas como mais quentes (CS3 e CS7), dentre as categorias, a maior taxa de mortalidade diária ocorreu nos dias atuantes da CS7. A CS7 caracterizou-se por sistemas de baixa pressão próximos à costa do sudeste da Austrália e a ausência de brisa marítima em Sydney, os quais contribuíram para dias mais quentes e secos. Nestes dias ocorreram mais mortes por todas as causas e principalmente por doenças cerebrovasculares na população total e nos idosos.

Entretanto, a CS3 caracterizou-se pela presença de um anticiclone no mar central da Tasmânia e uma cordilheira de pressão ao nível médio do mar, que se estendeu ao noroeste do estado de Sydney (Nova Gales do Sul), além de apresentar os maiores níveis de umidade entre todas as CS. Nos dias atuantes deste sistema, houve o aumento significativo da taxa de mortalidade diária por todas as causas, principalmente por doenças circulatórias para população total e idosa. A mortalidade por doenças respiratórias não foram significativas nestas categorias.

O estudo comparando grandes cidades da América Latina: Cidade do México (México), Santiago (Chile) e São Paulo (Brasil) realizado por Bell *et al.* (2008) para o período de 1998 a 2002, considerou o atraso das exposições, a poluição atmosférica (variável confusão), causa do óbito e suscetibilidade por escolaridade, idade e sexo.

Foi observada associação mais forte da temperatura aparente no mesmo dia e no dia anterior com o risco de mortalidade, sendo maior nos idosos. A vulnerabilidade por sexo e educação diferem de acordo com a cidade. Na Cidade do México, os efeitos foram mais altos para mulheres do que homens e mais elevado para homens nas outras cidades. Em São Paulo, foi observado que aqueles com menos escolaridade eram mais vulneráveis, enquanto não foram observados padrões distintos nas demais cidades do estudo.

Os riscos de mortes em idosos estavam associados a temperaturas elevadas nessas cidades, porém o efeito mais forte foi visto em São Paulo, por ser a cidade mais quente do estudo, isto é, maior risco de mortalidade por aumento de 1 °C na temperatura.

A associação entre o clima e a saúde foi investigada no estudo de Zanobetti *et al.* 2013 para 135 cidades americanas, considerando pessoas com 65 anos ou mais, portadoras de

doenças crônicas, tais como doença pulmonar obstrutiva crônica, diabetes, insuficiência cardíaca congestiva e infarto do miocárdio, no verão (junho-agosto) do período de 1985 a 2006. Foram construídas quatro coortes de pessoas hospitalizadas para cada doença mencionada. As taxas de riscos de mortalidade variaram de 1,01 [95% IC: 1,00-1,02] no desvio padrão da temperatura para pessoas com insuficiência cardíaca congestiva, e 1,02 [95% IC: 1,00-1,04] com o mesmo aumento para aqueles com DPOC. As associações foram mais fortes nos indivíduos com idade ≥ 75 anos e menor efeito nas cidades com maior porcentagem de área verde.

Na China, Huang *et al.* (2014) avaliaram os efeitos da temperatura e defasagem sobre mortalidade por DCV em Changsha. O período investigado foi de 2008 a 2011, utilizando óbitos diários separados por faixas etárias (< 65 e ≥ 65 anos) e gênero. A modelagem estatística consistiu na utilização do modelo de regressão de Poisson dentro de uma estrutura de modelos de distribuição não lineares com atraso. O efeito da defasagem para mortalidade por DCV relacionadas ao calor foi de 0 a 3 dias (efeito de 4,9%) para todas as idades.

Por outro lado, observaram uma associação estatisticamente significativa de 10-25 dias de atraso relacionada ao frio (efeito de 6,6%). O atraso de 0–2 dias para as baixas temperaturas demonstraram o aumento do risco de mortalidade para aqueles com ≥ 65 anos e mulheres, sendo que os efeitos cumulativos da mortalidade por DCV relacionada ao frio foram 1,4 vezes maiores para os idosos, com diminuição de 1 °C da temperatura fria (limiar de 10 °C). As altas temperaturas apresentaram 0–2 dias de efeitos retardados na mortalidade por DCV nos idosos.

Já no Brasil, Gouveia *et al.* (2003) realizaram um estudo para a cidade de São Paulo no período de 1991 a 1994, apresentando as crianças e idosos como os grupos mais afetados pelo efeito da temperatura. Os resultados demonstraram aumento na mortalidade de idosos (2,6%) por todas as causas quando ocorreu elevação de 1 °C na temperatura de 20 °C e um aumento de 5,5% por um grau de temperatura abaixo de 20 °C. Os efeitos do frio estavam presentes nas mortes por DCV, DRSP e outras causas, com maiores efeitos no grupo respiratório. O efeito do estresse térmico na mortalidade apresentou pouca associação com a posição socioeconômica da população. Entretanto, a análise específica da causa para efeitos do frio revelou um pouco mais estimativas para DCV e DRSP do que para mortalidade por todas as causas ou outras causas.

Um estudo realizado para o município de São Carlos - SP encontrou correlações entre as mortalidades em idosos e as variáveis meteorológicas no período de 1997 a 2006. Os resultados revelaram maior número de óbitos em indivíduos na faixa dos 80 anos ou mais, do sexo masculino e as doenças do aparelho circulatório foram as principais causas de mortalidade.

As análises apresentaram a existência de correlação negativa da mortalidade por DRSP com a umidade mínima, e os óbitos por doenças infecciosas apresentaram correlação positiva com a umidade mínima e negativa com a temperatura mínima, bem como para mortalidade por doenças endócrinas (SOARES, 2012).

Ainda em São Paulo, Ikefuti *et al.* (2018), avaliaram as associações entre a mortalidade por acidente vascular cerebral (AVC) e temperatura média para o período de 2002 a 2011, considerando a divisão do AVC em isquêmico e hemorrágico. A mortalidade por AVC hemorrágico foi associada a baixas temperaturas e o isquêmico não foi significativo para o atraso de 21 dias. O efeito da temperatura no AVC é maior sobre a defasagem de 0 a 5 dias para temperaturas altas e baixas. No entanto temperaturas mais altas estavam relacionadas ao maior risco de AVC isquêmico em 15 dias de atraso.

1.3.2 Índices de conforto térmico humano

Diante do apresentado na Introdução, o índice de conforto térmico é uma importante ferramenta que auxilia na compreensão dos efeitos das variáveis meteorológicas nos processos fisiológicos do corpo humano, os quais buscam traduzir a sensação térmica percebida perante determinadas condições atmosféricas.

Segundo Laschewski e Jendritzky (2002) no estudo realizado para Baden-Württemberg (Alemanha) no período de 30 anos (1968-1997), foram investigados os impactos do ambiente térmico na taxa de mortalidade diária. Aplicou-se o modelo completo de orçamento de calor do ser humano (modelo Klima-Michel) o qual resultou nos valores de Temperatura Percebida (TP). A mortalidade apresentou mínimo no verão com o aumento da taxa de mortalidade durante ondas de calor e máximo no inverno pelo estresse ao frio, enquanto a mortalidade foi menor durante as condições de conforto térmico. O índice TP demonstrou mais efeitos nocivos sob condições mais quentes. Os valores de inverno mostraram correlações não significativas e defasagem de 8 dias ou mais, enquanto no verão praticamente não há diferença entre os intervalos de zero e 1 dia.

Já o estudo de Leung *et al.* (2008) realizado para Hong Kong (China) no período de 1971 a 2000, relatou que no verão as mortes associadas a insolação ocorreram quando o índice de Temperatura Efetiva em função do vento (TEv) excedeu 26 °C. Os óbitos por doenças circulatórias e respiratórias não estavam estatisticamente correlacionados com o verão. Porém, no inverno o aumento da mortalidade devido a diminuição do TEv é mais alto para hipotermia, o qual iniciavam quando o TEv mínimo diário era menor que 14 °C. Os idosos foram os mais

vulneráveis as alterações de TE_v, sendo que o aumento da mortalidade em idosos foi ligeiramente maior para DCV do que DRSP, associada a diminuição do índice TE_v no inverno. A defasagem encontrada foi de 3 e 4 dias para todas as causas.

Na Coreia, o estudo de Kim *et al.* (2011) avaliou o verão de 2001 a 2008 utilizando o modelo aditivo generalizado (MAG). A avaliação do risco de mortalidade devido ao estresse pelo calor foi estimada pelo aumento de 1 °C nos índices de conforto térmico: Temperatura Percebida (TP) e Temperatura Aparente (TAP), do qual resultou no maior aumento percentual (2,99%) do risco de mortalidade por todas as causas devido a temperatura máxima e não foi encontrado efeito de defasagem para Seul, e em Daegu o maior aumento foi de 3,52% no risco de mortalidade sob o efeito da temperatura mínima, com efeito de atraso de um dia.

No Brasil, Gonçalves *et al.* (2007) investigaram os óbitos por DCV na população acima de 65 anos em São Paulo (SP) no período de 1996 a 2000. O foco do estudo foi à população mais pobre que apresenta maior vulnerabilidade aos fatores atmosféricos. Os resultados mostraram que a taxa de mortalidade por DCV foi mais alta no inverno. De acordo com as análises de componentes principais, as análises com defasagem de 3 dias demonstraram carga negativa e significativa entre a mortalidade por DCV e a temperatura média e a umidade específica ou relativa, assim como os índices Temperatura Efetiva (TE), Índice de Desconforto (ID), Índice de Desconforto de Kawamura (IDK) e Temperatura Efetiva em função do vento (TE_v). Conforme as análises do índice TE, ocorreram mais mortes devido ao estresse pelo frio, e os outros índices já citados apresentaram resultados semelhantes. Os poluentes atmosféricos PM₁₀ (material particulado de 10 µm²) e SO₂ (dióxido de enxofre), exceto o O₃ (ozônio), apresentaram cargas positivas com DCV, porém com menor significância estatística.

Para o Estado de São Paulo, Batista *et al.* (2010) utilizaram a distribuição média anual dos índices de conforto térmico (ID, TE, TE_v) considerando o período de 1968 a 1996. Os autores observaram variação sazonal ao longo do ano, no qual as regiões litorâneas apresentaram menor variação nos valores do que comparadas aos lugares mais continentais do estado. Os índices ID e TE apresentaram comportamento semelhante devido à consideração das mesmas variáveis (temperatura e umidade), enquanto o índice TE_v demonstrou redução significativa por considerar também a velocidade do vento.

Ainda no Brasil, Souza *et al.* (2014) examinaram as condições de tempo em Arapiraca (AL) em diferentes períodos (chuvoso e seco) de 2008 a 2011 utilizado o índice de desconforto (ID), o índice de desconforto de Kawamura (IDK), índice da temperatura efetiva (TE) e o índice

² µm - micrômetro

de temperatura efetiva em função do vento (TEV). Os valores mais elevados dos índices foram registrados para o período chuvoso, com valores de ID aproximadamente 2,5 °C acima dos valores observados da temperatura do ar (em média 26,5 °C), enquanto os índices de TE e TEv seguiram a mesma alteração nos padrões de curva das médias dos valores. Assim como para o período seco, os valores mais elevados foram para o índice ID, indicando forte desconforto nos dois períodos, principalmente no inverno. Além disso, o índice TE permaneceu com padrão de ascensão acima do índice TEv, pois a velocidade do vento é um atenuante no desconforto térmico.

1.3.3 Mudanças Climáticas

Segundo o Quinto Relatório de Mudanças Climáticas do IPCC, espera-se aumento de curto prazo das temperaturas médias sazonais e médias anuais sejam maiores nos trópicos e subtropicais do que nas latitudes médias. Além disso, poderão ocorrer mais fenômenos extremos de temperaturas altas e menos de temperaturas baixas na maioria das áreas terrestres, com maior probabilidade de ondas de calor ocorrerem com maior frequência e duração.

Enquanto isso, projeta-se o aumento do contraste na precipitação entre regiões úmidas e secas e entre as estações. As altas latitudes e o Oceano Pacífico equatorial provavelmente registrarão um aumento na precipitação média anual no final deste século num cenário RCP8.5. Em muitas regiões secas subtropicais e de média latitude, a precipitação média provavelmente diminuirá, enquanto que em muitas regiões úmidas de média latitude, a precipitação média provavelmente aumentará no final deste século considerando o RCP8.5 (IPCC, 2013).

Na América do Sul, Marengo *et al.* (2010) realizaram um estudo considerando três modelos climáticos regionais (Eta CCS, RegCM3 e HadRM3P) aninhados ao modelo global Had-AM3P, para o clima atual (1961–1990) e projeções para o cenário de alta emissão A2 do Quarto Relatório de Mudança do Clima do IPCC de 2071–2100. Os resultados indicam que em regiões como o Nordeste do Brasil e centro-leste e sul da Amazônia podem ocorrer redução da precipitação no futuro, enquanto a costa noroeste do Peru-Ecuador e norte da Argentina podem apresentar excessos de chuvas em um futuro mais quente, sendo que essas mudanças podem variar com as estações. Os três modelos mostraram o aquecimento no cenário A2 mais forte na região tropical, tanto no verão quanto principalmente no inverno, podendo atingir de 6 a 8 °C mais quente do que no presente. No sul da América do Sul, o aquecimento no verão variou entre 2 e 4 °C e no inverno entre 3 e 5 °C na mesma região dos 3 modelos.

No Brasil, Magrin *et al.* (2014) realizaram comparações entre o período base de 1976 a 2005 e os cenários climáticos RCP2.6 e RCP8.5. Essas projeções indicam aumento da temperatura na Amazônia com variação de 0,6 a 2 °C (RCP2.6) e de 3,6 a 5,2 °C (RCP8.5), enquanto para o nordeste projeta-se a mesma variação da Amazônia para o RCP2.6 e 2,2 a 7 °C (RCP8.5). Entretanto, as projeções de precipitação indicam variações entre +10% e -25% para a Amazônia e entre +30% e -30% para o Nordeste brasileiro.

O relatório Brasil 2040 (2018) apresenta projeções dos cenários RCP4.5 e RCP8.5 considerando o modelo climático regional Eta, forçado pelos modelos globais HadGEM2-ES e MIROC5 para os períodos de 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100. As simulações demonstram para os três períodos, anomalias positivas de temperatura média para o centro-oeste do Brasil, maiores que as demais regiões do país e, no período de 2011-2040, é observado um acréscimo de temperatura de 2,5 °C estimado pelo Eta-HadGEM2-ES (RCP8.5). A diferença de temperatura é maior no período de 2071-2100 para ambos os cenários e modelos climáticos. Neste período, o Eta-HadGEM2-ES indica anomalias superiores a 6°C para o RCP8.5 em todo o Brasil e para o cenário RCP4.5 indica em torno 4,5 °C. Já o modelo Eta-MIROC5, indica anomalias em torno de 4,5 °C para o RCP8.5 e em torno de 2 °C para o RCP4.5. Enquanto, a precipitação média apresenta para os três períodos, o extremo sul do Brasil com anomalias positivas e as demais regiões do país com anomalias negativas. As simulações do modelo Eta-HadGEM2-ES mostram anomalias negativas de precipitações principalmente na região litorânea do Brasil. No período de 2071-2100, as anomalias atingem valores inferiores a 50% em várias regiões para o cenário RCP8.5, assim como, apresenta-se mais seco na maior parte do Brasil, principalmente no litoral das regiões Nordeste e Sudeste do país.

1.3.4 Impacto das Mudanças Climáticas na mortalidade

Os estudos que abordam o impacto das mudanças climáticas na mortalidade compreendem a importância de avaliar seus efeitos (principalmente da temperatura) sob a saúde pública, e apresentam o intuito de alertar os tomadores de decisão e a sociedade sobre os perigos da falta de medidas de mitigação e adaptação.

Baccini *et al.* (2011) avaliaram o impacto na mortalidade relacionado ao calor do verão em 15 cidades europeias durante os anos 1990 a 2001, em cenários hipotéticos de temperatura mais quente e mais fria do que os cenários médios e futuros derivados do Relatório Especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas sobre Cenários de Emissões (SRES),

para projeção da mortalidade por calor em 2030. O número de mortes variou de 0 em Dublin a 423 em Paris. O maior impacto foi observado em três cidades do Mediterrâneo (Barcelona, Roma e Valência) e em duas cidades continentais (Paris e Budapeste), sendo as pessoas com mais de 75 anos, as mais afetadas. Em algumas cidades, os adultos mais jovens demonstraram mortalidade significativa pelo calor (Budapeste, Roma e Valência). As mortes aumentaram acentuadamente em cenários de aquecimento e foi ligeiramente menor ou comparável ao impacto observado durante o ano mais quente.

Entre estes, Li *et al.* (2013) utilizaram 16 modelos climáticos globais e dois cenários de emissões (A2 e B1) para estimar os padrões sazonais no presente (década de 1980) e futuro (décadas de 2020, 2050 e 2080) da mortalidade relacionada a temperatura em Manhattan - New York (Estados Unidos). Todas as projeções produziram aumentos na mortalidade na estação quente, com maiores percentuais em maio e setembro e reduções na estação fria. No cenário B1, as mortes anuais relacionadas à temperatura aumentaram em média 5,3% na década de 2020, 10,9% na década de 2050 e 15,5% na década de 2080, todos comparados com a linha de base climática da década de 1980. Entretanto, no cenário A2 observaram um maior aumento, especialmente nas décadas de 2050 e 2080. Todavia, a predição da mortalidade relacionada ao calor foi melhor usando a temperatura do mesmo dia, enquanto a mortalidade relacionada ao frio obteve melhores resultados com atraso de 2 dias.

Huynen e Martens (2015) estudaram as relações temperatura-mortalidade devido ao frio e calor na Holanda no período base (1981-2010) e futuro (2050) para cenários climáticos e de adaptação. Os resultados indicaram maior relevância do aumento da mortalidade relacionada ao frio (13.149 e 19.753 óbitos) em 2050, contra 1879 e 5061 óbitos sob os efeitos do calor. Para o cenário sem adaptação mostraram redução das frações atribuíveis de mortalidade ao frio e aumento pelo calor.

Na Austrália, Guo *et al.* (2016) estimaram a mortalidade associada a temperatura para Brisbane, Sydney e Melbourne no período de 1988 a 2009, utilizando 62 projeções do modelo climático global em três cenários de emissão (A2, A1B e B1) para o período de 2000 a 2100. Os resultados indicaram que temperaturas frias e quentes aumentaram o risco de mortalidade. Por outro lado, todos os cenários futuros demonstraram aumento da mortalidade relacionada ao calor (verão) e diminuição das mortes relacionadas ao frio (inverno) para as cidades. Entretanto, em Brisbane e Sydney as mortes aumentarão no verão e nos meses próximos (março, abril e novembro), enquanto uma ligeira diminuição ocorrerá além dos meses de inverno em Melbourne.

Na Coreia do Sul, Lee e Kim (2016) apresentaram um estudo da projeção futura de mortalidade relacionada a temperatura diante das mudanças climáticas para o período de 2000 a 2100. Foi utilizado o modelo HadGEM3-RA para os quatro cenários (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 e RCP8.5) e as estimativas de população mundial da Organização das Nações Unidas (ONU) em três cenários de fertilidade (alto, médio e baixo). Os resultados mostraram um aumento acentuado na mortalidade do grupo de idosos, aumentando significativamente a mortalidade futura geral. Na década de 2090, a Coreia do Sul poderá experimentar um aumento de quatro a seis vezes na mortalidade relacionada à temperatura em comparação com o período 1992 a 2010 para todos os cenários de RCP e fertilidade, enquanto o aumento da mortalidade estimada foi de apenas 0,5 a 1,5 vezes, sem assumir o envelhecimento da população.

Gasparrini *et al.* (2017) realizaram um estudo no período de 1984 a 2015 para vários locais do mundo (451 cidades em 23 países), estimaram a mortalidade associada à temperatura média atual e no futuro através de quatro cenários de mudanças climáticas, utilizando cinco modelos de circulação geral, e projetou o excesso de mortalidade de 1990 a 2099. Os resultados mostraram um aumento no excesso de mortalidade relacionada à temperatura diante de cenários de alta emissão, com o maior efeito do RCP8.5, embora com importantes diferenças geográficas em países mais quentes e pobres do mundo. Em áreas temperadas como o norte da Europa, leste da Ásia e Austrália, o aquecimento projetado foi menos intenso e houve grande diminuição do excesso de mortes relacionado ao frio. No entanto, regiões mais quentes, como as partes central e sul da América ou da Europa e o sudeste da Ásia (regiões com climas tropicais), sofrerão um forte impacto no aumento da mortalidade associada ao calor, apresentando no final do século variações de 3% na América Central para 12,7% no sudeste da Ásia sob o RCP8.5. Por outro lado, os efeitos do aumento da mortalidade relacionada ao calor em regiões mais quentes, são menores no RCP2.6 (cenário mais rigoroso).

GUO *et al.* (2018) utilizaram dados de temperatura média no período de 1984 a 2015 para 412 cidades em 20 países/regiões, estimando as associações de ondas de calor com mortalidade, para o período presente e projeções futuras com quatro cenários de emissões de GEE (1971 - 2099) de cinco modelos de circulação geral, considerando cenário de adaptação e sem adaptação, e os cenários de mudança populacional (alta, mediana e baixa). Os resultados mostraram maior excesso de mortalidade sob o cenário de alta emissão e alta variante populacional no futuro. O aumento do excesso de mortalidade relacionado ao calor foi previsto para regiões tropicais e subtropicais (próximo ao equador) como Brasil, Colômbia e Filipinas, enquanto países europeus e os Estados Unidos terão aumentos percentuais menores no excesso de mortalidade, sem considerar a adaptação. Os autores consideraram uma adaptação hipotética

ao clima futuro, sob o cenário de alta variante populacional e todos os cenários de emissão de GEE, as projeções indicaram que o aumento no excesso de mortalidade em todos os países/regiões, exceto na Moldávia e Japão onde as populações diminuirão no futuro. Porém, o aumento seria muito menor que no cenário sem adaptação.

Com respeito ao Brasil, Son *et al.* (2016) realizaram um estudo para São Paulo investigando o comportamento da mortalidade sob os efeitos do frio, calor e ondas de calor para o período de 1996 a 2010. Observou-se um maior efeito do frio do que o calor para a mortalidade nesta cidade, assim como o frio esteve relacionado à mortalidade por DCV e o calor por DRSP. As análises demonstraram maiores riscos em mulheres e aqueles sem escolaridade para o efeito do calor e os homens para o efeito do frio. No entanto, idosos, viúvos e mortes não hospitalares apresentaram maiores riscos de mortalidade por calor e frio. Durante os eventos de ondas de calor foram observadas mais mortes quando comparado com dias sem ondas de calor para mortalidade total, cardiovascular e respiratória. Neste estudo, o efeito do calor foi maior com defasagem de 0-1 dia, enquanto os efeitos do frio apresentaram defasagem de 0-20.

Em uma outra abordagem realizada por Batista *et al.* (2016) utilizaram o índice de conforto térmico, IPET (Temperatura Equivalente Percebida em Interiores) sobre a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) para avaliar os efeitos das mudanças climáticas através da utilização de quatro projeções do RegCM4 para o cenário RCP8.5, considerando o presente (1975–2005) e futuro (2065–2099). De acordo com as análises de tendência de todos os membros da simulação, os resultados demonstraram um padrão de aquecimento para RMSP com diminuição dos dias frios e aumento dos dias quentes no futuro. A projeção do IPET apresentou valor mais alto que a temperatura devido ao aumento da umidade relativa, assim como nas áreas costeiras do Brasil os valores de IPET poderão ser mais altos do que nas áreas continentais, devido à influência da umidade do Oceano Atlântico. A faixa interpretativa de conforto térmico para o IPET mostraram uma diminuição de dias na categoria fria e um aumento de dias na categoria calor.

Ainda para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), BATISTA (2017) analisou o risco de mortalidade em idosos por DCV e DRSP, considerando os períodos de 1975-2005 e 2065-2099 (simulações do modelo climático regional RegCM4 com cenário RCP8.5) e utilizou o índice TAP. Os resultados mostraram que a maior parte das mortes no período de 1996 a 2014 foram registradas em dias quentes e úmidos ou frios e secos. Através das zonas de risco analisadas contabilizou-se cerca de 250 dias na zona neutra, e 115 restantes distribuídos de forma equilibrada nas zonas frias e quentes para o presente. As projeções estimaram um

aquecimento aproximado de 2 °C no índice TAP, com um aumento no número de dias inserido na zona de risco quente (aproximadamente 150), no qual a zona de risco frio praticamente não é observada. Realizou-se um estudo de caso para um evento de onda de calor ocorrido em 2014, no qual apontou 25 dias seguidos presente na zona quente, e foram contabilizados 370 óbitos em excesso. No período futuro foram identificados 42 eventos com características similares ao evento de 2014, visto que estes eventos poderão ocorrer com maior frequência.

Diniz et al. (2020) também realizaram um estudo para Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) analisando o impacto das ondas de calor na mortalidade de idosos por doenças cardiovasculares e respiratórias, e identificando a potencial projeção do excesso de mortalidade relacionado a ondas de calor no presente (1985-2005), futuro próximo (2030-2050) e distante (2079-2099) considerando os cenários de mudança do clima RCP4.5 e RCP8.5, e premissas de não adaptação e adaptação climática. Os resultados apontaram que os riscos relativos e excesso de mortalidade associados a ondas de calor são maiores em mulheres idosas principalmente por doenças cardiovasculares. Além disso, o estudo indicou que o excesso de mortalidade em idosos sob hipótese de não adaptação foi muito superior, sendo mais significativo no cenário RCP8.5.

Trabalhos anteriores para o Estado de São Paulo considerando índices de conforto térmico para o clima futuro como o de (BATISTA, 2017; BATISTA; GONÇALVES; DA ROCHA, 2016) apresentam resultados relevantes para a análise deste estudo, pois indicam projeções climáticas de aquecimento e aumento na frequência de dias quentes, além do maior risco de mortalidade em idosos.

2. JUSTIFICATIVA

Este estudo tem por interesse investigar a relação entre a mortalidade de idosos e o clima presente e futuro, devido a importância do tema e a falta de estudos para as cidades do interior do Estado de São Paulo, uma vez que, as mudanças do clima já estão ocorrendo e, é necessária a implementação de medidas preventivas e de adaptação para oferecer melhor qualidade de vida aos idosos.

Neste sentido, é necessária uma análise mais específica para cada cidade, visto que apesar das cidades estudadas apresentarem clima subtropical e sazonalidade semelhante, fatores geográficos como altitude, continentalidade e maritimidade, bem como de seu próprio tamanho, atribuem características climáticas distintas para essas localidades, como será apresentado no contexto climático (Seção 4.2.3.1). Esta variabilidade climática influencia o comportamento

das mortalidades, e isso, pode auxiliar os tomadores de decisão a planejar ações mais efetivas e coerentes com o clima de cada cidade de estudo, e viabilizar a expansão dessas ações para outros municípios com características climáticas semelhantes.

3. OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo é avaliar a influência das variáveis meteorológicas e dos índices de conforto térmico na mortalidade de idosos por DCV e DRSP, no clima presente e futuro, em três cidades de clima subtropical do Estado de São Paulo: Campos do Jordão, Ribeirão Preto e Santos.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o efeito das variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico para o clima presente nas três localidades sobre a mortalidade em pessoas com 60 anos ou mais, utilizando-se métodos estatísticos multivariados;
- Identificar as zonas de conforto térmico mais impactantes para o aumento da mortalidade em idosos nas três localidades no clima presente;
- Avaliar o impacto do clima presente através da análise de risco relativo referente ao período completo, frio e quente nas três localidades;
- Quantificar o potencial excesso de mortalidade em idosos por DCV e DRSP utilizando simulações climáticas do cenário RCP4.5 e RCP8.5 para o clima do futuro próximo (2030-2050) e futuro distante (2079-2099) nas três localidades.

4. METODOLOGIA

Esta seção está dividida em duas partes, na primeira será apresentado a descrição dos dados utilizados no presente trabalho como: dados populacionais em 4.2.1., dados de mortalidade em 4.2.2., dados meteorológicos observacionais em 4.2.3. e dados meteorológicos simulados em 4.2.4. E na segunda parte será apresentado a metodologia deste trabalho, que consiste no cálculo da taxa bruta de mortalidade em 4.3.1. Em 4.3.2. indica o cálculo dos índices de CTH. Já em 4.3.3. é exposto a classificação das zonas de conforto térmico de acordo com os critérios de Fanger. Em seguida, é explicado o Modelo ARIMA utilizado na suavização dos dados no 4.4.1. Em 4.4.2. retrata-se os detalhes da Análise de Componentes Principais para

verificar a associação entre a mortalidade em idosos, variáveis meteorológicas e os índices de CTH. No 4.4.5. são provida uma explicação sobre o Modelo Linear Generalizado utilizado para indicar os riscos relativos do frio e do calor. Por fim, em 4.4.7. apresenta o cálculo do excesso de mortalidade.

4.1 LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

Os efeitos do clima na saúde foram investigados para três cidades do Estado de São Paulo: Campos do Jordão (22°45' S 45°36' W, altitude de 1609 m), Ribeirão Preto (21° 11' S 47° 50' W, altitude de 585 m) e Santos (23° 55' S 46° 17'W, altitude de 13 m) (Figura 1). Para avaliar as associações entre a mortalidade e o clima foram utilizados diferentes cenários climáticos, tais como, período observado (1996-2017) e período simulado: histórico (1985-2005), futuro próximo (2030-2050) e futuro distante (2079-2099), sendo que, os cenários projetados correspondem ao RCP4.5 e RCP8.5. Além do mais, a abordagem deste estudo considerou somente a população de idosos (60 anos ou mais, conforme o Estatuto do Idoso Brasileiro de 2003).

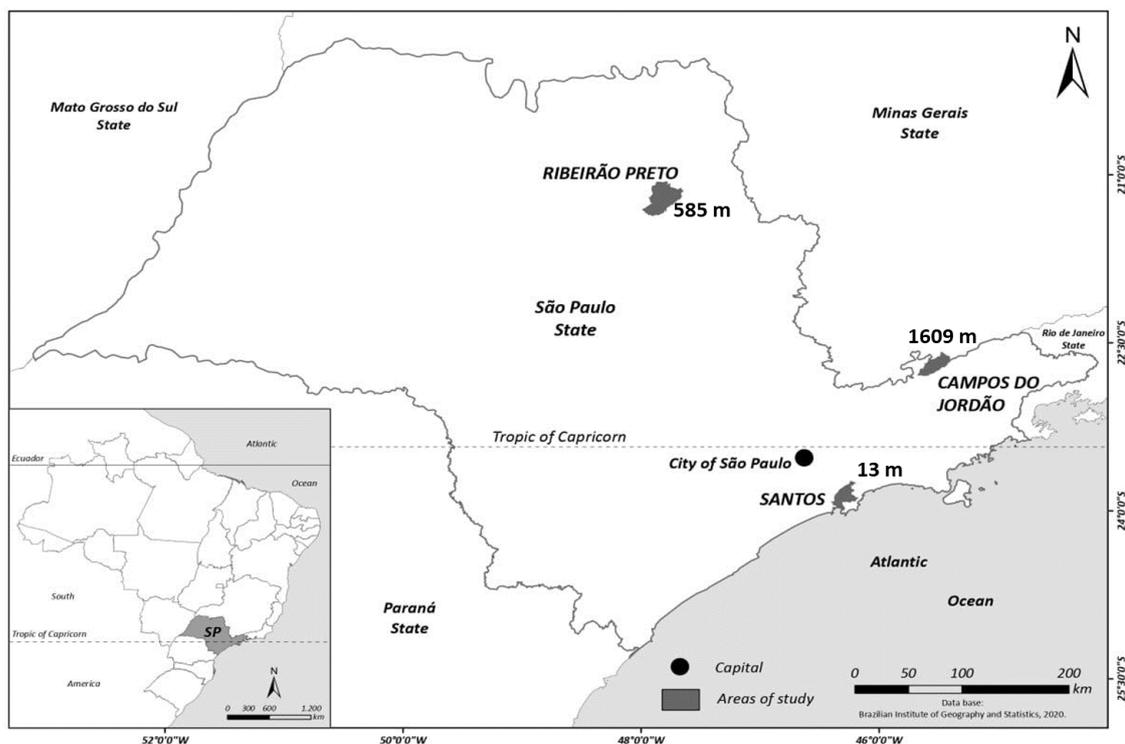


Figura 1 - Mapa do Brasil com destaque para o Estado de São Paulo e as cidades de estudo

4.1.1 Descrição da região de estudo

A investigação do presente estudo consiste em avaliar cidades que apresentam características climáticas diferentes, a fim de analisar as particularidades da influência do clima na mortalidade de idosos. Uma abordagem semelhante foi aplicada por (LAAIDI; LAAIDI; BESANCENOT, 2006), do qual avaliaram a relação entre a temperatura e mortalidade em regiões da França com condições climáticas variadas.

Desta forma, a Tabela 2 destaca as informações relevantes sobre as cidades selecionadas considerando os aspectos populacionais, econômicos, sociais e climáticos. São observadas diferenças entre as populações, a qual Campos do Jordão representa cerca de 8% do número total de habitantes de Ribeirão Preto (cidade do estudo com maior população). Em relação ao Produto Interno Bruto (PIB), o maior valor é visto em Santos, considerada uma das cidades mais ricas do Brasil por deter do maior porto da América Latina (Prefeitura de Santos³), enquanto, Campos do Jordão apresenta o menor valor, com um percentual relevante da economia proveniente do turismo, principalmente na alta temporada (inverno).

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) mostrado na Tabela 2, é considerado alto para os três municípios, assim como, o maior percentual da população total indica que a vulnerabilidade social é muito baixa, principalmente, em Santos, com 69,3%, seguido por Ribeirão Preto com 48,4% e Campos do Jordão com 30,8% da população. O estado de São Paulo apresenta maior percentual na mesma categoria com 40% (SEADE, 2010). Entretanto, há características climáticas diferentes, pois Campos do Jordão apresenta clima mais frio, Ribeirão Preto tem um clima mais seco e Santos clima mais quente e úmido, porém estes aspectos serão aprofundados no decorrer deste estudo.

³ PORTO DE SANTOS. **O porto de Santos.** 2013. Disponível em: <<http://www.portodesantos.com.br/institucional/o-porto-de-santos/>>. Acesso em: 05 Jul. 2019.

Tabela 2 - Informações populacionais, sociais, econômicas e climáticas das cidades de estudo. IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal), IVSP (Índice de Vulnerabilidade Social Paulista) e PIB (Produto Interno Bruto)

Cidades	População*	IDHM**	IVSP*** (maior porcentagem da população total)	PIB per capita****	Principais atividades econômicas	Características climáticas
Campos do Jordão	47.789	0,749	Muito Baixa (30,8%)	R\$24.107,48	Turismo e comércio	Verão com temperaturas mais amenas e invernos mais rigorosos e secos
Ribeirão Preto	604.682	0,800	Muito Baixa (48,4%)	R\$49.425,29	Agrícola, industrial e tecnológica	Verão quente e úmido e inverno seco
Santos	419.400	0,840	Muito Baixa (69,3%)	R\$51.915,03	Porto, turismo e pesca	Verão muito quente e umidade constante ao longo do ano

*Dados de população do último censo do IBGE, 2010; **IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) obtidos do IBGE, 2010; ***IVSP (Índice de Vulnerabilidade Social Paulista) obtido do SEADE, 2010; ****PIB (Produto Interno Bruto) obtidos do IBGE, 2018.

4.2 DADOS

Nesta seção será apresentado a descrição dos dados utilizados no presente estudo como dados populacionais, de mortalidades, meteorológicos para o clima presente e cenários futuros.

4.2.1 Dados Populacionais

Devido as diferenças populacionais entre as cidades estudadas, utilizou-se os dados da população idosa (60 anos ou mais) de cada cidade para realizar o cálculo da taxa de mortalidade descrita posteriormente, a fim de compará-las. Deste modo, houve a necessidade de empregar dados de dois órgãos públicos para complementação dos dados, bem como, as estimativas de população realizadas a partir dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúdes (DATASUS) disponíveis no período de 1996 a 2015 e o Sistema de Projeções Populacionais no período de 2015 a 2017 da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados do Estado de São Paulo (SEADE).

4.2.2 Dados de Mortalidade

Os dados diários de mortalidade foram obtidos através do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), estes referentes a óbitos de doenças do aparelho circulatório e respiratório, de acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID-10) que correspondem a I00-I99 e J00-J99, respectivamente.

4.2.3 Dados Meteorológicos Coletados (1996-2017)

Os dados meteorológicos de temperatura média do ar (T), umidade relativa (UR), velocidade do vento (VV) e precipitação (PREC) foram obtidos de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (Campos do Jordão), Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas - CIIAGRO (Ribeirão Preto) e do Instituto de Controle do Espaço Aéreo - ICEA (Santos) para o período de 1996 a 2017, exceto para Ribeirão Preto em que os dados disponíveis são de 2000 a 2017. Além disso, os dados de precipitação foram adquiridos do Departamento de Água e Eletricidade – DAE (todas as cidades) no período de 1996 a 2017.

4.2.3.1 Contexto Climático

O Estado de São Paulo possui clima subtropical, influenciado por sistemas sinóticos extratropicais e tropicais, com verão quente e úmido e inverno frio e seco (DUFEK; AMBRIZZI, 2008; LIEBMANN; JONES; DE CARVALHO, 2001). No entanto, existem distinção nas características climáticas de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (1928) apud Rolim et al. (2007), devido à localização geográfica, relevo e massas de ar. ALVARES *et al.* (2013) e DUBREUIL *et al.* (2018) realizaram estudos para o Brasil baseado na classificação climática de Köppen-Geiger, o que permite identificar o clima das cidades estudadas e compará-las ao observado. Por meio da análise da Tabela 4 e Figura 2, obtidas através dos dados observados citados anteriormente, a seguir descreve-se a variabilidade climática das cidades no período de estudo. A série temporal com os dados diários está presente no APÊNDICE A.

Campos do Jordão é a sede municipal mais alta do Brasil, está localizada na Serra da Mantiqueira e seu clima classificado como oceânico ou temperado marítimo (Cfb). A precipitação média anual é de 1.282 mm, sendo janeiro o mês mais chuvoso e, entre junho e agosto, o valor observado é inferior a 50 mm. A temperatura média varia entre 18 °C (fevereiro) a 12 °C (julho), os meses mais frios se concentram-se de maio a agosto, podendo atingir temperaturas abaixo de zero, e a temperatura mínima registrada no período observado foi de apenas -2,2 °C. Em circunstâncias normais, a ocorrência de geadas é observada entre maio e agosto (ROBIM; PFEIFER, 1989). A umidade relativa média fica acima de 75%, sendo que, de maio a setembro a umidade é baixa e atinge o mínimo em agosto, o valor mínimo registrado na série observada foi de 30,5%. A velocidade do vento é fraca, com pouca oscilação ao longo do

ano. Além disso, a dinâmica climática encontrada é consistente com a pesquisa de (MOREIRA *et al.* (2006) e SOUSA *et al.* (2016).

Ribeirão Preto está localizada no interior do Estado de São Paulo, com altitude intermediária entre 500 e 700 m, o qual apresenta vales formados devido a declividade do terreno e o clima é classificado como tropical semiúmido (Aw). A precipitação média anual é de 1.011 mm, o qual janeiro é o mês mais úmido, maio a outubro ocorre a estiagem, e junho a agosto estão bem abaixo de 50 mm. A temperatura média varia de 26 °C (fevereiro) a 21 °C (julho), sendo que a temperatura máxima registrada foi 39,4 °C e mínima de 1,1 °C, os meses mais frios concentram-se de maio a julho. A umidade relativa média fica em torno de 66%, porém o período com os menores valores de umidade estende-se de maio a outubro, sendo agosto o mês mais seco, com menor valor registrado de 14,5 %. A velocidade do vento apresenta os maiores valores com 3 $m.s^{-1}$ (maio) e 4,5 $m.s^{-1}$ (setembro). As condições climáticas descritas em estudos anteriores são semelhantes às encontradas (ALEIXO; NETO ANNA, 2014; ALVARES *et al.*, 2013; GABRIEL *et al.*, 2018; MARTORANO *et al.*, 1999).

Santos é uma cidade litorânea com baixa altitude e clima tropical chuvoso (Af). Os totais pluviométricos anuais são elevados, concentrados durante a primavera e verão, e a precipitação média anual é de 3.167 mm, no entanto, o mês mais chuvoso é janeiro. A temperatura média varia entre 28 °C (fevereiro) e 22 °C (julho), e o período frio concentra-se no inverno, ainda assim, na série observada, a maior temperatura registrada foi de 41 °C e a mínima de 5,4 °C. A umidade relativa é praticamente constante ao longo do ano, cerca de 80%, o que corresponde à proximidade ao oceano. Por outro lado, a velocidade do vento é fraca (2 a 10 $m.s^{-1}$). Estudos climáticos, por exemplo, LYRA *et al.* (2018), MOREIRA *et al.* (2017) e NUNES *et al.* (2018) são consistentes com o que foi observado.

Tabela 3 - Estatística descritiva das variáveis meteorológicas com média, valores mínimos e máximos absolutos e desvio padrão para as cidades de estudo

Variáveis	Estatística Descritiva	Campos do Jordão	Ribeirão Preto	Santos
T (°C)	Média	15,75	23,16	23,74
	Mínimo	-2,20	1,1	5,40
	Máximo	28,80	39,42	41,00
	Desvio Padrão	3,36	3,08	3,56
UR (%)	Média	79,45	66,35	77,66
	Mínimo	30,50	14,47	26,47
	Máximo	100	100	100
	Desvio Padrão	11,13	13,0	9,42
VV ($m.s^{-1}$)	Média	1,17	3,79	2,27
	Mínimo	0	0	0
	Máximo	8,60	19,01	10,52
	Desvio Padrão	0,97	2,96	1,04
PREC ($mm.ano^{-1}$)	Média	1307,80	1031,00	3176,23
	Mínimo	1278,60	918,60	1946,80
	Máximo	1845,60	2198,80	4242,80
	Desvio Padrão	397,24	595,20	602,90

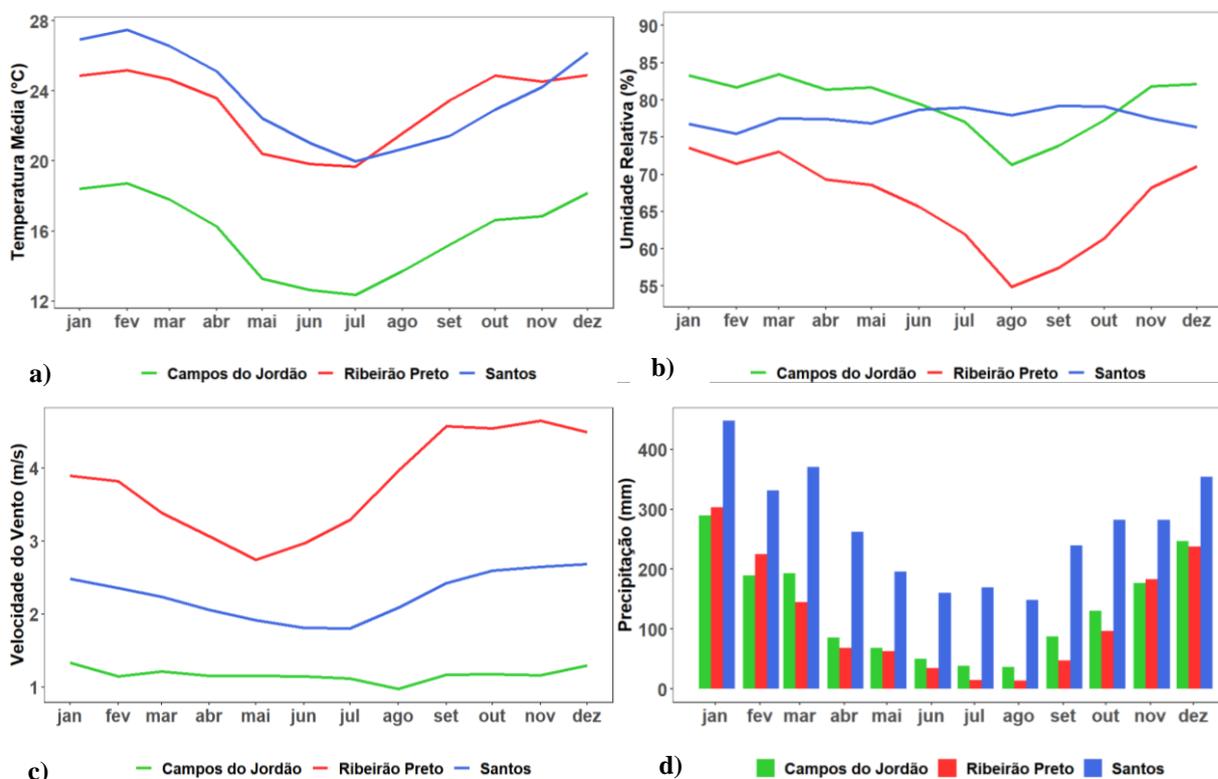


Figura 2 - Ciclo anual das variáveis meteorológicas nas três cidades a saber: a) temperatura média, b) umidade relativa, c) velocidade do vento e d) precipitação média acumulada da série observada (estações meteorológicas) das cidades de estudo no período 1996 a 2017, exceto para Ribeirão Preto (2000 – 2017)

4.2.4 Dados Meteorológicos Simulados do Modelo Climático Regional Eta - HadGEM2 - ES

Os dados meteorológicos das simulações climáticas são provenientes do modelo climático regional Eta com resolução de 20 km aninhado ao modelo climático global HadGEM2-ES (Hadley Centre Global Environmental Model version 2 Earth System). A projeção deste modelo para o Sudeste do Brasil também apresenta resolução de 5 km e esta foi a utilizada no estudo. O modelo Eta foi desenvolvido em coordenada vertical eta (MESINGER, 1984), por ser mais adequado a operar em regiões de orografia íngreme como a Cordilheira dos Andes na América do Sul e América Central. Enquanto o modelo HadGEM2-ES apresenta resolução equivalente a 1,875 e 1,275 graus de longitude e latitude, respectivamente, ou seja, aproximadamente 200 km de longitude e 145 km de latitude, com 38 níveis verticais na atmosfera e o topo do modelo em 25 hPa (cerca de 40 km de altitude) (COLLINS *et al.*, 2011; MARTIN *et al.*, 2011)

Os dados do período histórico do modelo (1961 a 2005) correspondem ao período em que se utiliza concentrações de gases do efeito estufa em concentrações atuais. As projeções de mudanças climáticas utilizam os cenários RCP4.5 e RCP8.5, para o período de 2006 até 2100. Diante disso, foram utilizados dados diários de temperatura, umidade relativa, velocidade do vento e precipitação para o período de 1985 a 2005 (histórico), 2030 a 2050 (futuro próximo) e de 2079 a 2099 (futuro distante), considerando a projeção dos cenários climáticos RCP4.5 e RCP8.5 (RIAHI *et al.*, 2011). Os dados foram gerados pelo CPTEC/INPE e disponibilizado na plataforma *PROJETA* (Projeções de mudança do clima para a América do Sul regionalizadas pelo Modelo Eta) (CHOU *et al.*, 2014a, 2014b; LYRA *et al.*, 2018; MCTI, 2016)

A aplicação deste modelo pode ser observada em LYRA *et al.* (2018). no qual utilizaram as projeções do modelo Eta com resolução de 5 km (RCP4.5 e RCP8.5) para avaliar os efeitos das mudanças do clima em três regiões metropolitanas do sudeste do Brasil (Rio de Janeiro, São Paulo e Santos) no período de 1961 a 2100. As simulações mostram intenso aquecimento durante o verão, com máximo de temperatura projetada de aproximadamente 4 °C acima do normal (2011–2040) no cenário RCP8.5 e parte atingiu cerca de 8 °C acima do normal na última simulação (2071–2100). Assim como, a precipitação foi fortemente reduzida durante o verão, apresentando redução máxima de aproximadamente 3-6 mm/dia abaixo do normal.

4.3 MÉTODOS

Foram realizadas análises descritivas dos dados referentes ao número de óbitos por DCV e DRSP, variáveis meteorológicas (temperatura média, umidade relativa, velocidade do vento e precipitação) e os índices de conforto térmico (Temperatura Efetiva – TE e Temperatura Efetiva em função do vento – TEv), considerando o período observado (1996-2017), histórico (1985-2005), futuro próximo (2030-2050) e futuro distante (2079-2099).

Além disso, foram realizadas avaliações todo o período e separadamente para período frio (Abril, Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro) e período quente (Outubro, Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março), a fim de verificar os efeitos ao longo do ano, visto que, as variações sazonais podem levar a diferentes impactos à saúde.

4.3.1 Cálculo da Taxa Bruta de Mortalidade (TBM)

Para comparar a intensidade de mortalidade entre as cidades, foi necessário aplicar o cálculo da taxa bruta de mortalidade - A.10 sugerido pelos Indicadores e Dados Básicos (IDB, 2012), pois existem diferenças entre o número de habitantes das cidades de estudo. O cálculo foi realizado separadamente para mortalidades do aparelho circulatório e respiratório, considerando somente os idosos, obtendo taxas anuais e mensais. O cálculo é dado pela equação (1):

$$\text{TBM} = \frac{\text{Número total de mortes em idosos residentes}}{\text{população idosa residente}} * 1000 \quad (1)$$

4.3.2 Índices de Conforto Térmico Humano (ICTH)

Como mencionado na Seção 1.1.2., o índice de conforto térmico é utilizado para representar o nível de conforto percebido pelo ser humano a partir das condições térmicas. Esses índices podem agregar diversos parâmetros, como fisiologia, vestimenta, variáveis meteorológicas e outros. Além do mais, os resultados são divididos em categorias capazes de expressar a satisfação térmica com o ambiente. Deste modo, essas avaliações auxiliam a identificar o estresse térmico ou bem-estar dos indivíduos. A seguir serão apresentados os índices de temperatura efetiva e temperatura efetiva em função do vento.

4.3.2.1 Temperatura Efetiva (TE)

Neste trabalho, a relação entre as variáveis meteorológicas e as mortalidades em idosos é representado pelo índice de conforto térmico. O índice de Temperatura Efetiva foi o primeiro dos índices empíricos estabelecidos, sendo também o indicador mais utilizado para avaliação do conforto térmico no mundo. Proposto por Missenard (1937) apud (ONO; KAWAMURA, 1991) de acordo com a seguinte equação 2:

$$TE = T - 0,4 [(1 - 0,01*UR)(T - 10)] \quad (2)$$

Onde:

T= temperatura do ar em (°C);

UR= umidade relativa em (%);

TE= temperatura efetiva em (°C).

4.3.2.2 Temperatura Efetiva em função do vento (TEv)

Missenard (1937) apud (ONO; KAWAMURA, 1991) propôs o acréscimo da variável velocidade do vento ao índice TE, que é definido por Temperatura Efetiva em função do vento. Suping *et al.* (1992) utilizaram essa metodologia para testar a relação ente as condições climáticas e os efeitos fisiológicos no desempenho de atletas maratonistas em Beijing (China). O segundo índice empregado no estudo é apresentado na equação 3 abaixo:

$$TEv = 37 - \frac{37-T}{\left[0,68-0,001*UR+\frac{1}{1,76+1,4*v*0,75}\right]} - 0,29 * T * \left(1 - \frac{UR}{100}\right) \quad (3)$$

Onde:

T= temperatura do ar em (°C);

UR= umidade relativa em (%);

v = velocidade do vento em (m/s);

TEv= temperatura efetiva em função do vento em (°C).

Estes índices foram escolhidos porque, segundo a literatura, se mostraram satisfatórios para a análise no Estado de São Paulo (BATISTA; CAMPONOGARA; GONÇALVES, 2010; COELHO; GONCALVES; LATORRE, 2010; GONÇALVES *et al.*, 2007; MAIA, 2002). Além

disso, são índices que utilizam variáveis meteorológicas com relações mais próximas a sensibilidade térmica, e conseguem comparar os efeitos do conforto térmico humano sob exposição a ambientes com condições diferentes.

4.3.2.3 Critério de Fanger

A sensação térmica de um indivíduo depende de vários fatores como individuais (metabolismo, patologias, vestimentas, psicológico), sociais, culturais, econômicos e ambientais. A troca de calor que ocorre entre a superfície do corpo humano e o meio ambiente produz reações fisiológicas no corpo humano para manter a temperatura interna.

Segundo Fanger (1970), o conforto térmico é um estado de satisfação com o ambiente interno, sendo responsável por desenvolver a faixa de interpretação dos indicadores de conforto térmico, que classificam a percepção térmica do indivíduo e determinam a sensibilidade fisiológica aos parâmetros meteorológicos. Observar que o critério de Fanger é para ambientes *indoor*. O critério de Fanger estão listados na Tabela 4:

Tabela 4 - Critério de Fanger (1970) e Maia (2002) para os índices de conforto térmico TE e TEv

SENSAÇÃO TÉRMICA	°C	GRAU DE ESTRESSE FISIOLÓGICO
Muito Frio	< 13	Extremo estresse ao frio
Frio	13 - 16	Tiritar
Frio Moderado	16 - 19	Ligeiro resfriamento do corpo
Ligeiramente Frio	19 - 22	Vasoconstrição
Confortável	22 - 25	Neutralidade térmica
Ligeiramente Quente	25 - 28	Ligeiro suor, vasodilatação
Quente Moderado	28 - 31	Suor
Quente	31 - 34	Suor em profusão
Muito Quente	> 34	Falha na termorregulação, estresse por calor

Fonte: Adaptado de NEDEL (2008).

4.4 MÉTODOS ESTATÍSTICOS

As análises estatísticas aplicadas neste trabalho buscam ajustar os dados para obter melhor compreensão das observações e investigar o impacto climático na mortalidade de idosos no clima presente. Já para os cenários futuros o método estatístico visa identificar a relação entre exposição das variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico com as mortalidades por DCV e DRSP, e avaliar o excesso de mortalidade.

4.4.1 Modelo Autoregressivo Integrado a Média Móvel (ARIMA)

Por meio do conjunto de dados observados (mortalidades e variáveis meteorológicas) fornecidos neste estudo, identificou-se a presença de diferentes distribuições, das quais foram suavizadas pelo modelo ARIMA através dos ajustes da autocorrelação, tendência e flutuações (ALBERDI *et al.*, 1998; DÍAZ *et al.*, 2002; PEÑA *et al.*, 2015), com o propósito de fornecer melhor visualização dos resultados. O método de BOX e JENKINS (1976) visa ajustar suavemente um conjunto de dados por meio do modelo ARIMA, que é amplamente utilizado para previsão de séries temporais (HYNDMAN; SHAHID ULLAH, 2007). Com base no modelo Autoregressivo de Média Móvel (ARMA) os termos são explicados por: fração autoregressiva (AR) indica que a variável regride nos seus próprios valores defasados; média móvel (MA) incorpora o erro do modelo como combinação dos termos de erros anteriores. Porém, o modelo ARMA não pode ser utilizado em série temporal não-estacionária, por isso no ARIMA foi incluso o termo integrado (I) nos quais os valores dos dados são substituídos pela diferença entre os valores dos dados e valores anteriores (diferenciação) permitindo que a série temporal se torne estacionária (BOX; JENKINS, 1976).

O processo do modelo é dado pelas seguintes etapas:

1. Os parâmetros do modelo ARIMA não sazonal são denominadas por (p, d, q) , onde p é a ordem da componente autoregressiva, d é o número de diferenciação da série e q é a ordem da componente de média móvel;
2. Seja Y_t uma série temporal não estacionária, onde em cada instante de tempo t , existe um conjunto de valores que a série pode assumir, é necessária realizar a diferenciação:

$$Z_t = \Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} \quad (4)$$

3. A identificação dos parâmetros do ARIMA é primordial para o melhor ajuste do modelo, para encontrar o número de defasagens utilizamos valores passados na equação de regressão para a série Y , representado por:

$$Y_t = c + \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + \dots + \varphi_p Y_{t-p} + e_t \quad (5)$$

Onde φ é o polinômio ligado ao operador autorregressivo de ordem p .

4. O modelo de média móvel é formado por combinação linear do ruído branco ocorridos no presente e passado, indicando o número de termos a ser incluso no modelo:

$$Y_t = c + \theta_1 e_{t-1} + \theta_2 e_{t-2} + \dots + \theta_q e_{t-q} + e_t \quad (6)$$

Onde o teta é o polinômio ligado ao operador de média móveis de ordem q .

5. Os componentes p, d, q formam um modelo arima não sazonal que pode ser escrito como uma equação linear:

$$Y_t = c + \varphi_1 Y_{d,t-1} + \varphi_p Y_{d,t-p} + \dots + \theta_1 e_{t-1} + \theta_q e_{t-q} + e_t \quad (7)$$

Onde Y_d é Y diferenciado d vezes e c é uma constante.

A etapa de verificação consiste em analisar se o ajuste está correto entre o modelo escolhido e o comportamento da série temporal, para isto, é necessário realizar a análise dos resíduos, isto é, a diferença entre a série original e a ajustada (erro aleatório), no qual não devem apresentar autocorrelação, porém, é necessário possuir média zero e variância constante. Os principais critérios definidos para analisar os modelos são AIC (Critério de Informação de Akaike) e BIC (Critério de Informação Bayesiano), estes critérios consistem em verificar os menores valores para considerar o melhor modelo.

O AIC avalia a qualidade de ajuste de um modelo estatístico estimado, utilizando o método da máxima verossimilhança, dada a distância relativa entre a função de verossimilhança “verdadeira” que descreve dados desconhecidos e a função verossimilhança ajustada do modelo (AKAIKE, 1974). Conforme a equação 8 a seguir:

$$AIC = -2 \log L(\hat{\theta}) + 2(p) \quad (8)$$

onde $L(\hat{\theta})$ é a função suporte maximizada e p é o número de parâmetros a serem estimados no modelo.

O BIC é um critério de avaliação de modelos baseados na função de probabilidade posterior de um modelo ser “verdadeiro”, sob uma determinada configuração Bayesiana. Além do mais, o BIC penaliza mais o aumento de parâmetros que o AIC. Este critério foi proposto por Schwarz (1978), de acordo com equação 9:

$$BIC = -2 \log f(x_n | \theta) + p \log(n) \quad (9)$$

onde $f(x_n | \theta)$ é o modelo escolhido, p é o número de parâmetros a serem estimados e n é o número de observações da amostra.

4.4.2 Análise de Componentes Principais (ACP)

Utilizou-se a Análise de Componentes Principais para avaliar as associações entre variáveis meteorológicas, índices de conforto térmico e mortalidade por DCV e RESP em idosos para o período observado, pois esta ferramenta reduz o tamanho de um conjunto de dados

com pouca perda de informação, identificando padrões nos dados e expressando-os por agrupamento de objetos. Isso explica as variações existentes e as variáveis mais representativas nos dados (GONÇALVES *et al.*, 2007; GUEST *et al.*, 1999; LYRA *et al.*, 2010; WOLD; ESBENSEN; GELADI, 1987).

Para gerar as componentes principais é necessário obter uma matriz X de dados com ‘p’ variáveis e ‘n’ indivíduos de ordem ‘n x p’. A primeira etapa é converter esta matriz em matriz quadrada, onde n e p passam a representar um conjunto de variáveis com médias e variâncias, estas variáveis não são independentes, portanto, esta estrutura interdependente é representada pela matriz covariância (S) e matriz correlação (R). A padronização dos dados é indicada quando existem variáveis com unidades de medidas diferentes, para a padronização da matriz X utiliza média 0 e variância 1 ou variância 1 e média qualquer, sendo igual a matriz correlação, simétrica em relação a diagonal principal, pois $r_{ij} = r_{ji}$. As componentes principais são determinadas através da utilização da equação característica dada abaixo:

$$\det[R - \lambda I] = 0 \text{ ou } R - \lambda I = 0 \quad (10)$$

De acordo com SMITH (2002) encontrando as raízes da equação característica $(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_p)$ da matriz S ou R, sabemos que cada autovalor possui um autovetor $\Lambda = [a_1, a_2, \dots, a_p]$, sendo assim o i-ésimo componente principal é:

$$Y_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p \quad (11)$$

onde $i = 1, 2, \dots, p$.

Desta forma, as componentes principais são identificadas pela combinação linear com variância máxima dos dados originais, surgindo novas variáveis. Lembrando que:

- a) A variância do componente principal Y_i é igual ao autovalor λ_i :

$$\hat{V}ar(Y_i) = \lambda_i$$

- b) O primeiro componente principal representa maior variância e assim sucessivamente:

$$\hat{V}ar(Y_1) > \hat{V}ar(Y_2) > \dots > \hat{V}ar(Y_p)$$

- c) O valor total de variância das variáveis originais é igual a soma dos autovalores que é igual ao total de variância dos componentes principais:

$$\sum \hat{V}ar(X_i) = \sum \lambda_i = \sum \hat{V}ar(Y_i)$$

- d) Os componentes principais não são correlacionados entre si:

$$C\hat{o}v(Y_i, Y_j) = 0$$

onde $V\hat{a}r$ = variância, Y_i = componente principal, λ_i = autovalor, X_i = variável original e $C\hat{o}v$ = correlação.

É importante observar que a contribuição de cada componente principal (C_i) é calculada através da variância, no qual representa a proporção de variância total explicada pela componente principal, expressa em porcentagem:

$$C_i = \frac{V\hat{a}r(Y_i)}{\sum_{i=1}^p V\hat{a}r(Y_i)} \cdot 100 = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \cdot 100 = \frac{\lambda_i}{traço(S)} \cdot 100 \quad (12)$$

O traço representa a variância total dos dados, ou seja, é a soma dos elementos da diagonal principal da matriz S. Ao utilizar a matriz R, é igual ao número de variáveis envolvidas na formação das componentes principais.

A rotação ortogonal VARIMAX é o método mais comum e mais simples para identificar componentes (FORINA *et al.*, 1988). Este método ajuda a capturar a variância máxima entre objetos ou indivíduos para melhorar a interpretação e minimizar o número de variáveis de alta carga em cada fator (KAISER, 1958; WOOD; TATARYN; GORSUCH, 1996).

Para a análise dos componentes principais, é necessário avaliar a proporção total da variância explicada, a fim de determinar o número de componentes que serão utilizados no estudo, de forma a melhor explicar a variabilidade dos dados. Segundo (REGAZZI, 2000), é utilizado o número de componentes que acumulam 70% ou mais da variância explicada.

A comunalidade é representada pela razão de variância da variável, que é explicada por todos os fatores comuns, isto é, a correlação múltipla entre cada variável e os fatores extraídos da análise de componentes principais. Desta forma, um valor de comunalidade inferior a 0,50 é considerado estatisticamente insignificante, pois indica que a variável não está correlacionada com o conjunto de variáveis, por isso recomenda-se excluí-la da análise (SANTANA, 2005).

Conforme discutido em Coelho (2007), Leung *et al.* (2008), Ikefuti *et al.* (2017) e Chen *et al.* (2018), as respostas fisiológicas e psicológicas devido à exposição a variáveis meteorológicas, costumam ser retardadas por um período, com um atraso de 0 a 5 dias. Embora o valor do componente principal varie pouco de um dia para o outro, a defasagem de 3 dias foi escolhida porque o valor de comunalidade (a proporção da variância da variável explicada por todos os fatores comuns) é a maior.

4.4.3 Teste de Normalidade Kolmogorov-Smirnov

O teste de normalidade de Kolmogorov – Smirnov indica qual a medida do grau de concordância entre os dados e a hipótese nula (H_0) de que estes se ajustam à distribuição normal. Para a verificação o valor-p tem que ser maior que o nível de significância (α), e assim a hipótese nula não é rejeitada considerando uma distribuição normal, caso ocorra o contrário $\text{valor-p} < \alpha$, a hipótese nula é rejeitada indicando que a distribuição dos dados não está normalizada (LOPES; CASTELO BRANCO; SOARES, 2013; SOARES, 2012).

4.4.4 Teste de Correlação de Spearman

A correlação linear ou não-linear entre duas variáveis quantitativas é muito utilizado para investigar determinada população e fatores que podem implicar na saúde, o teste mais usado neste estudos, é o de Correlação de Pearson. Porém, quando os dados não apresentam distribuição normal e observa a presença de muitos outliers, o teste de correlação de Spearman é o mais aplicado (HU *et al.*, 2008), pois diferente de outros testes de correlação considera-se a ordem dos dados e não o seu valor (ZAR, 1972).

4.4.5 Modelo Linear Generalizado (MLG)

O Modelo Linear Generalizado é amplamente utilizado em análises para verificar o impacto do clima na saúde humana (HU *et al.*, 2019; LUAN *et al.*, 2018; ZHANG *et al.*, 2016, 2017). Neste contexto, MLG é um modelo linear generalizado que contém funções suaves (splines) de variáveis explicativas, ou seja, existe uma predição linear, que envolve a soma de funções suavizadas das covariáveis, como mostra a equação abaixo:

$$g(\mu_i) = x_i^* \theta + f_1(x_{1i}) + f_2(x_{2i}) + f_3(x_{3i}) + \dots + f_k(x_{ki}) \quad (13)$$

onde $\mu_i \equiv E(Y_i)$ sendo que $Y_i \sim$ alguma distribuição da família exponencial. Y_i é a variável resposta, x_i^* é uma coluna da matriz do modelo para os componentes paramétricos, θ é o vetor de parâmetros, e f_j são funções suaves das covariáveis x_k .

Para obter resultados mais robustos sob a associação entre os índices de conforto térmico e as mortalidades, é necessário utilizar um método que incorpora a resposta da associação em termos de atrasos na ocorrência de um preditor, pois existe defasagem entre a exposição do indivíduo e a resposta biológica LIU; YAVAR; SUN (2015)

Diante disto, os Modelos não Lineares com atraso distribuído (DLNMs, em inglês) são uma ótima ferramenta de modelagem para descrever dependências não lineares e atrasadas. Uma forma de utilizar esta estrutura é através do uso do MLG (ARMSTRONG, 2006; GASPARRINI; ARMSTRONG, 2011).

Para os dados de série temporal, o DLNMs modelam a resposta (y_t) medida no tempo ($t=1, \dots, m$) em termos da defasagem de um preditor (x_t), do qual pode ser representado pelo vetor $q_{i,t} = [x_{t-l_0}, \dots, x_{t-l}]^T$ (l_0 mínimo e L máximo de defasagem) (GASPARRINI; ARMSTRONG, 2011), sendo assim, a estrutura é alterada com o acréscimo de cada resposta $y_{i,t}$ de acordo com os valores defasados. A associação é representada por meio de uma função s , definida como:

$$s(q_{i,t}) = s(x_{i,t-l_0}, \dots, x_{i,t-l}) = \sum_{l=l_0}^L f \cdot w(x_{i,t-l}, l) \quad (14)$$

A função bidimensional $f \cdot w(x, l)$ é dada por funções marginais: função exposição-resposta $f(x)$, e a função adicional lag-resposta $w(l)$ que modela a estrutura do *lag*. A parametrização de f e w é obtida pela aplicação de transformações de base conhecidas aos vetores $q_{i,t}$ e l , produzindo matrizes de base marginais $R_{i,t}$ e C . A função s , aqui denominada função de base cruzada e parametrizada pelos coeficientes η , é construída por:

$$s(x_{i,t-l_0}, \dots, x_{i,t-l}; \eta) = (1_{L-l_0+1}^T A_{i,t}) \eta = w_{i,t}^T \eta \quad (15)$$

onde $w_{i,t}$ é um conjunto de transformações conhecidas derivadas de $A_{i,t}$, que por sua vez é calculado por um produto Kronecker entre as duas matrizes de base (EILERS; CURRIE; DURBÁN, 2006), como:

$$A_{i,t} = (R_{i,t} \otimes 1_{vl}^T) \odot (1_{vx}^T \otimes C) \quad (16)$$

onde 1_j é um vetor de 1's com comprimento j . A matriz de base cruzada w é $n \times (v_x \cdot v_l)$, obtida pela aplicação de (14) - (16) ao conjunto completo de n observações, pode ser incluída na matriz de modelos de regressão padrão, como modelos lineares generalizados (MLGs), para estimar

os parâmetros η . Os resultados obtidos são através de associações estimadas de lag-resposta em um determinado valor de preditor ou a associação exposição-resposta geral obtida pela acumulação do risco ao longo do período de atraso, o risco relativo de mortalidade obtido através do DLNM é comumente utilizado por diversos estudos (GASPARRINI *et al.*, 2017a; IKEFUTI; BARROZO; BRAGA, 2018; LEE *et al.*, 2020; ZHAO *et al.*, 2021).

Após o modelo ter sido definido pela escolha dos termos base, a suavidade da superfície exposição-lag-resposta pode ser quantificada em termos de graus de liberdade efetivos (edf).

No presente estudo, o preditor foi representado pelos valores diários da temperatura média e dos índices de conforto térmico humano (TE e TEv) suavizados pelo modelo ARIMA, e expressos para cada cidade no clima presente no período completo⁴, incluindo o período frio e quente. Para cada configuração, simulou-se uma série de resultados de contagens de mortalidade diária por DCV e DRSP, com $t=1, \dots, 7670$ (21 anos)⁵. As representações algébricas são dadas pela equação 18:

$$\text{Log}[E(Y_t)] = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 \text{ns}(\text{tempo}, \text{df}=7*21) + \beta_3 \text{ns}(\text{ano}, \text{df}=4) + \beta_4 \text{ns}(\text{dias.ano}, \text{df}=3) + \beta_5 DS \quad (18)$$

onde Y_t é a contagem de mortalidade, assumindo que segue uma distribuição quase-Poisson. O efeito da temperatura média ou índice de conforto térmico (TE e TEv) defasado no tempo é descrito pelo T , que é uma função de base cruzada responsável por modelar a exposição-lag-resposta através do DLNM dentro de um MLG, com defasagem máxima de 21 dias as três cidades de estudo (GASPARRINI *et al.*, 2017a; IKEFUTI, 2017; YI; CHAN, 2015; ZHANG *et al.*, 2016; ZHAO *et al.*, 2021). O ns é a função de *spline* cúbico para o tempo, com 7 graus de liberdade por ano para controlar as tendências sazonais e de longo prazo, os parâmetros *ano* e *dias.ano* foram utilizados para controlar a tendência de curto prazo com 4 e 3 graus de liberdade, respectivamente. Enquanto, o DS são os dias da semana. Cabe mencionar que nenhum controle foi adotado para epidemia de influenza (LEE; KIM, 2016).

Para verificar a associação entre a temperatura média e os índices de conforto térmico (exposição) e as mortalidades (resposta), empregou-se o risco relativo (RR), considerada uma das medidas mais utilizadas nas investigações epidemiológicas, e especialmente, em análises

⁴ Compreende o período de 1996 a 2017 para as cidades de estudo, exceto, Ribeirão Preto (2000-2017).

⁵ Para Campos do Jordão e Santos foram utilizados 21 anos com total de 7670 dias, enquanto, Ribeirão Preto utilizou-se 18 anos com total de 6575 observações.

de regressão (BATISTA, 2017; COELHO; GONCALVES; LATORRE, 2010; DINIZ; GONÇALVES; SHERIDAN, 2020; GASPARRINI *et al.*, 2017b; GUO *et al.*, 2018; LEE; KIM, 2016; SOUZA; NERY, 2012). O RR foi calculado usando $\exp(\beta)$, onde β é o coeficiente do modelo linear generalizado. A variação percentual é derivada do RR usando a fórmula $(RR-1) \times 100$.

Os riscos relativos (RR) foram conduzidos por valores abaixo e acima da Temperatura de Mínima Mortalidade (TMM) que pode ser definida como um possível indicador de adaptação, do qual a temperatura média diária ou os índices de conforto térmico humano apresentam a menor mortalidade. As sensibilidades ao frio (redução da temperatura) e ao calor (aumento da temperatura) foram calculadas para o primeiro percentil (1º) e nonagésimo nono percentis (99º), respectivamente. Diversos estudos pelo mundo aplicam a mesma abordagem (GASPARRINI *et al.*, 2017a; WANG *et al.*, 2014; YI; CHAN, 2015; ZHANG *et al.*, 2017; ZHAO *et al.*, 2021).

4.4.6 Análise de Sensibilidade

Neste estudo aplicou-se análises de sensibilidade para verificar a robustez do ajuste dos modelos estatísticos. Foram utilizados testes estatísticos próprios para o MLG como Pseudo R^2 que pode ser definido como coeficiente de determinação para modelos não lineares utilizando os desvios do modelo (CAMERON; WINDMEIJER, 1996; ZHANG *et al.*, 2016), quanto mais próximo de 1 o valor encontrado melhor é o ajuste. Outro teste usado foi o resíduos de desvio que indica até que ponto a probabilidade do modelo saturado (modelo com máximo ajuste possível) excede a probabilidade do modelo proposto. Se o modelo proposto tiver um bom ajuste, o desvio será pequeno, se for o inverso, o desvio será alto (FARAWAY, 2016).

4.4.7 Excesso de Mortalidade

O cálculo de excesso de mortalidade foi utilizado para investigar as relações entre estresse térmico e mortalidade para o clima futuro, de acordo com a mortalidade diária (DCV e DRSP) de cada cidade de estudo, considerando o período base de 1996 a 2017, exceto, Ribeirão Preto (2000-2017).

O excesso de mortalidade foi atribuído ao estresse térmico correspondente a temperatura média e aos índices de conforto térmico para as três cidades de estudo, horizonte

temporal (histórico, futuro próximo e distante) e cenários de emissões (RCP4.5 e RCP8.5), sob a suposição de nenhuma adaptação ou mudanças populacionais. Alguns estudos utilizam esse método para contabilizar a alteração da mortalidade diante dos efeitos das mudanças do clima (FOUILLET *et al.*, 2006; GASPARRINI *et al.*, 2017a; GUEST *et al.*, 1999; HAYHOE *et al.*, 2004; LI; HORTON; KINNEY, 2013). As equações 19 e 20 mostram o cálculo de excesso de mortalidade expresso pela fração de mortalidade atribuída a temperatura não ótima conforme descrita por (GASPARRINI; LEONE, 2014) a seguir:

$$M_{atr} = M_{obs}(1 - e^{-(s*(T_{mod}^*)-s*(T_{mm}))}) \quad (19)$$

$$FM_{atr} = \frac{\sum M_{atr}}{\sum M} * 100 \quad (20)$$

onde M_{atr} é a mortalidade atribuída aos efeitos do calor (99°) ou frio (1°). M_{obs} é a mortalidade do período base. S é o coeficiente de exposição-lag-resposta proveniente do MLG acoplado ao DLNM. T_{mod}^* é a temperatura não ótima, ou seja, 1 percentil e 99 percentis. T_{mm} é a Temperatura de Mínima Mortalidade. A fração de mortalidade atribuída é obtida pela razão entre a soma das contribuições de todos os dias da série e o número total de mortalidade.

Todos os cálculos presente neste estudo foram realizados utilizando a interface de usuário do RStudio versão 1.3.1. O pacote usado para suavizar os dados com o modelo ARIMA foi ‘arima’. Para ACP com rotação varimax, usamos os pacotes ‘psych’ e ‘GPArotation’. Em relação ao risco de mortalidade foram utilizados os pacotes ‘dlnm’ e ‘splines’. Em todos os métodos, foi aplicado um nível de significância de 0,05.

5. RESULTADOS

Os resultados obtidos no presente trabalho serão apresentados ao longo desta seção como as análises descritivas do clima presente para mortalidade, variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico em 5.1.1., seguido pela descrição do histórico do modelo climático 5.1.2., futuro próximo 5.1.3. e distante 5.1.4. No 5.2. será mostrado as análises de associação entre a mortalidade e o clima presente considerando a classificação das zonas de conforto térmico humano para os ICTH em 5.2.1.1. no período completo e 5.2.1.2. no período frio e quente e as análises estatísticas no 5.2.2, com Análise de Componentes Principais em 5.2.2.1., matriz correlação em 5.2.2.2. e risco relativo de mortalidade em 5.2.2.3. Por fim, no 5.3. apresenta o impacto da mudança do clima na mortalidade em idosos com resultados referentes ao excesso de mortalidade no item 5.3.2.

5.1 ANÁLISES DESCRITIVAS

Nesta seção será apresentado o comportamento temporal dos dados de mortalidade e dados meteorológicos para as três cidades de estudo (Campos do Jordão, Ribeirão Preto e Santos) considerando o período completo e separado em intervalo frio e quente no clima presente e futuro.

Destaca-se que, esta análise abrange os dados que serão subsídios para identificar a associação dos efeitos do clima na mortalidade por DCV e DRSP em idosos.

5.1.1 Presente (1996-2017)

As análises descritivas para o clima presente apresentam os dados de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias e os dados das variáveis meteorológicas provenientes das estações meteorológicas para as três cidades de estudo de 1996 a 2017.

5.1.1.1 Mortalidades

As doenças cardiovasculares e respiratórias incluem uma ampla gama de patologias, e representam uma das principais causas de morbidades e mortalidade em todo o mundo. Sendo os idosos, o grupo mais suscetível a sofrer com essas doenças (FRANCISCO *et al.*, 2006; KOHUT *et al.*, 2004; WAJNGARTEN, 2010; ZASLAVSKY; GUS, 2002). Observa-se na Tabela 5 que a maior população de idosos está presente em Santos, com o número médio de

73.551 (17 %), seguido por Ribeirão Preto com 66.611 (9,6%) e Campos do Jordão aponta 3.775 (7,3%) idosos. Devido à diferença no número médio de idosos entre as cidades, durante o período de estudo o número de óbitos demonstra ser inferior em Campos do Jordão (1.609 DCV e 529 DRSP), porém a porcentagem de óbitos pelo número médio de idosos indicou maior proporção com 42,6% de óbitos (DCV) e 14% de óbitos (DRSP), essa ocorrência foi acompanhada por Santos (30,3% DCV e 12,8% DRSP), logo, Ribeirão Preto obteve 29,4% de óbitos (DCV) e 10,7% de óbitos (DRSP).

Tabela 5 - Dados de população e mortalidade em idosos por DCV e DRSP no período de 1996 a 2017

Cidades	Número médio de idosos (%)	Nº de óbitos em idosos por DCV (%)	Nº de óbitos em idosos por DRSP (%)
Campos do Jordão	3.775 (7,3)	1.609 (42,6)	529 (14)
Ribeirão Preto	66.611 (9,6)	19.581 (29,4)	7.095 (10,7)
Santos	73.551 (17)	22.284 (30,3)	9.410 (12,8)

A Figura 3 mostra que a taxa anual de mortalidade por DCV em idosos é superior nas três cidades de estudo (SOARES, 2012), no período de 1996 a 2017. Campos do Jordão apresenta a maior taxa com média de 25% DCV e 5% DRSP, seguido por Santos com 17% DCV e aproximadamente 5% DRSP, e em Ribeirão Preto é observado valores semelhantes. Ressalta-se que, as doenças cardiovasculares podem ser influenciadas por diversos fatores, inclusive os comportamentais como tabaco, álcool, obesidade, sedentarismo e outros (WHO, 2017), o que contribui para taxa de mortalidade elevada.

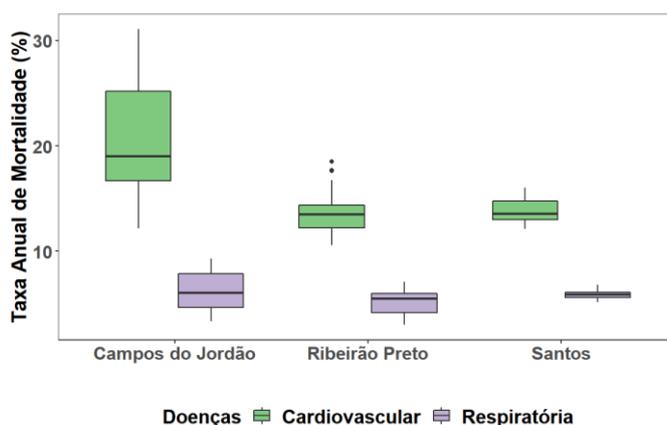


Figura 3 – Distribuição da taxa anual de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias para as cidades de estudo no período de 1996 a 2017

Na Figura 4a-b são apresentadas o comportamento da taxa anual de mortalidade ao longo do período de estudo. Verifica-se na Figura 3a redução da taxa anual de mortalidade por DCV em Campos do Jordão, que corresponde à cidade com predominância na taxa de mortalidade 11% a 30%. Da mesma forma, nota-se diminuição na taxa de mortalidade em Ribeirão Preto apresentando taxas em torno de 11% a 18%. Entretanto, Santos permanece com a taxa de mortalidade quase constante ao longo do período (13% a 16%).

Na Figura 4b, não é possível observar tendência na taxa de mortalidade por DRSP em Campos do Jordão, do qual apresenta variação de 2% a 10%. Todavia, em Ribeirão Preto verifica-se queda de 1% (2015), porém houve aumento de 6% em 2017. Por sua vez, Santos indica taxa de 5% a 7%, o que demonstra maior estabilidade na taxa de mortalidades. Nota-se que os picos de mortalidades entre as cidades podem estar relacionados a ocorrência de epidemias de gripe no período de análise, um exemplo disso, é o aumento acentuado de óbitos entre 2009 e 2010 período em que ocorreu a gripe suína (H1N1) (FIOCRUZ, 2022).

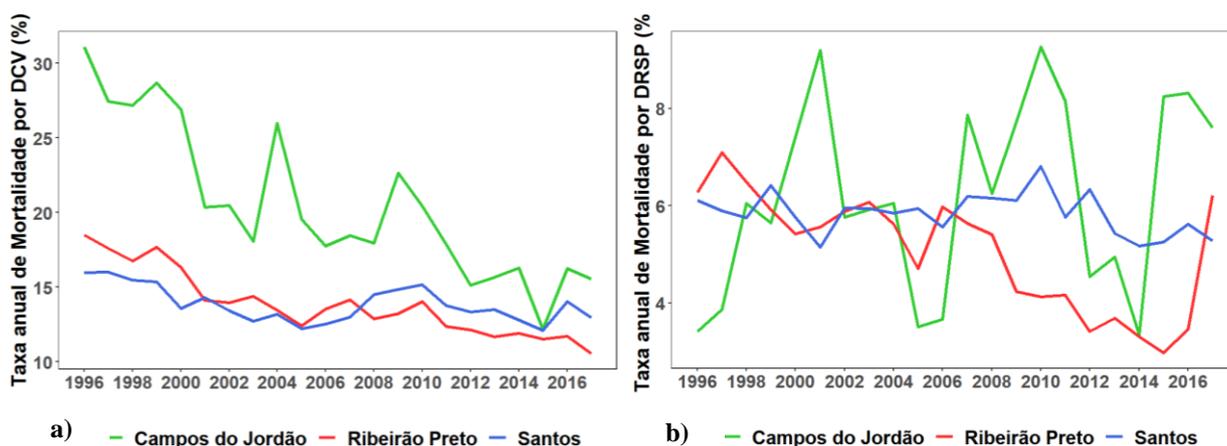


Figura 4 - Taxa anual de mortalidade por doenças a) cardiovasculares e b) respiratórias para as cidades de estudo no período de 1996 a 2017 nas três cidades de estudo

As mortalidades por DCV e DRSP em idosos podem ser desencadeadas por alterações abruptas ou intensas da temperatura, umidade relativa e/ou velocidade do vento devido a vulnerabilidade deste grupo.

Desta forma, a variação sazonal pode contribuir na identificação da influência do clima na saúde, como visto na Figura 5, onde é observado maior taxa de mortalidade no período frio, para ambas as doenças e cidades de estudo. Verifica-se taxa de mortalidade superior em Campos do Jordão (aproximadamente 3% DCV e 1,5% DRSP), e os menores valores são apresentados em Santos (aproximadamente 1% DCV e 0,5% DRSP), enquanto que Ribeirão Preto indica taxas intermediárias (aproximadamente 1,5% DCV e 0,7% DRSP).

Já no período quente permanece a taxa de mortalidade maior em Campos do Jordão (aproximadamente 2% DCV e 1% DRSP), seguido por Ribeirão Preto e Santos apresentam 1% (DCV) e 0,5% (DRSP).

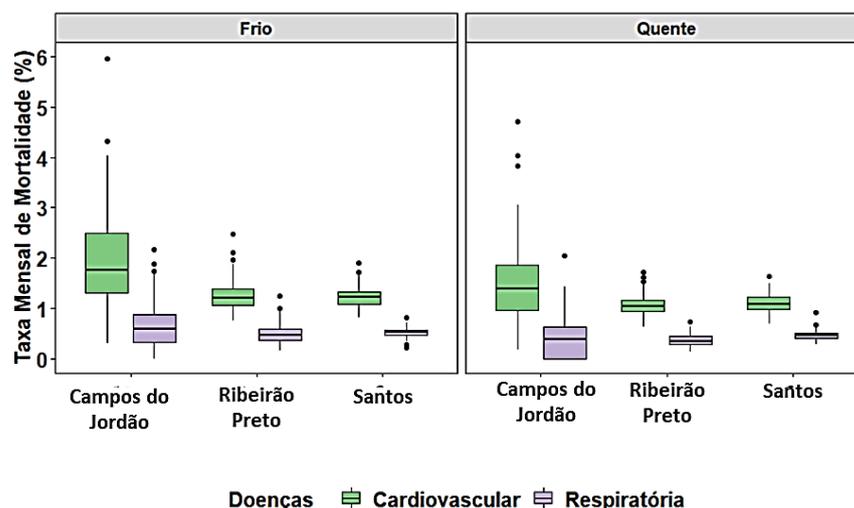


Figura 5 – Distribuição da taxa mensal de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias para o período frio e quente considerando 1996 a 2017 nas três cidades de estudo

5.1.1.2 Variáveis Meteorológicas

Conforme a contextualização climática do item 4.2.3.1., é observado particularidades entre o clima das três cidades apesar da proximidade entre elas. Fatores geográficos, tais como, latitude, altitude, maritimidade e continentalidade influenciam na variabilidade climática. Neste sentido, a Figura 6 mostra a distribuição das variáveis meteorológicas nos períodos frio e quente para as três cidades de estudo no clima presente de 1996 a 2017.

Nota-se na Figura 6a, o aumento nos valores de temperatura (mínima e máxima) no período quente, onde em Santos a máxima ultrapassa 30 °C. Em contrapartida, no período frio a mínima ocorre em Campos do Jordão com temperatura abaixo de 5 °C.

Na Figura 6b, observa-se em Santos umidade relativa de aproximadamente 76% em ambos os períodos, enquanto, Ribeirão Preto apresenta valores extremamente baixos em torno de 25% no período frio.

Já a velocidade do vento indica valores similares para os dois períodos em Campos do Jordão e Santos, no entanto, Ribeirão Preto apresenta maior intensidade com máximo de 15 m/s no período quente, este valor pode estar associado a maior altura do anemômetro (10 m) comparado as outras cidades (Figura 6c).

A precipitação no período frio é muito baixa com valores médios inferiores a 50 mm para as três cidades, sendo uma das características do estado de São Paulo (i.e., estação seca durante o outono e inverno), enquanto, no período quente observa-se índice pluviométrico elevado (i.e., estação chuvosa durante a primavera e verão), sobretudo, em Santos com aproximadamente 150 mm (Figura 6d).

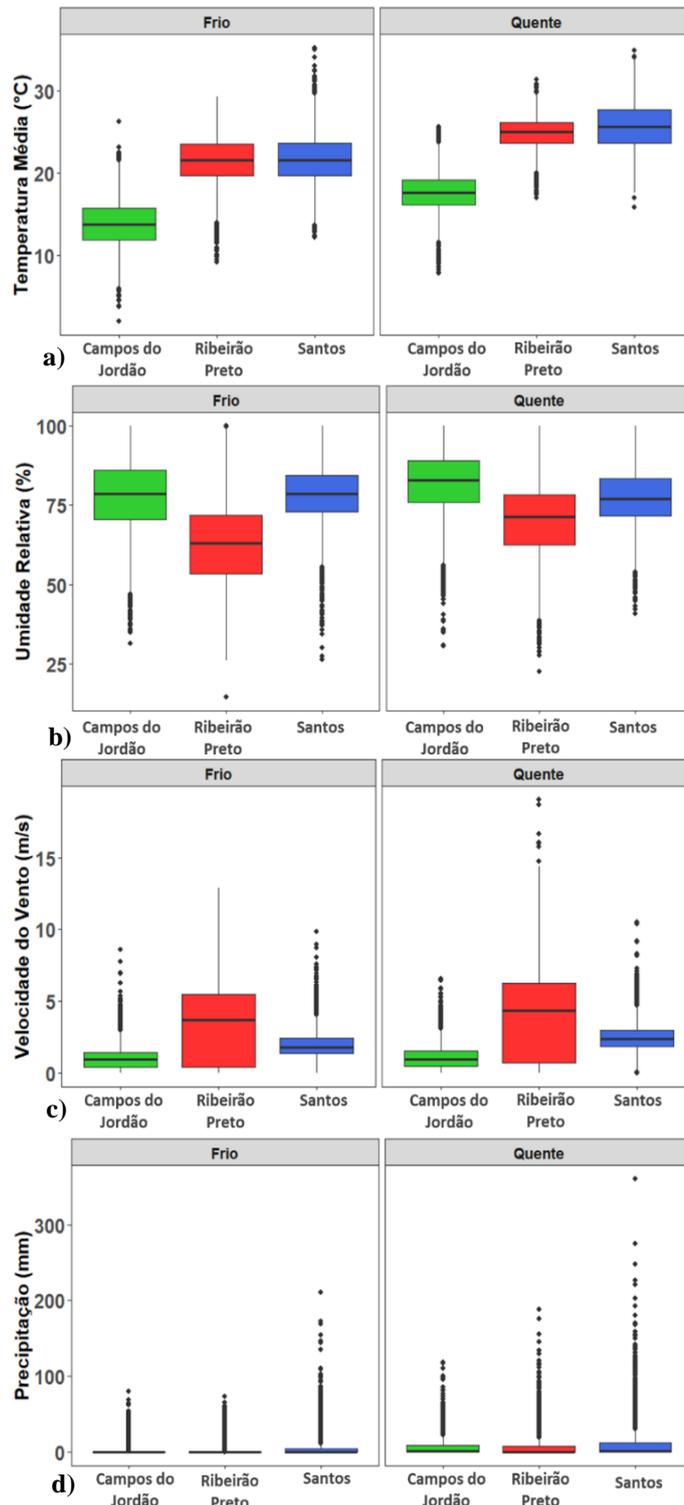


Figura 6 - Distribuição dos dados de a) temperatura média, b) umidade relativa, c) velocidade do vento e d) precipitação acumulada para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) de 1996 a 2017 nas três cidades de estudo

5.1.1.3 Índices de Conforto Térmico Humano

Os índices de conforto térmico humano foram calculados utilizando as variáveis meteorológicas: temperatura média, umidade relativa e velocidade do vento. Na Figura 7 é identificado menores valores para o índice TEv e valores próximos a temperatura média observado para o TE, pois é a principal variável no cálculo deste índice.

Neste sentido, nota-se que em Campos do Jordão os ICTH apresentam mínimo em julho com 12 °C (TE) e 10 °C (TEv) e máximo de 18 °C (dezembro) para o TE e 16 °C (fevereiro) para o TEv. Em Ribeirão Preto, é observado a ocorrência de mínimos e máximos nos mesmos meses descritos para Campos do Jordão, com TE oscilando entre 18 °C e 23 °C, enquanto TEv aponta valores entre 15 °C e 20 °C. Com relação a Santos, os menores valores observados para os índices ocorre em julho acompanhado de 20 °C (TE) e 16 °C (TEv), e os valores mais altos são observados em fevereiro com 26 °C (TE) e 24 °C (TEv).

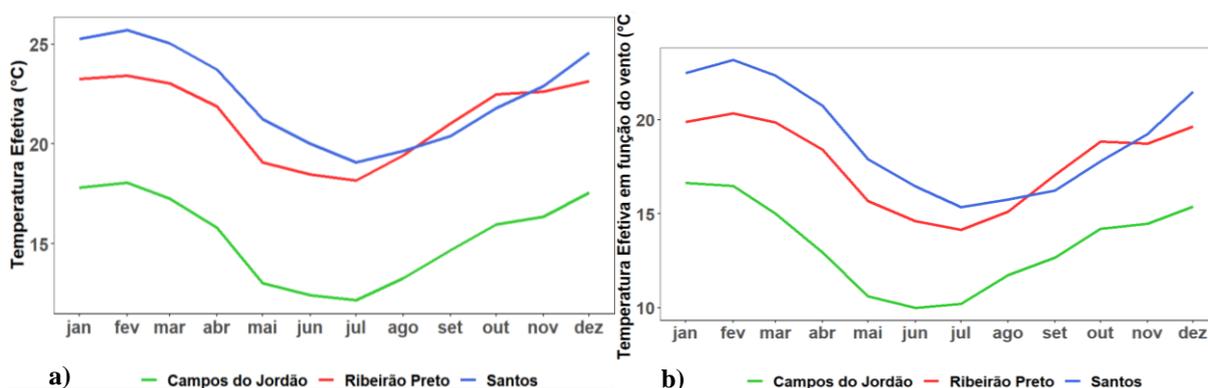


Figura 7 – Ciclo anual dos índices de conforto térmico a) temperatura efetiva e b) temperatura efetiva em função do vento para o período de 1996 a 2017 para as três cidades de estudo

A Figura 8 mostra a distribuição dos índices de CTH para o período frio e quente. É observado padrão de aquecimento no período quente e valores mais baixos no período frio. Verifica-se valores mínimos dos índices em Campos do Jordão para os dois períodos, de 6 °C (TE) e 0 °C (TEv) no período frio, e em Santos nota-se os valores mais altos dos índices com 31 °C (TE) e 29 °C (TEv).

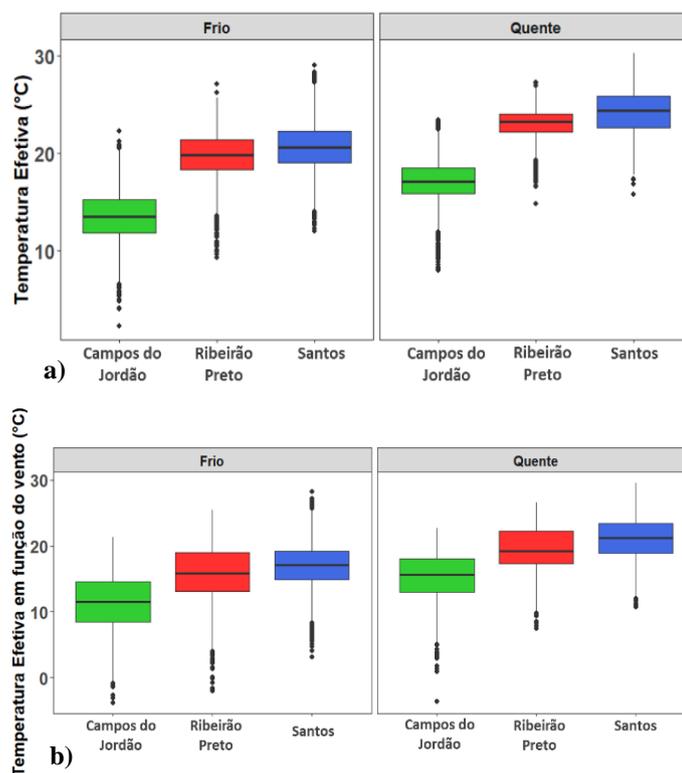


Figura 8 - Distribuição dos índices de conforto térmico a) temperatura efetiva e b) temperatura efetiva em função do vento para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) de 1996 a 2017 nas três cidades de estudo

5.1.2 Histórico (1985 - 2005)

Para avaliar a associação entre mortalidade e o clima considerando as projeções climáticas é necessário compreender o comportamento dessas relações no clima presente, e utilizar os dados históricos simulados para comparar ao clima futuro. Diante disto, foram utilizados os dados meteorológicos simulados do modelo climático regional Eta-HadGEM2-ES de 1985 a 2005.

5.1.2.1 Variáveis Meteorológicas

O ciclo anual das variáveis meteorológicas para o período histórico será apresentado na Figura 9. Observa-se que a temperatura média em Campos do Jordão é representada por valores mais baixos entre 12 °C (junho e julho) e 18 °C (dezembro), seguido por Ribeirão Preto com 21 °C (junho) a 26 °C (novembro) e superiores em Santos com 23 °C (agosto) a 28 °C (janeiro e fevereiro).

A umidade relativa demonstra valores médios entre 72% (julho) a 78% (dezembro) em Campos do Jordão, enquanto em Ribeirão Preto é observado 52% (setembro) e 70% (janeiro e

março), e Santos indica umidade relativa quase constante ao longo do ano com 80% (Figura 9b).

A Figura 9c mostra que a velocidade do vento é maior em Campos do Jordão com máximo de 5m/s (agosto), seguido por Ribeirão Preto com 4 m/s (setembro). A menor intensidade do vento é observada em Santos com média de 2 m/s (agosto a outubro).

O regime pluviométrico entre as três cidades apresenta valores elevados no verão e os mínimos no inverno. Entretanto, observa-se em Campos do Jordão e Ribeirão Preto precipitação inferior, com mínimo abaixo de 50 mm e máximo de 100 mm (dezembro) e 230 mm (janeiro), respectivamente. Em Santos, verifica-se precipitação bem distribuída ao longo do ano, com acumulado de 250 mm (janeiro) e média mensal de aproximadamente 180 mm (Figura 9d).

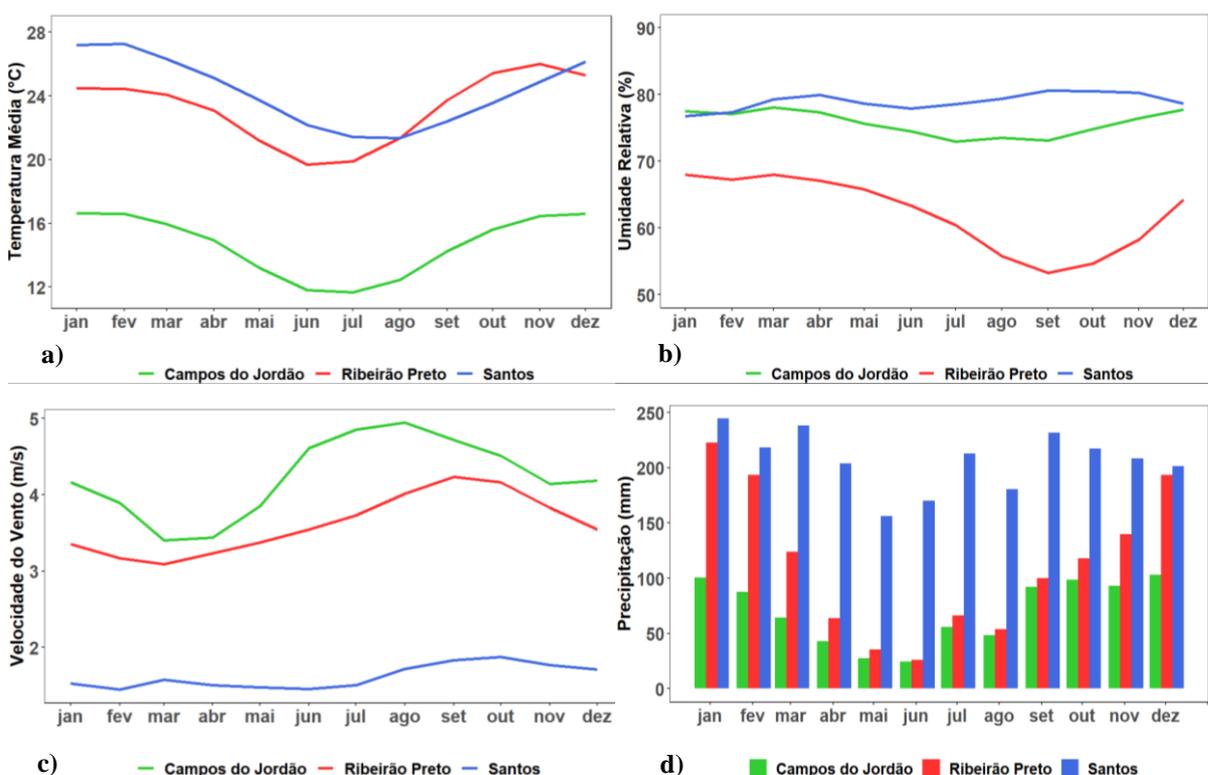


Figura 9 - Ciclo anual das variáveis meteorológicas a) temperatura média, b) umidade relativa, c) velocidade do vento e d) precipitação acumulada para o período de 1985 a 2005 para as três cidades de estudo

A Figura 10 mostra diferenças climatológicas entre o período frio e quente para as três cidades de estudo. No período frio, Campos do Jordão evidencia menores valores de temperatura média entre 7 °C e 20 °C. Em contrapartida, no período quente verifica-se em Ribeirão Preto e Santos temperatura média mais alta com máximo de 30 °C e 32 °C, respectivamente.

Entre as tres cidades, a umidade relativa é menor em Ribeirão Preto no período frio (34%) e quente (38%), para Campos do Jordão observa-se valores intermediários e Santos com valores constantes entre os períodos (80%) (Figura 10b).

Para a velocidade do vento é observado maiores valores em Campos do Jordão de aproximadamente 9 m/s, seguido por Ribeirão Preto com média de 4 m/s e Santos com o mínimo de 2 m/s para ambos os períodos (Figura 10c).

Em relação a Figura 10d, a precipitação acumulada é menor no período frio por ser considerada a época seca nas três cidades de estudo. Por sua vez, Santos apresenta elevado índice pluviométrico, principalmente no período quente.

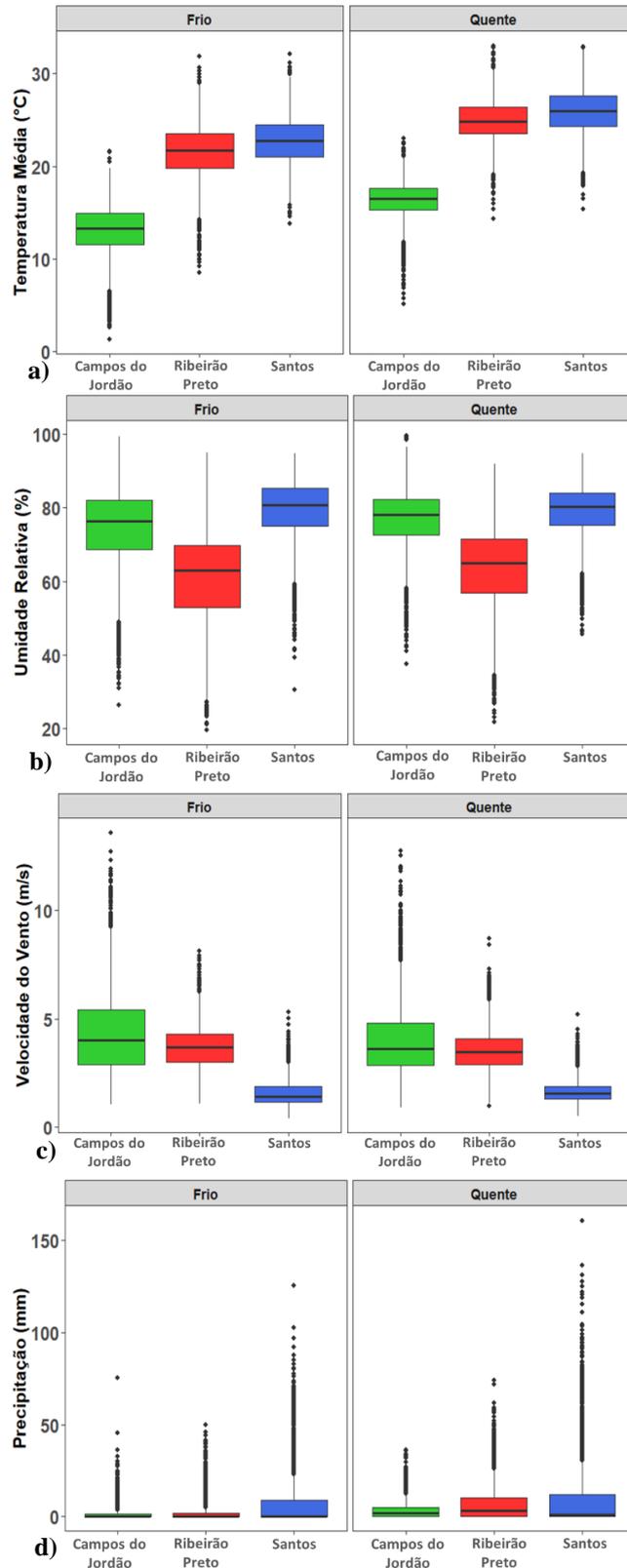


Figura 10 - Distribuição dos dados de a) temperatura média, b) umidade relativa, c) velocidade do vento e d) precipitação acumulada para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) de 1985 a 2005 nas três cidades de estudo

5.1.2.2 Índices de Conforto Térmico Humano

O ciclo anual dos índices TE e TE_v apresentam comportamento igual no período histórico, porém os valores para o TE_v são menores. Na Figura 11, nota-se que em Campos do Jordão o TE varia de 10 °C (junho e julho) a 17 °C (dezembro), seguido por Ribeirão Preto de 18 °C (julho) a 24 °C (novembro) e em Santos entre 23 °C (agosto) e 26 °C (janeiro). Enquanto, o TE_v apresenta exatamente os mesmos meses de ocorrência dos mínimos e máximos observados para TE, com valores entre 3 °C e 12 °C (Campos do Jordão), 14 °C a 22 °C (Ribeirão Preto) e 18 °C a 25 °C (Santos).

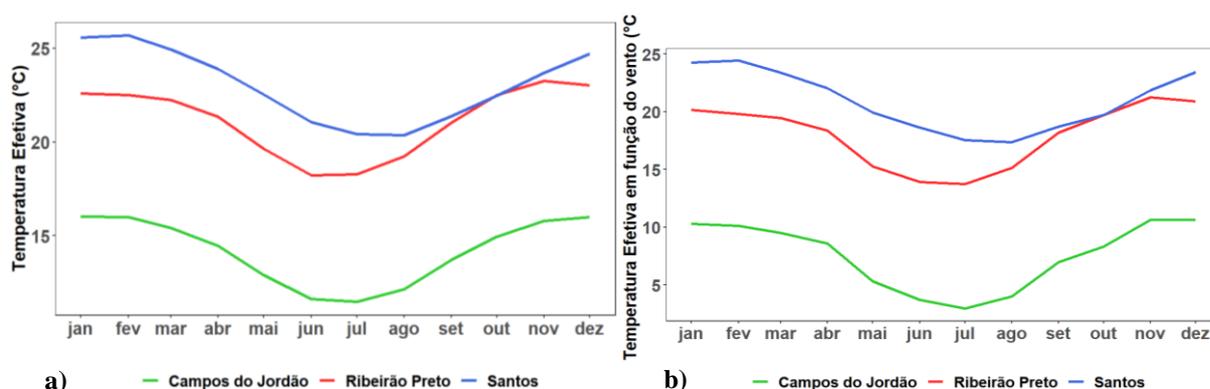


Figura 11 - Ciclo anual dos índices de conforto térmico a) temperatura efetiva e b) temperatura efetiva em função do vento para o período de 1985 a 2005 para as três cidades de estudo

Conforme mostra a Figura 12, os índices de conforto térmico apresentam a mesma distribuição para ambos os índices, assim como visto na análise de ciclo anual, o TE_v indica valores inferiores ao TE. Desta forma, o período frio retrata os valores mínimos principalmente em Campos do Jordão entre 5 °C e 19 °C (TE) e -5 °C e 15 °C (TE_v), e os valores mais altos são observados em Santos de 17 °C a 29 °C (TE) e 12 °C a 30 °C (TE_v).

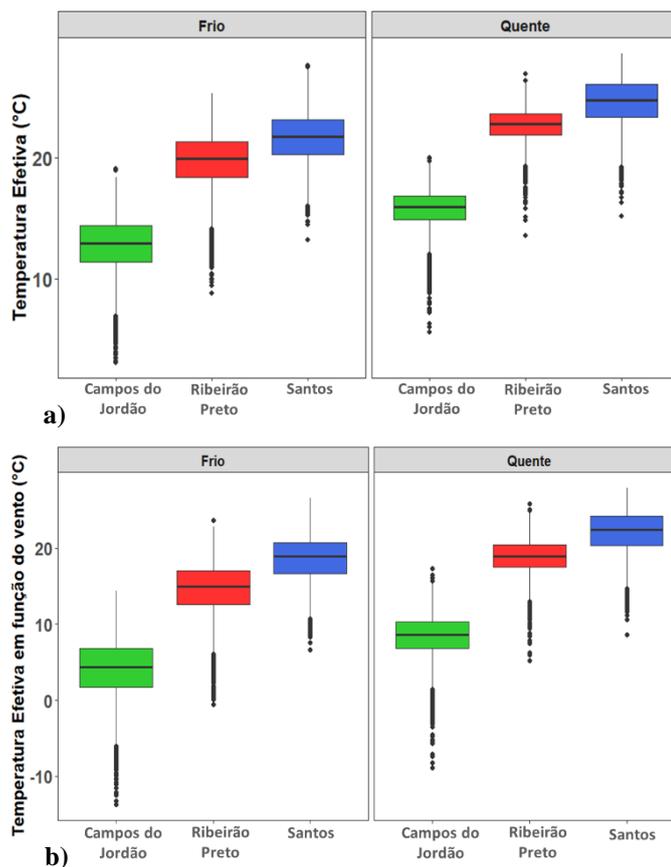


Figura 12 - Distribuição dos índices de conforto térmico a) temperatura efetiva e b) temperatura efetiva em função do vento para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) de 1985 a 2005 nas três cidades de estudo

De acordo com os aspectos climáticos obtidos dos dados simulados do período histórico (1985-2005), verifica-se que há concordância entre os dados simulados e observados para as três cidades, apesar de corresponder a intervalos de tempo diferentes, indicam as mesmas tendências climáticas, tais como, Campos do Jordão com temperatura média mais amena, e Santos com os maiores valores. Assim como, a menor umidade relativa é apontada para Ribeirão Preto e maiores valores de precipitação em Santos.

A maior divergência é observada para a velocidade do vento, do qual as simulações apresentam bastante incerteza por não conseguir representar os fenômenos que ocorrem na baixa atmosfera (Camada Limite Planetária) (HOLTSLAG *et al.*, 2013; OKE, 2002). Além do mais, os dados observados apresentam diferença na altura do anemômetro e dados faltantes para alguns anos.

5.1.3 Futuro Próximo (2030 - 2050)

As análises descritivas das projeções climáticas contribuem para compreensão do comportamento e tendências das variáveis meteorológicas para o futuro. Neste item será apresentado as análises das simulações do modelo Eta-HadGEM2-ES para o futuro próximo (2030 a 2050), considerando dois cenários de emissões de gases de efeito estufa (RCP4.5 e RCP8.5).

5.1.3.1 Variáveis Meteorológicas

Na Figura 13a, as projeções climáticas indicam que na maioria dos meses a temperatura média poderá aumentar cerca de 2 °C para o RCP8.5 em relação ao RCP4.5 nas três cidades de estudo. Observa-se em Campos do Jordão a permanência da temperatura média mais amena no ciclo anual com mínimo de 15 °C (julho) e máximo de 20 °C (dezembro) no cenário RCP8.5. Porém, Ribeirão Preto apresenta temperatura média mais altas que Santos de julho a dezembro em ambos os cenários com variação de 26 °C a 30 °C no RCP8.5. Em Santos ocorre uma redução da temperatura média no cenário RCP8.5 de setembro a janeiro de cerca de 0,5 °C, ou seja, a temperatura média fica em torno de 26 °C a 28 °C.

A umidade relativa para o futuro próximo apresenta valores mais baixos considerando o RCP8.5, além de defasagens entre os meses de ocorrências dos mínimos valores para os cenários. É observado em Campos do Jordão umidade relativa mínima de 67% (setembro) no RCP4.5 e 64% (outubro) para RCP8.5. Ribeirão Preto permanece liderando como a cidade mais seca com umidade relativa mínima de 45% (setembro) no RCP4.5 e 40% (outubro) no RCP8.5. Em contrapartida, a umidade relativa é quase constante em Santos com média de 80% para ambos os cenários, assim como demonstra o histórico do modelo (Figura 13b).

Na Figura 13c, a velocidade do vento exhibe valores máximos em Campos do Jordão, principalmente, para o RCP8.5 com 5,5 m/s (junho), porém de agosto a novembro é observado diminuição da velocidade do vento. Ribeirão Preto mostra aumento da velocidade do vento ao longo dos meses com máximo de 4 m/s em agosto (RCP8.5) e outubro (RCP4.5). Por outro lado, a velocidade do vento em Santos é praticamente constante com média de 1,5 m/s para ambos os cenários.

É observada redução da precipitação acumulada na maioria dos meses no cenário RCP8.5. Campos do Jordão revela menor volume pluviométrico e distribuição semelhante nos dois cenários. A precipitação acumulada em Ribeirão Preto possui valores intermediários e

distribuição similar entre os cenários, porém em fevereiro no cenário RCP8.5 verifica-se precipitação de aproximadamente 150 mm ultrapassando a precipitação acumulada de Santos no mesmo mês. Santos apresenta maior índice pluviométrico com máximo de 250 mm em outubro/novembro (RCP4.5) e julho (RCP8.5), no entanto, observa-se redução brusca da precipitação, principalmente de outubro a fevereiro para o RCP8.5 (Figura 13d-e).

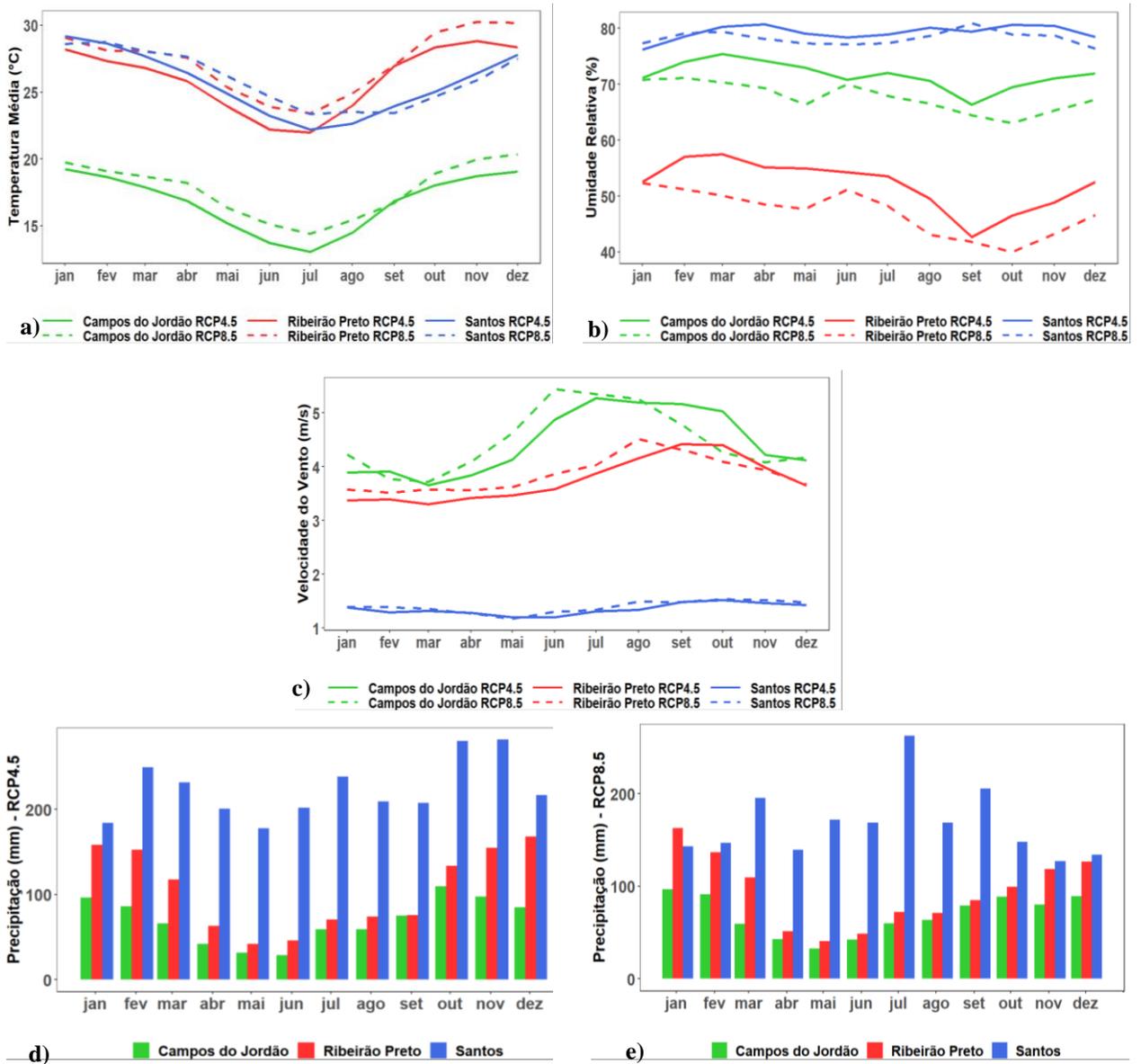


Figura 13 - Ciclo anual das variáveis meteorológicas a) temperatura média, b) umidade relativa, c) velocidade do vento e d-e) precipitação acumulada no futuro próximo (2030-2050) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para as três cidades de estudo

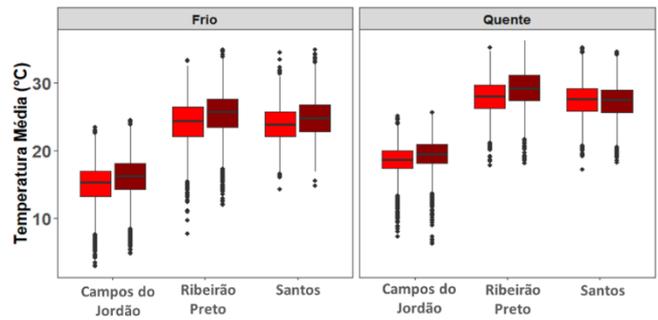
A Figura 14 mostra análises das variáveis meteorológicas no período frio e quente para o futuro próximo. Observa-se temperatura média baixa no período frio com mínimo de 8 °C em Campos do Jordão no RCP4.5. Entretanto, o período quente está associado a temperaturas

elevadas, principalmente no cenário RCP8.5, com valor máximo de 36 °C em Ribeirão Preto. Santos apresenta temperatura média intermediárias para ambos os períodos.

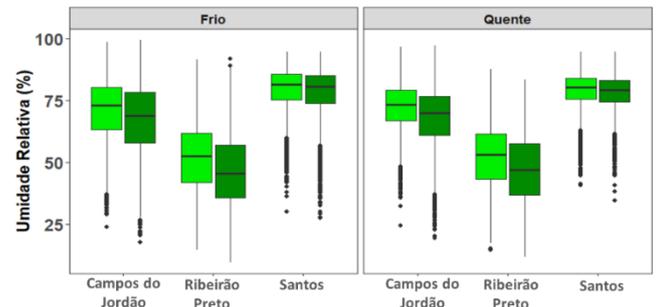
A umidade relativa apresenta distribuição similar para o período frio e quente, porém, no cenário RCP8.5 os valores são menores que no RCP4.5. A menor umidade relativa é observada em Ribeirão Preto com valores mínimos entre 15% (RCP4.5) e 10% (RCP8.5), e em Santos a umidade relativa permanece alta nos dois períodos (Figura 14b).

A velocidade do vento no período frio é maior, especialmente, no cenário RCP8.5 nas três cidades de estudo. Em Campos do Jordão é observado máximo de 10 m/s. No entanto, Ribeirão Preto e Santos apresentam distribuição de velocidade do vento semelhante para ambos os períodos com média em torno de 4 m/s e 2 m/s, respectivamente (Figura 14c).

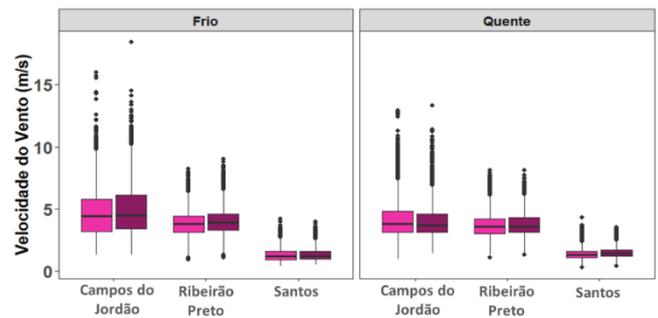
A precipitação acumulada para cada período indica tendência de aumento no período quente considerando Campos do Jordão e Ribeirão Preto. Em contrapartida, Santos apresenta precipitação máxima no cenário RCP4.5 para ambos os períodos, e redução para o cenário RCP8.5 no período quente (Figura 14d).



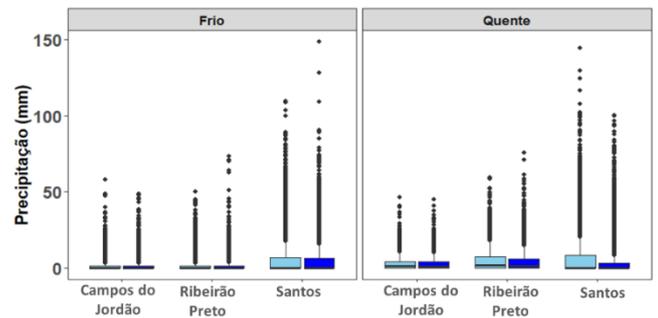
a) ■ RCP4.5 ■ RCP8.5



b) ■ RCP4.5 ■ RCP8.5



c) ■ RCP4.5 ■ RCP8.5



d) ■ RCP4.5 ■ RCP8.5

Figura 14 - Distribuição dos dados de a) temperatura média, b) umidade relativa, c) velocidade do vento e d) precipitação acumulada para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) no futuro próximo (2030-2050) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 nas três cidades de estudo

5.1.3.2 Índices de Conforto Térmico Humano

A Figura 15 mostra o comportamento de TE e TEv no futuro próximo, do qual é observado mesma distribuição para as três cidades de estudo, e valores inferiores para TEv. Destaca-se que, os máximos valores dos ICTH podem ocorrer no cenário RCP8.5, exceto em Santos, no intervalo de setembro a janeiro onde os valores de RCP4.5 são superiores. Além disso, Ribeirão Preto apresenta os valores máximos de setembro a novembro nos dois cenários para o TE (24 °C a 26 °C), e o índice TEv apresenta valores maiores em Santos somente no RCP8.5 (21 °C a 24 °C). O valor mínimo dos ICTH poderá ocorrer em julho e o valor máximo em janeiro, para ambos os cenários nas três cidades de estudo.

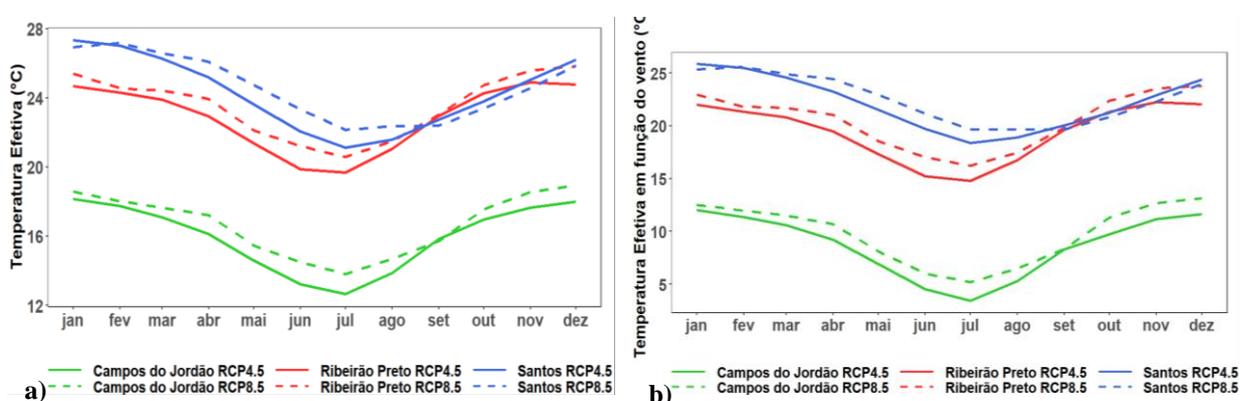


Figura 15 - Ciclo anual dos índices de conforto térmico a) temperatura efetiva e b) temperatura efetiva em função do vento no futuro próximo (2030-2050) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para as três cidades de estudo

Na Figura 16, os índices de CTH apresentam valores mínimos no período frio sob o cenário RCP4.5 e valores máximos no período quente para o RCP8.5. Neste caso, verifica-se em Campos do Jordão valores mais baixos com 8 °C (TE) e -3 °C (TEv), e em Santos os valores mais altos 32 °C (TE) e 30 °C (TEv).

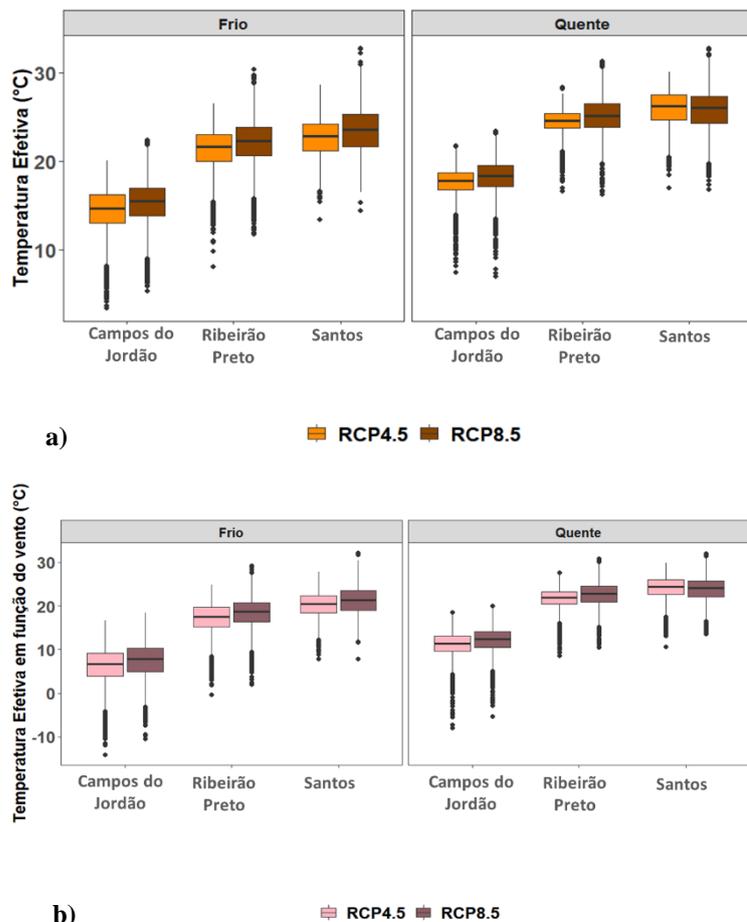


Figura 16 - Distribuição dos índices de conforto térmico a) temperatura efetiva e b) temperatura efetiva em função do vento para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) no futuro próximo (2030-2050) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 nas três cidades de estudo

Portanto, o clima no futuro próximo apresenta aspectos similares ao período histórico com maiores variações para temperatura média e precipitação. Campos do Jordão permanece com menores temperaturas, principalmente, no cenário RCP4.5. Já as altas temperaturas são projetadas para Ribeirão Preto, sendo ainda maior no RCP8.5. Por sua vez, a umidade relativa indica tendência de redução com cenário mais seco no RCP8.5, e projeta-se os mínimos valores em Ribeirão Preto.

A maior velocidade do vento mantém-se em Campos do Jordão, especialmente, no RCP8.5 e Santos apresenta baixíssima flutuação. Por outro lado, a precipitação poderá diminuir no RCP8.5 em comparação ao RCP4.5, principalmente, em Santos que evidencia valores mais altos, exceto, nos primeiros meses sob o RCP8.5, pois projeta-se índice pluviométrico superior em Ribeirão Preto.

Embora a temperatura média apresente semelhanças com os ICTH, no futuro próximo os menores valores poderão ser observados em Campos do Jordão, seguido por Ribeirão Preto e maiores valores em Santos.

5.1.4 Futuro Distante (2079 - 2099)

Neste item será apresentado a análise descritiva das simulações do modelo Eta-HadGEM2-ES para o futuro distante (2079 a 2099), considerando dois cenários de emissões de gases de efeito estufa (RCP4.5 e RCP8.5).

5.1.4.1 Variáveis Meteorológicas

A Figura 17a mostra comportamento da temperatura média no futuro distante revelando semelhanças com a climatologia identificada para o futuro próximo, exceto, porque o aumento da temperatura média no cenário RCP8.5 é de aproximadamente 4 °C em relação ao RCP4.5. A temperatura média mínima permanece ocorrendo em julho nas três cidades com 20 °C (Campos do Jordão), 29 °C (Ribeirão Preto) e 27 °C (Santos) no cenário RCP8.5. No entanto, o valor máximo de temperatura média pode ocorrer em setembro para Campos do Jordão e Ribeirão Preto, e Santos em fevereiro. A temperatura média no RCP8.5 é maior em Ribeirão Preto quando comparada as outras cidades (28 °C a 35 °C), e no RCP4.5 é maior de agosto a janeiro, e no restante dos meses atinge temperatura média quase igual a Santos no mesmo cenário.

Nota-se umidade relativa menor no RCP8.5 com valores abaixo de 40% em Ribeirão Preto com mínimo de 30% em outubro. Já Campos do Jordão apresenta umidade relativa mínima de 55% (setembro a novembro). Santos indica umidade relativa ligeiramente igual ao longo do ano (Figura 17b).

O ciclo anual da velocidade do vento na Figura 26c indica maior intensidade do vento em Campos do Jordão com variação de 4 a 5 m/s no cenário RCP8.5, porém, de julho a novembro a velocidade do vento diminui. Em Ribeirão Preto a velocidade do vento no RCP8.5 ultrapassa os valores de Campos do Jordão em março e dezembro. Enquanto Santos apresenta velocidade do vento praticamente sem flutuação ao longo do ano em ambos os cenários (Figura 17c).

A precipitação acumulada apresenta maiores valores para Santos em ambos os cenários, no entanto, a precipitação no cenário RCP4.5 em Ribeirão Preto é superior em dezembro e janeiro, e isso se repete com maior frequência no RCP8.5. Campos do Jordão apresenta precipitação no RCP4.5 maior que Ribeirão Preto (agosto a outubro), e no RCP8.5 inclui-se maio e junho. Nas cidades de estudos nota-se redução significativa da precipitação acumulada entre os cenários, principalmente, em Santos (Figura 17d-e).

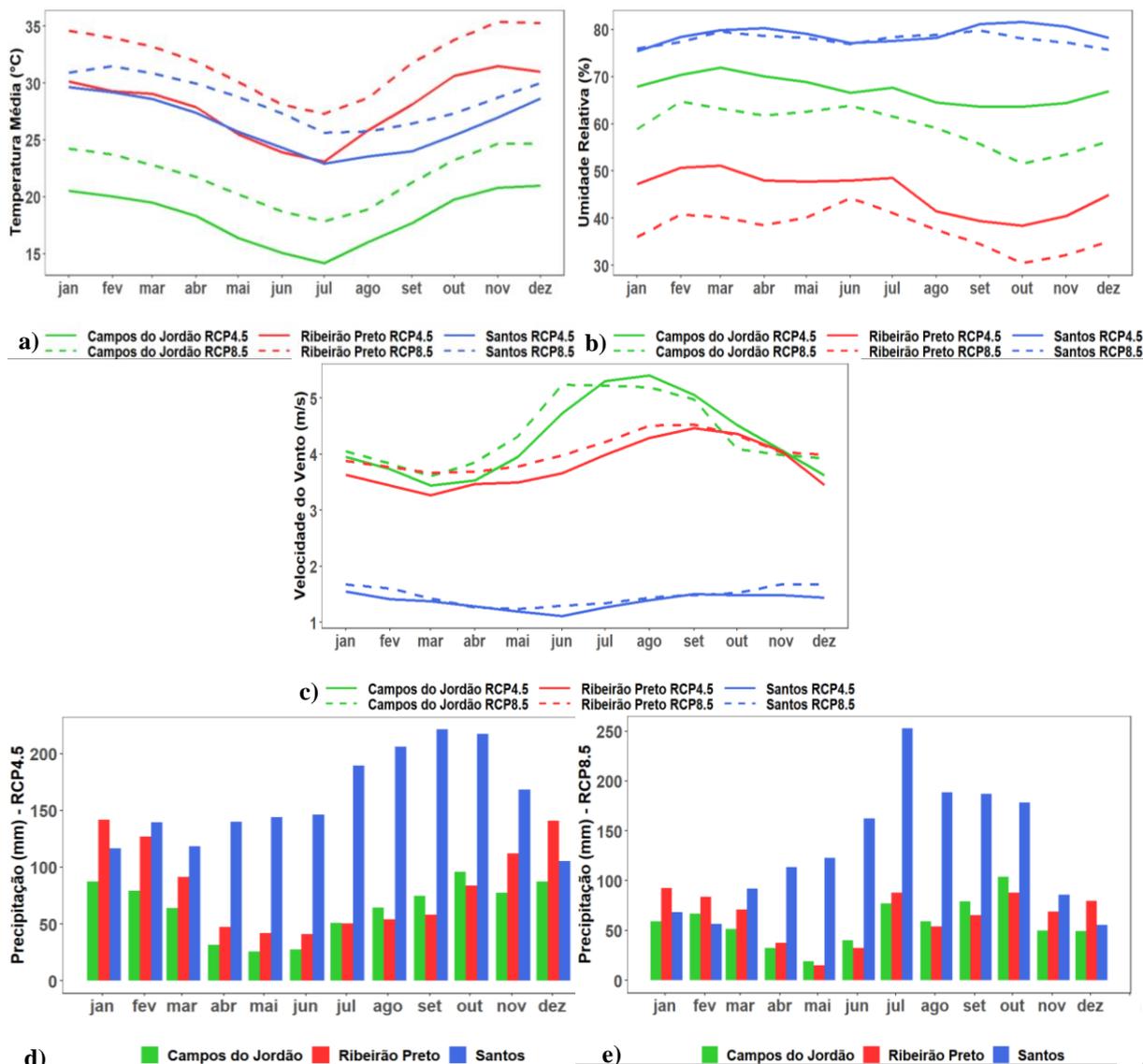


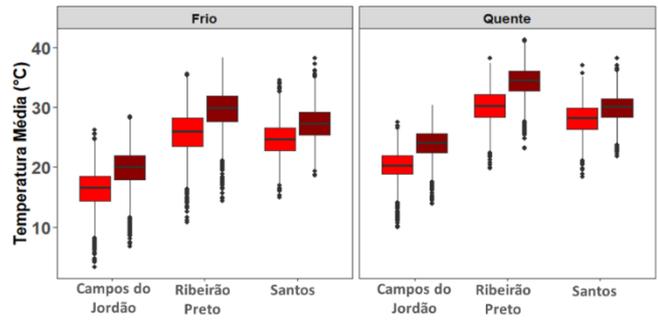
Figura 17 - Ciclo anual das variáveis meteorológicas a) temperatura média, b) umidade relativa, c) velocidade do vento e d-e) precipitação acumulada no futuro distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para as três cidades de estudo

Na Figura 18, observa-se a variabilidade das variáveis meteorológicas no período frio e quente. A temperatura média é menor no período frio considerando o cenário RCP4.5 com valores mínimos em Campos do Jordão de 8 °C. No período quente a temperatura média é maior no RCP8.5, principalmente, em Ribeirão Preto com máximo de 40 °C, seguido por Santos com 35 °C e Campos do Jordão com 30 °C.

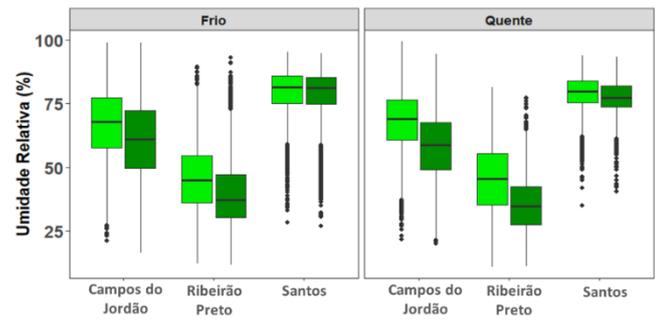
A umidade relativa identificada na Figura 18b demonstra valores muito próximos para os dois períodos, com menores valores no RCP8.5. Em Santos os valores são iguais e Ribeirão Preto apresenta valores mínimos abaixo de 25% para ambos os cenários. Enquanto em Campos do Jordão observa-se valores intermediários (Figura 18b).

Verifica-se maior velocidade do vento no cenário RCP8.5 para período frio nas três cidades de estudo. Campos do Jordão demonstra maiores intensidades para ambos os períodos, sendo ligeiramente maior no RCP4.5 no período quente com 8 m/s. Ribeirão Preto e Santos apresentam distribuição similares para os dois períodos (Figura 18c).

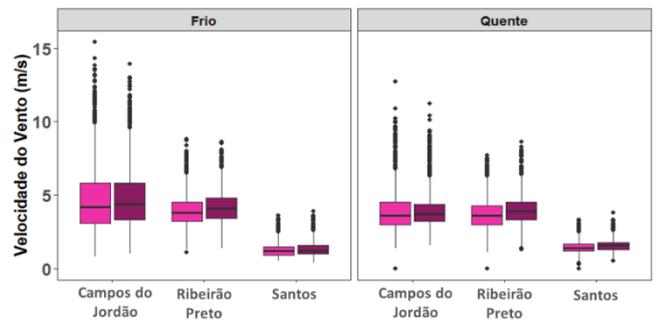
A precipitação apresenta valores mínimos no período frio, especialmente, em Campos do Jordão e Ribeirão Preto. Já Santos aponta máxima precipitação no cenário RCP4.5, sendo que no período quente a precipitação aumenta no RCP4.5 e diminui para o RCP8.5, enquanto Campos do Jordão e Ribeirão Preto apresenta aumento para ambos os cenários com valores ligeiramente maiores no RCP4.5 (Figura 18d).



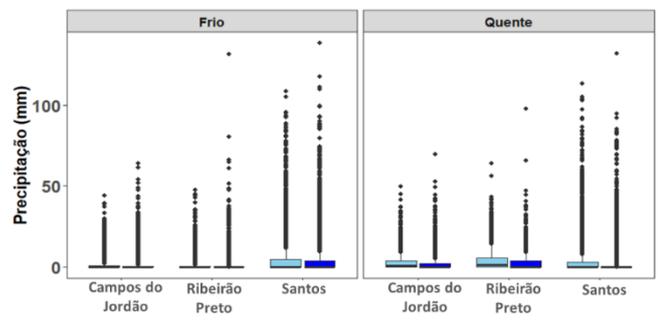
a) RCP4.5 RCP8.5



b) RCP4.5 RCP8.5



c) RCP4.5 RCP8.5



d) RCP4.5 RCP8.5

Figura 18 - Distribuição dos dados de a) temperatura média, b) umidade relativa, c) velocidade do vento e d) precipitação acumulada para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) no futuro distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 nas três cidades de estudo

5.1.4.2 Índices de Conforto Térmico Humano

Em relação aos ICTH, observa-se distribuições iguais entre os índices, e diferença em torno de 4 °C entre os cenários. Os valores de TE e TEv são menores em Campos do Jordão, principalmente, no RCP4.5, e maiores em Santos para o RCP8.5 para quase todos os meses, exceto de setembro a dezembro que apresenta maiores valores em Ribeirão Preto no RCP8.5.

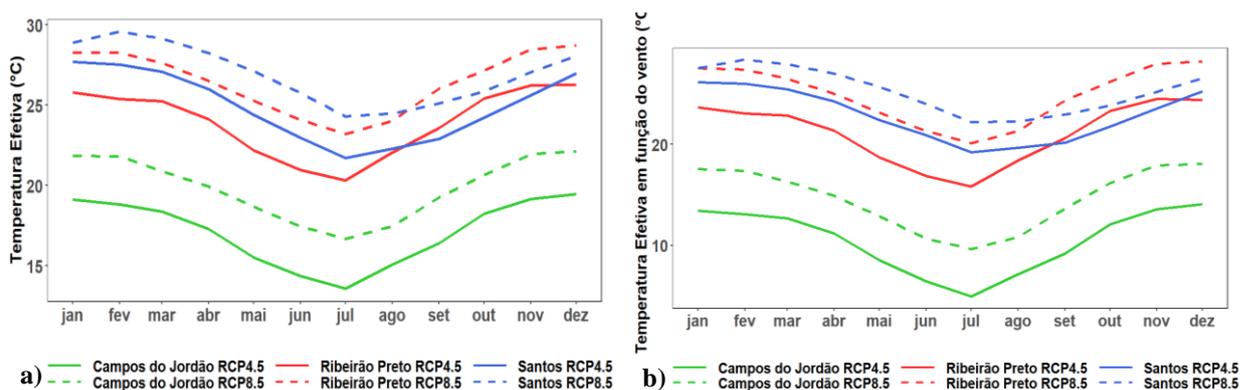


Figura 19 - Ciclo anual dos índices de conforto térmico a) temperatura efetiva e b) temperatura efetiva em função do vento no futuro distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para as três cidades de estudo

A Figura 20 mostra distribuição dos ICTH com menores valores no período frio, sobretudo, no RCP4.5 em Campos do Jordão. Os maiores valores são observados no período quente no cenário RCP8.5, principalmente para Ribeirão Preto e Santos com valores máximos acima de 30 °C para ambos os índices.

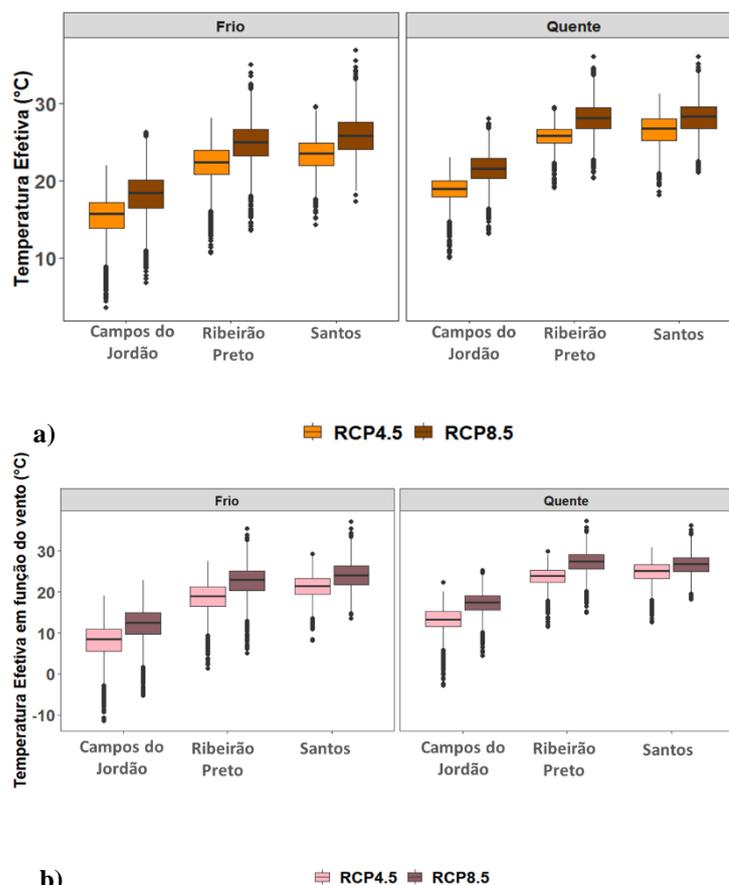


Figura 20 - Distribuição dos índices de conforto térmico a) temperatura efetiva e b) temperatura efetiva em função do vento para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) no futuro distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 nas três cidades de estudo

Por fim, o padrão climático para o futuro distante é semelhante ao projetado para o futuro próximo, indicando aumento na temperatura média, e redução significativa da precipitação, especialmente no cenário RCP8.5 para as três cidades de estudo, e apesar de Santos exibir maior volume pluviométrico, projeta-se para Ribeirão Preto valores superiores no verão. Já os ICTH demonstram aumento para ambos os cenários em comparação ao futuro próximo, e isso, pode estar relacionado a maior intensidade do desconforto térmico ao calor.

5.2 ANÁLISES DE ASSOCIAÇÃO ENTRE MORTALIDADE E O CLIMA PRESENTE

A ocorrência de mortalidade por DCV e DRSP podem ser desencadeadas por condições meteorológicas adversas, principalmente, em idosos que apresentam doenças pré-existent tornando-os mais vulneráveis. Por isso, nesta seção serão aplicadas análises de associação entre as variáveis meteorológicas e mortalidades em idosos para as cidades de estudo, além de considerar os ICTH para melhor compreensão da sensibilidade térmica.

5.2.1 Zonas de Conforto Térmico Humano

Com intuito de obter uma aproximação da sensação térmica da população das três cidades e avaliar sua influência na mortalidade por DCV e DRSP em idosos, aplicou-se as classificações referentes as zonas de conforto térmico humano aos índices TE e TEv, baseado na descrição de FANGER (1970).

5.2.1.1 Período Completo

Em Campos do Jordão foram avaliados no período completo maior número de óbitos em dias classificados como “Frio” para o TE (547 óbitos por DCV e 194 óbitos por DRSP), e conseqüentemente, apresenta mais dias nesta classificação (2654 dias). Entretanto para o TEv, foram observadas 1333 dias considerado “Muito Frio” (283 óbitos por DCV e 125 óbitos por DRSP), não sendo identificado dias ligeiramente quente (Tabela 6).

Tabela 6 - Distribuição de óbitos por DCV e DRSP considerando os índices de conforto térmico para Campos do Jordão no período de 1996 a 2017

Critério Fanger (°C)	TE (dias)	N° de Óbitos		TEv (dias)	N° de Óbitos	
		DCV	DRSP		DCV	DRSP
Muito Frio <13	1180	277	113	1333	283	125
Frio (13-16)	2654	547	194	1119	209	69
Frio Moderado (16-19)	1822	311	110	675	119	26
Ligeiramente Frio (19-22)	465	81	17	202	29	9
Confortável (22-25)	14	64	1	4	0	0
Ligeiramente Quente (25-28)	0	0	0	0	0	0
Quente Moderado (28-31)	0	0	0	0	0	0
Quente (31-34)	0	0	0	0	0	0
Muito Quente >34	0	0	0	0	0	0

Conforme mostra a Tabela 7, o índice TE em Ribeirão Preto apresenta maior frequência principalmente para as categorias “Ligeiramente Frio” (2152 dias) e “Confortável” (2312 dias), somando 10878 óbitos por DCV e 3815 óbitos por DRSP, com 93 dias na zona “Ligeiramente Quente” (205 óbitos por DCV e 92 óbitos por DRSP). Para o índice TEv, identifica-se faixas de “Frio” (1147 dias) e “Frio Moderado” (1341 dias) mais frequentes, somando 6339 óbitos por DCV e 2284 óbitos por DRSP, além de 40 dias classificados como “Ligeiramente Quente” (132 óbitos por DCV e 47 óbitos por DRSP).

Tabela 7 - Distribuição de óbitos por DCV e DRSP considerando os índices de conforto térmico para Ribeirão Preto no período de 1996 a 2017

Critério Fanger (°C)	TE (dias)	Nº de Óbitos		TEv (dias)	Nº de Óbitos	
		DCV	DRSP		DCV	DRSP
Muito Frio <13	29	87	31	523	1468	525
Frio (13-16)	272	735	304	1147	3000	1123
Frio Moderado (16-19)	1077	2958	1176	1341	3339	1161
Ligeiramente Frio (19-22)	2152	5371	1894	898	2390	865
Confortável (22-25)	2312	5507	1921	650	1778	581
Ligeiramente Quente (25-28)	93	205	92	40	132	47
Quente Moderado (28-31)	0	0	0	0	0	0
Quente (31-34)	0	0	0	0	0	0
Muito Quente >34	0	0	0	0	0	0

Na Tabela 8, os valores de TE para Santos demonstram maior frequência de sensação térmica para as categorias “Ligeiramente Frio” (2682 dias) e “Confortável” (2417 dias), com o total de 13634 óbitos por DCV e 5834 óbitos por DRSP. Além disso, apresenta 37 dias na zona “Quente Moderado” (138 óbitos por DCV e 48 óbitos por DRSP). Através dos valores de TEv foram identificados 1979 dias de “Frio Moderado” e 1863 dias “Ligeiramente Frio”, no qual compreende 10396 óbitos por DCV e 4442 óbitos por DRSP, e apenas 4 dias categorizados como “Quente Moderado” (8 óbitos por DCV e 5 óbitos por DRSP).

Tabela 8 - Distribuição de óbitos por DCV e DRSP considerando os índices de conforto térmico para Santos no período de 1996 a 2017

Critério Fanger (°C)	TE (dias)	Nº de Óbitos		TEv (dias)	Nº de Óbitos	
		DCV	DRSP		DCV	DRSP
Muito Frio <13	3	12	7	341	1075	465
Frio (13-16)	196	639	260	1572	4634	1940
Frio Moderado (16-19)	1134	3413	1474	1979	5474	2303
Ligeiramente Frio (19-22)	2682	7281	3111	1863	4922	2139
Confortável (22-25)	2417	6353	2723	1282	3475	1499
Ligeiramente Quente (25-28)	1427	3825	1604	280	849	329
Quente Moderado (28-31)	37	138	48	4	8	5
Quente (31-34)	0	0	0	0	0	0
Muito Quente >34	0	0	0	0	0	0

É possível notar que, as análises considerando zonas de conforto térmico para o período completo, indica padrões na ocorrência de mortalidades diante dos efeitos das variáveis meteorológicas, onde o clima mais frio de Campos do Jordão representa maior frequência de

dias classificados como “Muito Frio” a “Frio”, enquanto Ribeirão Preto e Santos apresentam clima mais quente, demonstrando maior ocorrência de dias “Ligeiramente Frio” e “Confortáveis”, e conseqüentemente, mais óbitos nestas categorias (COELHO, 2007; GONÇALVES *et al.*, 2007).

5.2.1.2 Período Frio e Quente

Embora as análises do período completo já apresentem um padrão característico da relação entre os ICTH e as mortalidades por DCV e DRSP, a influência entre os períodos (frio e quente) pode demonstrar variações relevantes dos índices de CTH para cada cidade.

Na Tabela 9, observa-se em Campos do Jordão que os valores de TE no período frio evidenciam maior número de dias na zona “Frio” (1609 dias) com 358 óbitos por DCV e 140 óbitos por DRSP. Em contrapartida, o índice TEv indica 1005 dias de “Muito Frio” (222 óbitos por DCV e 96 óbitos por DRSP).

Tabela 9 - Distribuição de óbitos por DCV e DRSP considerando os índices de conforto térmico para Campos do Jordão no período frio (abril a setembro) de 1996 a 2017

Critério Fanger (°C)	TE (dias)	Nº de Óbitos		TEv (dias)	Nº de Óbitos	
		DCV	DRSP		DCV	DRSP
Muito Frio <13	1099	266	108	1005	222	96
Frio (13-16)	1609	358	140	532	106	27
Frio Moderado (16-19)	368	67	23	192	37	13
Ligeiramente Frio (19-22)	44	6	0	24	1	1
Confortável (22-25)	0	0	0	0	0	0
Ligeiramente Quente (25-28)	0	0	0	0	0	0
Quente Moderado (28-31)	0	0	0	0	0	0
Quente (31-34)	0	0	0	0	0	0
Muito Quente >34	0	0	0	0	0	0

A Tabela 10 mostra o índice TE em Campos do Jordão no período quente mais associado a faixa de “Frio” (1454 dias) com 244 óbitos por DCV e 87 óbitos por DRSP, além de apresentar 14 dias na zona “Confortável” (4 óbitos por DCV e 1 óbito por DRSP). Observa-se no índice TEv máximo de dias na zona “Frio” (587 dias), e conseqüentemente, 103 óbitos por DCV e 42 óbitos por DRSP, além de 4 dias considerados “Confortável”, e sem óbito.

Tabela 10 - Distribuição de óbitos por DCV e DRSP considerando os índices de conforto térmico para Campos do Jordão no período quente (outubro a março) de 1996 a 2017

Critério Fanger (°C)	TE (dias)	Nº de Óbitos		TEv (dias)	Nº de Óbitos	
		DCV	DRSP		DCV	DRSP
Muito Frio <13	81	11	5	328	61	29
Frio (13-16)	1045	189	54	587	103	42
Frio Moderado (16-19)	1454	244	87	483	82	13
Ligeiramente Frio (19-22)	421	75	17	178	28	8
Confortável (22-25)	14	4	1	4	0	0
Ligeiramente Quente (25-28)	0	0	0	0	0	0
Quente Moderado (28-31)	0	0	0	0	0	0
Quente (31-34)	0	0	0	0	0	0
Muito Quente >34	0	0	0	0	0	0

De acordo com os valores de TE para Ribeirão Preto, no período frio foram registrados o maior número de dias classificados como “Ligeiramente Frio” (1257 dias) indicando 3288 óbitos por DCV e 1240 óbitos por DRSP, e somente 3 dias na categoria “Ligeiramente Quente” (6 óbitos por DCV e 2 óbitos por DRSP). Já os valores de TEv apresentam maior frequência na zona de “Frio” (793 dias) com 2163 óbitos por DCV e 847 óbitos por DRSP, e nenhum dia relacionado a categoria “Ligeiramente Quente” (Tabela 11).

Tabela 11 - Distribuição de óbitos por DCV e DRSP considerando os índices de conforto térmico para Ribeirão Preto no período frio (abril a setembro) de 1996 a 2017

Critério Fanger (°C)	TE (dias)	Nº de Óbitos		TEv (dias)	Nº de Óbitos	
		DCV	DRSP		DCV	DRSP
Muito Frio <13	29	0	0	474	1350	498
Frio (13-16)	271	731	303	793	2163	847
Frio Moderado (16-19)	988	2753	1120	495	1306	541
Ligeiramente Frio (19-22)	1257	3288	1240	372	1084	429
Confortável (22-25)	376	887	344	136	401	145
Ligeiramente Quente (25-28)	3	6	2	0	0	0
Quente Moderado (28-31)	0	0	0	0	0	0
Quente (31-34)	0	0	0	0	0	0
Muito Quente >34	0	0	0	0	0	0

Nota-se na Tabela 12 que no período quente em Ribeirão Preto o índice TE não exibe dias na faixa de “Muito Frio”. Porém, foram identificados mais dias classificado como “Confortável” (1936 dias), e refere-se a 4620 óbitos por DCV e 1577 óbitos por DRSP. Entretanto, verifica-se valores de TEv com 846 dias considerado como “Frio Moderado” (2033

óbitos por DCV e 620 óbitos por DRSP). Além disso, é observado 90 dias na categoria “Ligeiramente Quente” (199 óbitos por DCV e 90 óbitos por DRSP) e 40 dias (sem óbito) para os índices TE e TEV, respectivamente.

Tabela 12 - Distribuição de óbitos por DCV e DRSP considerando os índices de conforto térmico para Ribeirão Preto no período quente (outubro a março) de 1996 a 2017

Critério Fanger (°C)	TE (dias)	Nº de Óbitos		TEv (dias)	Nº de Óbitos	
		DCV	DRSP		DCV	DRSP
Muito Frio <13	0	0	0	49	118	27
Frio (13-16)	1	4	1	354	837	276
Frio Moderado (16-19)	89	205	56	846	2033	620
Ligeiramente Frio (19-22)	895	2083	654	526	1306	436
Confortável (22-25)	1936	4620	1577	514	132	47
Ligeiramente Quente (25-28)	90	199	90	40	0	0
Quente Moderado (28-31)	0	0	0	0	0	0
Quente (31-34)	0	0	0	0	0	0
Muito Quente >34	0	0	0	0	0	0

Conforme mostra a Tabela 13, o período frio em Santos apresenta maior número de dias na categoria “Ligeiramente Frio” (1832 dias) para o índice TE, revelando 5270 óbitos por DCV e 2193 óbitos por DRSP. Além disso, verifica-se um único dia classificado como “Quente Moderado” e um óbito por DCV e DRSP. Todavia, os valores de TEv indicam máximo de dias na zona “Frio” (1239 dias) com 3727 óbitos por DCV e 1457 óbitos por DRSP, e observa-se 26 dias na zona “Ligeiramente Quente” (75 óbitos por DCV e 21 óbitos por DRSP).

Tabela 13 - Distribuição de óbitos por DCV e DRSP considerando os índices de conforto térmico para Santos no período frio (abril a setembro) de 1996 a 2017

Critério Fanger (°C)	TE (dias)	Nº de Óbitos		TEv (dias)	Nº de Óbitos	
		DCV	DRSP		DCV	DRSP
Muito Frio <13	3	12	7	327	1032	451
Frio (13-16)	195	638	259	1239	3727	1457
Frio Moderado (16-19)	1037	3136	1360	1202	3462	1457
Ligeiramente Frio (19-22)	1832	5270	2193	618	1659	743
Confortável (22-25)	715	1929	869	206	552	276
Ligeiramente Quente (25-28)	170	440	179	26	75	21
Quente Moderado (28-31)	1	1	1	0	0	0
Quente (31-34)	0	0	0	0	0	0
Muito Quente >34	0	0	0	0	0	0

Em relação ao período quente em Santos não foram observados dias classificados como “Muito Frio” para o índice TE, porém, identifica-se maior frequência na categoria “Confortável” (1702 dias) apresentando 4424 óbitos por DCV e 1854 óbitos DRSP, e 36 dias considerado “Quente Moderado” (135 óbitos por DCV e 47 óbitos por DRSP). Por sua vez, o índice TEv registrou mais dias classificados como “Ligeiramente Frio” (1245 dias), com 3263 óbitos por DCV e 1396 óbitos por DRSP, e 4 dias categorizado “Quente Moderado” (8 óbitos por DCV e 5 óbitos por DRSP) (Tabela 14).

Tabela 14 - Distribuição de óbitos por DCV e DRSP considerando os índices de conforto térmico para Santos no período quente (outubro a março) de 1996 a 2017

Critério Fanger (°C)	TE (dias)	Nº de Óbitos		TEv (dias)	Nº de Óbitos	
		DCV	DRSP		DCV	DRSP
Muito Frio <13	0	0	0	14	43	14
Frio (13-16)	1	1	1	333	907	345
Frio Moderado (16-19)	97	277	114	777	2012	846
Ligeiramente Frio (19-22)	850	2211	918	1245	3263	1396
Confortável (22-25)	1702	4424	1854	1076	2923	1223
Ligeiramente Quente (25-28)	1257	3385	1425	254	774	308
Quente Moderado (28-31)	36	135	47	4	8	5
Quente (31-34)	0	0	0	0	0	0
Muito Quente >34	0	0	0	0	0	0

Diante do exposto, é avaliado que no período frio as categorias de “Muito Frio” a “Frio” apresentam maior frequência de ocorrência em Campos do Jordão, e “Frio Moderado” a “Ligeiramente Frio” em Ribeirão Preto e Santos.

Enquanto isso, no período quente, apesar do acréscimo de dias nas categorias “Confortável” para Campos do Jordão, são mais frequentes dias classificados como “Frio” e “Frio Moderado”, bem como as demais cidades, apresentam mais dias “Confortável”, com dias “Ligeiramente Quente” e “Quente Moderado”, em Ribeirão Preto e Santos, respectivamente. Ressalta-se que, quanto maior a frequência de dias, mais óbitos estão relacionados as zonas de conforto térmico categorizadas e as classes mais amenas são observadas, em especial, no índice TEv.

5.2.2 Análises estatísticas

Para avaliar a influência dos aspectos climáticos na mortalidade dos idosos foram utilizados métodos estatísticos capazes de estabelecer associações entre clima e saúde. Desta forma, no item 5.2.2.1 será apresentado a Análise de Componentes Principais, seguido pela Matriz Correlação (item 5.2.2.2). Já no item 5.2.2.3 será mostrado o risco relativo de mortalidade no clima presente, e no item 5.2.2.4 o excesso de mortalidade no clima futuro.

5.2.2.1 Análise de Componentes Principais (ACP)

As análises de componentes principais apresentadas nas Tabelas 15 a 20 mostram comunalidades (h^2) e os três fatores encontrados através da rotação VARIMAX. O método foi aplicado considerando as variáveis meteorológicas (temperatura média - T, umidade relativa - UR e velocidade do vento - VV), os índices de conforto térmico (TE e TEv) e o número de óbitos (DCV e DRSP) para todo período de estudo utilizando lag 3 e separado por período frio e quente.

Os três fatores de Campos do Jordão somaram 75% da variância explicada. Observa-se associações significantes somente na segunda componente, do qual explica 16% da variância da mortalidade por DCV com associação forte negativa (0,85) com a T (-0,20) e o TE (-0,21), além da mortalidade por DRSP (0,53) estar relacionada com as mesmas variáveis (Tabela 15).

Tabela 15 - ACP das mortalidades e variáveis meteorológicas para todo o período com lag 3

Campos do Jordão	DCV	DRSP	T	UR	VV	TE	TEv	Var Expl. (%)
Fator 1	0,01	-0,16	0,92	-0,05	-0,62*	0,92	0,99	44
Fator 2	0,85	0,53*	-0,20*	-0,04	-0,18	-0,21*	-0,07	16
Fator 3	-0,17	0,12	-0,16	0,91	-0,39*	-0,09	0,03	15
h ²	0,75	0,32	0,91	0,84	0,57	0,9	0,98	75

Correlações estatisticamente significantes em negrito e associações fracas com (*).

A Tabela 16 mostra que o período frio obteve variância explicada de 77% dos três fatores, sendo 16% de variância do segundo fator entre a associação fraca negativa da mortalidade por DCV (-0,21) com a T (-0,23), UR (0,87) e VV (-0,45), enquanto apresenta relação fraca positiva com óbitos por DRSP (0,22).

A variância explicada do período quente é 77% e não se observa associações com significância estatística.

Tabela 16 - ACP das mortalidades e variáveis meteorológicas para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março)

Período	Campos do Jordão	DCV	DRSP	T	UR	VV	TE	TEv	Var Expl. (%)
Frio	Fator 1	-0,01	-0,11	0,92	-0,12	-0,69	0,91	0,98	45
	Fator 2	-0,21*	0,22*	-0,23*	0,87	-0,45*	-0,19	0,03	16
	Fator 3	0,82	0,61*	-0,13	0	-0,08	-0,14	-0,04	16
	h ²	0,72	0,43	0,91	0,76	0,68	0,88	0,97	77
Quente	Fator 1	0,09	-0,16	0,91	-0,16	-0,73	0,93	0,98	46
	Fator 2	-0,16	0,14	0,32*	-0,88	0,43*	0,21*	-0,01	16
	Fator 3	0,78	0,65	0,04	0,03	0,15	0,04	-0,15	15
	h ²	0,64	0,46	0,93	0,8	0,75	0,91	0,99	77

Correlações estatisticamente significantes em negrito e associações fracas com (*).

Na Tabela 17, é observado que em Ribeirão Preto, os três fatores da ACP somaram 83% de variância explicada. O primeiro fator explica 38 % de variância com associação fraca negativa dos óbitos por DRSP (-0,41) com associação positiva significativa da T (0,98), TE (0,96) e TEv (0,76). No segundo fator ficaram retido 23% da variância explicada apresentando associação positiva das mortes por DCV (0,84) e DRSP (0,38) com efeito negativo da UR (-0,86) e fraca influência negativa do TE (-0,20). O terceiro fator explica 22 % da variância no

qual a associação positiva fraca da mortalidade por DRSP (0,39) está relacionada com UR (0,27), TEv (0,63) e efeito negativo da VV (-0,94).

Tabela 17 - ACP das mortalidades e variáveis meteorológicas para todo o período com lag 3

Ribeirão Preto	DCV	DRSP	T	UR	VV	TE	TEv	Var Expl. (%)
Fator 1	-0,12	-0,41*	0,98	-0,02	-0,01	0,96	0,76	38
Fator 2	0,84	0,38*	0,04	-0,86	0,09	-0,2	-0,01	23
Fator 3	0,14	0,39*	-0,07	0,27*	-0,94	0,01	0,63*	22
h ²	0,74	0,47	0,97	0,81	0,9	0,96	0,98	83

Correlações estatisticamente significantes em negrito e associações fracas com (*).

Conforme mostra a Tabela 18, o período frio exhibe 85% de variância explicada entre todos os fatores, sendo que o fator 1 explica 36% da variância, com associação fraca negativa da mortalidade por DRSP (-0,27) com a T (0,99), UR (-0,22), TE (0,96) e TEv (0,69). Para o fator 2 é retido 25% de variância explicada demonstrando associação fraca positiva da mortalidade por DRSP (0,38) com UR (0,48) e TEv (0,70), e influência negativa da VV (-0,95). A variância explicada do fator 3 é 24% com associação positiva entre mortalidade por DCV (0,86) e DRSP (0,56) e negativa com a UR (-0,75).

Os três fatores do período quente explicam 81% de variância, somente o fator 3 demonstra significância estatística com 23% da variância explicada da mortalidade por DCV (0,89) sob forte influência negativa da UR (-0,84) e associação fraca negativa com o TE (-0,27).

Tabela 18 - ACP das mortalidades e variáveis meteorológicas para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março)

Período	Ribeirão Preto	DCV	DRSP	T	UR	VV	TE	TEv	Var Expl. (%)
Frio	Fator 1	-0,09	-0,27*	0,99	-0,22	-0,02	0,96	0,69	36
	Fator 2	0,07	0,38*	-0,07	0,48*	-0,95	0,06	0,70	25
	Fator 3	0,86	0,56*	0,01	-0,75	0	-0,19	0,11	24
	h ²	0,75	0,53	0,98	0,84	0,9	0,96	0,97	85
Quente	Fator 1	-0,17	0,18	0,96	-0,30*	0,09	0,89	0,43*	29
	Fator 2	0,12	-0,03	0,20*	0,22*	-0,96	0,33*	0,89	28
	Fator 3	0,89	0,03	0,14	-0,84	0,08	-0,27*	0,05	23
	h ²	0,84	0,03	0,99	0,84	0,93	0,96	0,99	80

Correlações estatisticamente significantes em negrito e associações fracas com (*).

De acordo com as análises de Santos, os três fatores explicam 80% da variância, visto que o primeiro fator, explica 45% da variância, obtida através da mortalidade por DCV (-0,23) que apresenta associação fraca positiva com a T (0,97), TE (0,98) e TEv (0,99), e negativamente da UR (-0,33) e VV (-0,29). O fator 2 mostra a relação negativa da mortalidade por DCV (0,49) com a VV (-0,69) e forte influência com a mortalidade por DRSP (0,78), dispendo de 22% de variância explicada. Além disso, o terceiro fator apresenta 15% de variância explicada entre a mortalidade por DCV (0,58) e associado negativamente à UR (-0,77) e positivamente a VV (0,24) (Tabela 19).

Tabela 19 - ACP das mortalidades e variáveis meteorológicas para todo o período com lag 3

Santos	DCV	DRSP	T	UR	VV	TE	TEv	Var Expl. (%)
Fator 1	-0,23*	0,03	0,97	-0,33*	0,29*	0,98	0,99	45
Fator 2	0,49*	0,78	-0,17	0,17	-0,69	-0,16	-0,06	20
Fator 3	0,58*	0,10	0,14	-0,77	0,24*	0,07	0,07	15
h ²	0,63	0,63	0,99	0,73	0,61	0,99	0,98	80

Correlações estatisticamente significantes em negrito e associações fracas com (*).

Em relação a Tabela 20, verifica-se que o período frio está representado por 79% da variância explicada dos três fatores. O primeiro fator explica 43% da variância, o qual a mortalidade por DCV (-0,20) possui associação positiva fraca com a T (0,96), TE (0,96) e TEv (0,99) e negativa com a UR (-0,35), seguida do fator 2, responsável pela mortalidade por DCV (0,70) e DRSP (0,73) estar sob forte influência negativa da UR (-0,25) e VV (-0,39) do qual explica 19% da variância.

A variância do período quente é explicada por 81%, deste valor 18%, representa o segundo fator em que a mortalidade por DCV (0,80) e DRSP (0,72) está associada negativamente com a UR (-0,23) e VV (-0,23).

Tabela 20 - ACP das variáveis meteorológicas e da mortalidade para o período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março)

Período	Santos	DCV	DRSP	T	UR	VV	TE	TEv	Var Expl. (%)
Frio	Fator 1	-0,20*	-0,05	0,96	-0,35*	-0,02	0,96	0,99	43
	Fator 2	0,70	0,73	-0,14	-0,25*	-0,39*	-0,18	-0,09	19
	Fator 3	-0,01	-0,07	0,21*	-0,73	0,79	0,14	0,04	17
	h ²	0,53	0,54	0,99	0,72	0,77	0,98	1	79
Quente	Fator 1	0	0,04	0,99	-0,57*	-0,04	0,99	0,99	47
	Fator 2	0,80	0,72	0,02	-0,23*	-0,23*	-0,02	0,04	18
	Fator 3	0	-0,13	0,10	-0,55*	0,90	0,04	-0,04	16
	h ²	0,63	0,54	0,99	0,67	0,87	0,97	0,99	81

Correlações estatisticamente significantes em negrito e associações fracas com (*).

Em suma, para Campos do Jordão o aumento da mortalidade pode estar relacionado a menores valores de T e TE (EUROWINTER, 1997; MCMICHAEL *et al.*, 2008), bem como, no período frio a mortalidade por DRSP pode estar associada a baixas temperaturas e aumento da UR.

Ribeirão Preto apresenta relação de aumento de mortalidade com a redução do índice TE e UR, indicando que o ar frio e seco pode elevar o estresse ao frio (MARTENS, 1998). Por outro lado, é observado que o aumento da temperatura pode estar associado a diminuição da mortalidade por DRSP. Já no período frio o aumento da mortalidade pode ser causado pela redução da UR, e no período quente a ocorrência de mortalidade por DCV pode estar associado a redução da UR e TE.

Por fim, Santos apresenta aumento da mortalidade com a redução da velocidade do vento corroborando com estudos que relacionam o ambiente quente e úmido com menores valores de VV, podem proporcionar desconforto térmico (SANTOS; AMORIM; CAVALCANTE, 2014). A diminuição da mortalidade por DCV pode estar relacionada ao aumento da temperatura e índices de CTH e redução de UR, isso também é observado no período frio. Em ambos os períodos a mortalidade por DCV e DRSP pode aumentar devido a redução da umidade relativa e velocidade do vento, sendo assim, essas condições podem aumentar a quantidade de material particulado na atmosfera, podendo contribuir para desencadear efeitos na saúde (KAMPA; CASTANAS, 2008; SALDIVA *et al.*, 1995).

5.2.2.2 Matriz Correlação

A matriz correlação presente na Tabela 21 mostra os coeficientes de correlação de *Spearman* entre a mortalidade por DCV e DRSP, variáveis meteorológicas e os índices de conforto térmico (TE e TEv) com defasagem de 3 dias para Campos do Jordão. Observa-se no período completo correlação significativa muito baixa para mortalidades por DCV e DRSP com a redução da temperatura média e índice de conforto térmico TE ($rs=-0,11$), enquanto, a redução do índice TEv pode estar associado ao aumento da mortalidade por DRSP ($rs=-0,15$).

Tabela 21 – Correlação de Spearman da mortalidade por DCV e DRSP, variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico com lag de 3 dias para Campos do Jordão no período completo de 1996 a 2017

	DCV	DRSP	T	UR	VV	TE	TEv
DCV	1						
DRSP	0.064	1					
T	-0.11	-0.11	1				
UR	-0.0084	0.017	-0.089	1			
VV	0.039	0.085	-0.28	0.031	1		
TE	-0.11	-0.11	0.99	-0.016	-0.27	1	
TEv	-0.087	-0.15	0.89	-0.12	-0.65	0.88	1

Correlações estatisticamente significantes em negrito.

Na Tabela 22 é observado no período frio em Campos do Jordão correlação muito fraca estatisticamente significativa entre a mortalidade por DCV e a redução do índice TE, assim como, para a mortalidade por DRSP e o índice TEv com $rs=-0,10$ em ambos os casos.

Com relação ao período quente, a VV e o índice TEv pode estar associado ao aumento da mortalidade por DRSP com coeficientes de $rs=0,12$ e $rs=-0,18$, respectivamente.

Tabela 22 – Coeficientes da correlação de Spearman da mortalidade por DCV e DRSP, variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico para Campos do Jordão no período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) de 1996 a 2017

	DCV	DRSP	T	UR	VV	TE	TEv	
Frio	DCV	1						
	DRSP	0.052	1					
	T	-0.089	-0.08	1				
	UR	-0.0043	0.038	-0.22	1			
	VV	0.078	0.063	-0.38	0.064	1		
	TE	-0.1	-0.086	0.99	-0.16	-0.37	1	
	TEv	-0.078	-0.1	0.85	-0.2	-0.76	0.85	1
	Quente	DCV	1					
DRSP		0.06	1					
T		0.005	-0.066	1				
UR		0.041	0.033	-0.35	1			
VV		0.016	0.12	-0.42	-0.033	1		
TE		0.018	-0.057	0.98	-0.24	-0.43	1	
TEv		-0.0071	-0.18	0.88	-0.27	-0.75	0.89	1

Correlações estatisticamente significantes em negrito.

Observa-se na Tabela 23 os valores dos coeficientes de *Spearman* para Ribeirão Preto no período completo considerando a mortalidade por DCV e DRSP, variáveis meteorológicas e os índices de conforto térmico com defasagem de 3 dias. A T ($rs=-0,12$), UR ($rs=-0,51$) e índice TE ($-0,27$) apresentam correlações negativas significantes com a mortalidade por DCV, sendo mais relevante a associação com a baixa UR. Para mortalidade por DRSP é observado correlação negativa e significativa com a T ($rs=-0,32$), UR ($rs=-0,16$), VV ($rs=-0,14$), índices TE ($rs=-0,35$) e TEv ($rs=-0,18$).

Tabela 23 – Coeficientes da correlação de Spearman da mortalidade por DCV e DRSP, variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico para Ribeirão Preto no período completo de 2000 a 2017

	DCV	DRSP	T	UR	VV	TE	TEv
DCV	1						
DRSP	0.2	1					
T	-0.12	-0.32	1				
UR	-0.51	-0.16	-0.044	1			
VV	-0.049	-0.14	0.1	-0.22	1		
TE	-0.27	-0.35	0.95	0.25	0.034	1	
TEv	0.069	-0.18	0.65	0.19	-0.59	0.69	1

Correlações estatisticamente significantes em negrito.

A Tabela 24 mostra no período frio correlação moderada com significância estatística da umidade relativa com a mortalidade por DCV de $rs=-0,49$. Por sua vez, observa-se correlação negativa significativa do índice TE ($rs=-0,22$) e positiva do índice TEv ($rs=0,15$). Para a

mortalidade por DRSP nota-se correlação negativa muito baixa e significativa com a T ($rs=-0,19$) e o índice TE ($rs=-0,24$).

No período quente a T ($rs=-0,54$) e o índice TE ($rs=-0,29$) apresentam correlação negativa significativa com a mortalidade por DCV. Já a redução da VV indica correlação muito baixa com a mortalidade por DRSP ($rs=-0,12$).

Tabela 24 - Correlação de Spearman da mortalidade separado por DCV e DRSP, variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico para Ribeirão Preto no período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) de 2000 a 2017

	DCV	DRSP	T	UR	VV	TE	TEv
Frio	DCV	1					
	DRSP	0.35	1				
	T	-0.088	-0.19	1			
	UR	-0.49	-0.19	-0.2	1		
	VV	-0.058	-0.059	0.094	-0.34	1	
	TE	-0.22	-0.24	0.96	0.047	0.0014	1
	TEv	0.15	-0.044	0.56	0.13	-0.67	0.62
Quente	DCV	1					
	DRSP	-0.065	1				
	T	-0.027	0.012	1			
	UR	-0.54	0.094	-0.35	1		
	VV	0.038	-0.12	-0.084	-0.23	1	
	TE	-0.29	0.065	0.87	0.099	-0.2	1
	TEv	0.089	0.075	0.6	0.049	-0.76	0.68

Correlações estatisticamente significantes em negrito.

A matriz correlação de *Spearman* para a mortalidade, variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico com defasagem de 3 dias no período completo em Santos pode ser vista na Tabela 25. Observa-se correlação negativa muito baixa e significativa entre a mortalidade por DCV e DRSP com a T ($rs=-0,20$ e $rs=-0,15$), VV ($rs=-0,23$ e $rs=-0,22$), índices TE ($rs=-0,20$ e $rs=-0,16$) e TEv ($rs=-0,17$ e $rs=-0,13$), respectivamente.

Tabela 25 - Correlação de Spearman da mortalidade separado por DCV e DRSP, variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico para Santos no período completo de 2000 a 2017

	DCV	DRSP	T	UR	VV	TE	TEv
DCV	1						
DRSP	0.17	1					
T	-0.2	-0.15	1				
UR	0.064	0.018	-0.42	1			
VV	-0.23	-0.22	0.43	-0.2	1		
TE	-0.2	-0.16	1	-0.35	0.43	1	
TEv	-0.17	-0.13	0.99	-0.36	0.31	0.99	1

Correlações estatisticamente significantes em negrito.

A Tabela 26 mostra que no período frio os coeficientes de correlação são negativos e significativos para T ($r_s=-0,25$ e $r_s=-0,18$), VV ($r_s=-0,20$ e $r_s=-0,16$), índices TE ($r_s=-0,26$ e $r_s=-0,19$) e TEv ($r_s=-0,23$ e $r_s=-0,15$) para mortalidade por DCV e DRSP, respectivamente.

Por outro lado, no período quente nota-se correlação muito baixa e significativa com a redução da VV associada a mortalidade por DCV ($r_s=-0,20$) e DRSP ($r_s=-0,17$).

Tabela 26 - Correlação de Spearman da mortalidade separado por DCV e DRSP, variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico para Santos no período frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) de 1996 a 2017

		DCV	DRSP	T	UR	VV	TE	TEv
Frio	DCV	1						
	DRSP	0.18	1					
	T	-0.25	-0.18	1				
	UR	0.089	0.046	-0.41	1			
	VV	-0.2	-0.16	0.22	-0.18	1		
	TE	-0.26	-0.19	0.99	-0.33	0.21	1	
	TEv	-0.23	-0.15	0.98	-0.34	0.047	0.98	1
	Quente	DCV	1					
DRSP		0.12	1					
T		-0.043	0.00085	1				
UR		0.017	-0.027	-0.57	1			
VV		-0.2	-0.17	0.079	-0.2	1		
TE		-0.042	-0.0012	0.99	-0.48	0.058	1	
TEv		-0.0087	0.039	0.99	-0.48	-0.038	0.99	1

Correlações estatisticamente significantes em negrito.

Em resumo, é observado correlação muito baixa e significativa entre as mortalidades em idosos, variáveis meteorológicas e ICTH's (COELHO; GONCALVES; LATORRE, 2010; LASCHEWSKI; JENDRITZKY, 2002; SOUZA; SANTOS; APARECIDA, 2014). Deste modo, o aumento da mortalidade pode estar associado principalmente a redução da temperatura média e do índice TE nas três cidades de estudo. Nota-se que Ribeirão Preto apresentou os maiores valores de correlação, especialmente, entre a mortalidade por DCV e a baixa umidade relativa no período completo e frio, assim como, a redução da temperatura média no período quente (BARRECA, 2012). Destaca-se que as associações encontradas na matriz correlação corroboram com os resultados da ACP discutidos anteriormente.

5.2.2.3 Risco de Mortalidade

Nesta seção será apresentado o risco relativo de mortalidade para o período presente através da análise de associação entre os fatores de exposição (temperatura média, índices TE e TEv) e resposta (mortalidade por DCV e DRSP) obtidos a partir do Modelo Linear Generalizado (MLG), combinado ao modelo não-linear de atraso distribuído (DLNM, em inglês), responsável por atribuir o *lag* a análise, isto é, o tempo de atraso entre a exposição e a ocorrência de mortalidade.

Para a escolha dos modelos foram realizadas análises de sensibilidade conforme apresentado no APÊNDICE B. Deste modo, utilizou-se modelos com atraso de 0 a 7, 0 a 14 e 0 a 21 dias, do qual o último apresentou o melhor ajuste para as três cidades de estudo. Diversos estudos que associam temperatura-mortalidade aplicam a abordagem de verificação da qualidade do ajuste dos modelos (CHEN, 2017; FERREIRA *et al.*, 2019; GASPARRINI *et al.*, 2017a; LEE *et al.*, 2020).

Ressalta-se que, nesta análise foi utilizado a somatória de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias, para obter respostas mais significativas dos modelos, visto que, a mortalidade diária de idosos causada por essas doenças apresentam muitos dias sem óbitos nas três cidades de estudo, principalmente, Campos do Jordão que possui menor população. Outro ponto importante é o intervalo utilizado nas análises, para o clima presente considerou-se 1996 a 2017 para as cidades de estudo, exceto, Ribeirão Preto que apresenta dados meteorológicos a partir do ano 2000.

5.2.2.3.1 Avaliação do ajuste do MLG

Para avaliar o ajuste do MLG foi utilizado o Pseudo-R² considerando as diferentes variáveis de exposição e períodos, como pode ser visto nas tabelas abaixo. No período completo observa-se que o Pseudo-R² é igual ou maior a 0,95 para temperatura média e os índices de conforto térmico TE e TEv em Ribeirão Preto e Santos, indicando alto nível de significância do modelo aplicado. No entanto, para Campos do Jordão é observado valores inferiores a 0,60 para temperatura média e índice TE, o que demonstra ajuste razoável dos modelos, e observa-se Pseudo-R²=0,86 para o índice TEv (Tabela 27).

Tabela 27 – Pseudo-R² do MLG para temperatura média e índices TE e TEv no período completo

Cidades	Temperatura Média	Temperatura Efetiva	Temperatur Efetiva em função do vento
Campos do Jordão	0,55	0,59	0,86
Ribeirão Preto	0,96	0,96	0,97
Santos	0,95	0,95	0,96

Na Tabela 28 é exibido o Pseudo-R² para o período frio e quente, nota-se ótima qualidade do ajuste do modelo com valores de Pseudo-R² variando entre 0,96 e 0,98 para Ribeirão Preto e Santos em ambos os períodos (SMITH; MCKENNA, 2013). Entretanto, em Campos do Jordão é observado valores abaixo de 0,70 para temperatura média e índice TE, com maior precisão do ajuste do modelo para o índice TEv com Pseudo-R²=0,89 (período frio) e 0,93 (período quente).

Tabela 28 – Pseudo-R² do MLG para temperatura média e índices TE e TEv no período frio (abril a setembro) e no período quente (outubro a março)

Período	Cidades	Temperatura Média	Temperatura Efetiva	Temperatur Efetiva em função do vento
Frio	Campos do Jordão	0,60	0,65	0,89
	Ribeirão Preto	0,97	0,97	0,98
	Santos	0,96	0,96	0,97
Quente	Campos do Jordão	0,67	0,68	0,93
	Ribeirão Preto	0,96	0,96	0,98
	Santos	0,97	0,97	0,97

5.2.2.3.2 Temperatura média

A Figura 21 mostra o efeito estimado da temperatura média ao longo de 21 dias sobre a mortalidade. Verifica-se amplas faixas de temperatura confortável onde os riscos relativos de mortalidade são próximos de 1. Santos evidencia associação com o calor extremo no período completo, enquanto, Ribeirão Preto demonstra associação ao frio e calor em todos os períodos, com maior risco de mortalidade sob efeito do calor no período frio e o inverso no período quente. Devido a má qualidade do ajuste dos modelos para Campos do Jordão os gráficos que apresentam exposição-mortalidade encontram-se no APÊNDICE C.

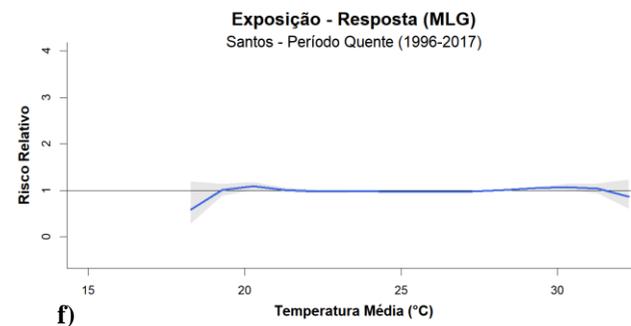
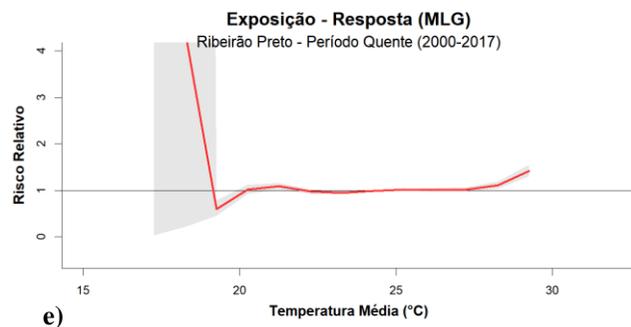
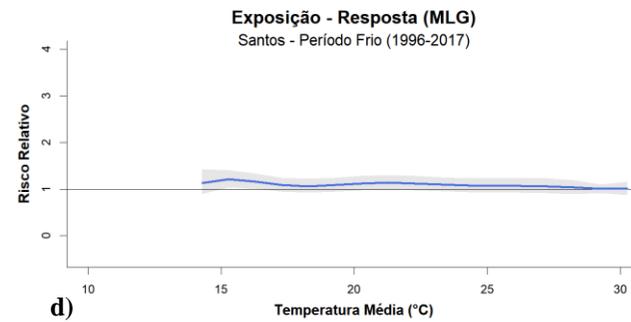
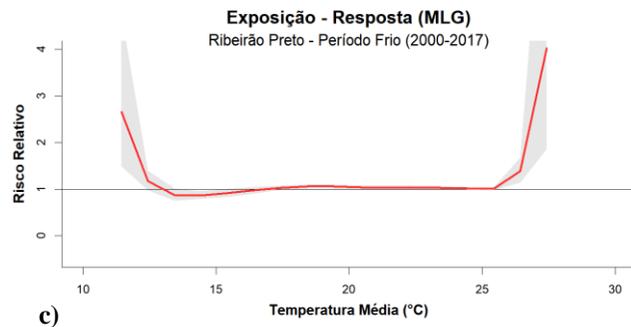
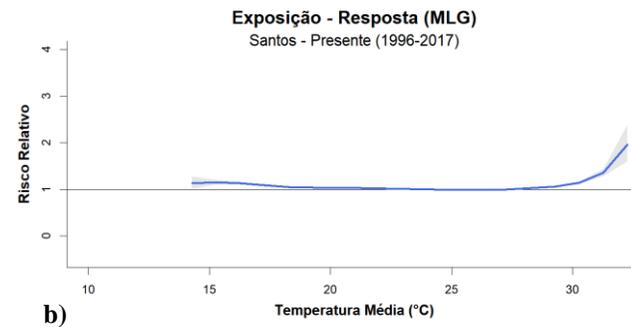
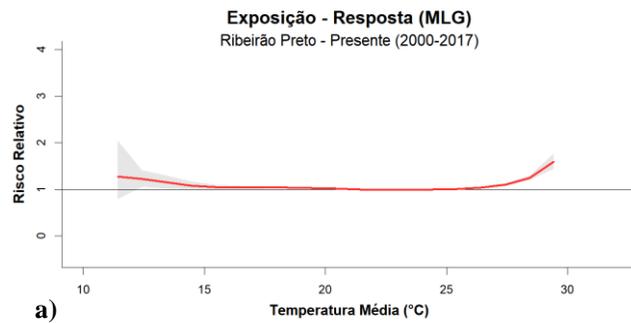


Figura 21 - Risco relativo acumulado de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias considerando a exposição à temperatura média para a-c-e) Ribeirão Preto (2000-2017) e b-d-f) Santos (1996-2017) nos períodos completo, frio e quente (de cima para baixo). As linhas coloridas representam cada cidade (vermelho – Ribeirão Preto e azul – Santos) e o sombreado em cinza são os intervalos de confiança de 95%.

O risco relativo de mortalidade no clima presente apresenta efeitos associados ao calor e frio quando considerado o nonagésimo nono percentil (99%) e primeiro percentil (1%) da temperatura média, respectivamente. Esses percentis indicam valores abaixo e acima da Temperatura de Mínima Mortalidade (TMM), ou seja, valores diferentes de TMM apresentam maior risco de mortalidade.

Diante disto, a Tabela 29 mostra que TMM é menor em Campos do Jordão (20,1 °C) e maior em Santos (27,3 °C), o que revela valores de temperatura média acima ou abaixo desses limiares podem contribuir para o aumento do risco de mortalidade. Sendo assim, nota-se maior risco de mortalidade em Campos do Jordão, Ribeirão Preto e Santos devido ao efeito do calor RR = 1,13 (95% IC: 0,77–1,67) e RR = 1,13 (95% IC: 1,10–1,17) e RR=1,10 (95% IC: 1,07–1,12), respectivamente.

Tabela 29 – Risco relativo de mortalidade considerando exposição a temperatura média associado aos efeitos do calor (99 percentis) e frio (1 percentil) versus a Temperatura de Mínima Mortalidade (TMM) para o período presente de 1996 a 2017 nas cidades de estudo, exceto, Ribeirão Preto (2000-2017)

Cidades	TMM (°C)	Efeito do calor associado a Temperatura Média (95% IC)	Efeito do frio associado a Temperatura Média (95% IC)
Campos do Jordão	20,1	1,13(0,77-1,67)	0,95(0,71-1,28)
Ribeirão Preto	24,9	1,13(1,10-1,17)	1,04(0,99-1,08)
Santos	27,3	1,10(1,07-1,12)	1,09(1,06-1,11)

A Tabel 30 mostra a exposição da temperatura média no período frio e quente, observa-se que a TMM permanece com o mesmo padrão do período completo, onde o intervalo quente exhibe valores muito próximos ao visto anteriormente.

No período frio a redução da temperatura média pode estar associada ao aumento do risco de mortalidade em Campos do Jordão (RR = 3,40; 95% IC: 0,86–13,47) e Santos (RR=1,13;95% IC: 0,98–1,30). Já Ribeirão Preto apresenta o efeito inverso, isto é, o calor provocado por valores elevados de temperatura média pode contribuir para o maior risco de mortalidade com RR = 1,28 (95% IC: 1,10–1,49).

Para o período quente é observado padrão semelhante ao intervalo frio, com aumento do risco de mortalidade relacionado a baixas temperaturas em Santos (RR=1,09;95% IC: 1,01–1,18) e a altas temperaturas em Ribeirão Preto (RR = 1,11; 95% IC: 1,03–1,19). Entretanto, o risco relativo em Campos do Jordão ficou abaixo de 1, possivelmente em decorrência da má qualidade do ajuste do modelo.

Tabela 30 - Risco relativo de mortalidade considerando exposição a temperatura média associado aos efeitos do calor (99 percentis) e frio (1 percentil) versus a Temperatura de Mínima Mortalidade (TMM) para o intervalo frio e quente do período presente de 1996 a 2017 nas cidades de estudo, exceto, Ribeirão Preto (2000-2017)

Período	Cidades	TMM (°C)	Efeito do calor associado a Temperatura Média (95% IC)	Efeito do frio associado a Temperatura Média (95% IC)
Frio	Campos do Jordão	18,7	0,31(0,01-11,00)	3,40(0,86-13,47)
	Ribeirão Preto	24,8	1,28(1,10-1,49)	0,90(0,81-0,99)
	Santos	29,8	1,04(0,90-1,20)	1,13(0,98-1,30)
Quente	Campos do Jordão	20,2	0,71 (0,45–1,14)	0,70 (0,47–1,03)
	Ribeirão Preto	24,6	1,11(1,03-1,19)	1,03(0,94-1,13)
	Santos	28	1,07(1,01-1,14)	1,09(1,01-1,18)

5.2.2.3.3 Índices de Conforto Térmico Humano

Os efeitos cumulativos do índice TE na mortalidade de idosos para o clima presente é apresentado na Figura 22. O risco relativo é próximo a 1 para uma ampla faixa de TE, principalmente, no período completo, porém, nota-se o aumento do risco de mortalidade sob o efeito da redução do índice TE para Ribeirão e Santos no período frio. Por outro lado, valores extremos de TE podem indicar maior risco de mortalidade em Santos (período completo). As curvas de exposição-mortalidade para Campos do Jordão estão presentes no APÊNDICE C.

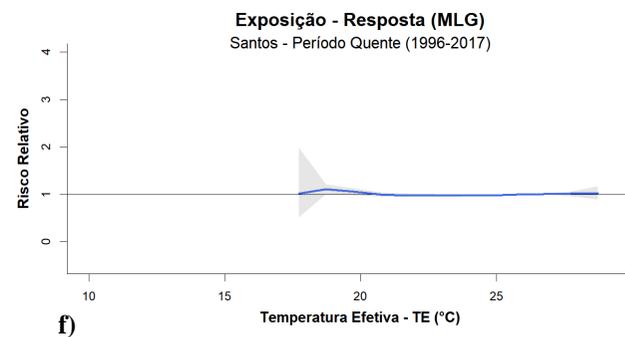
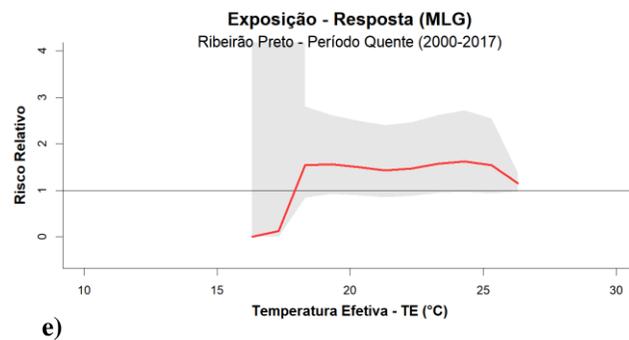
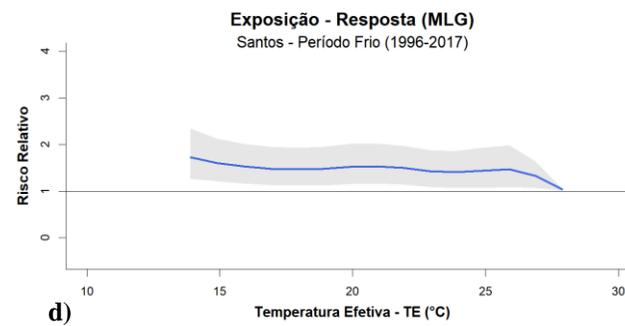
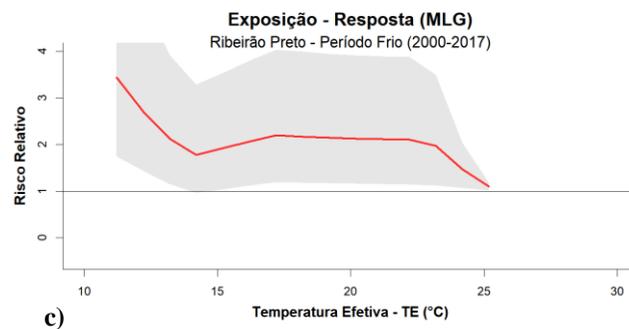
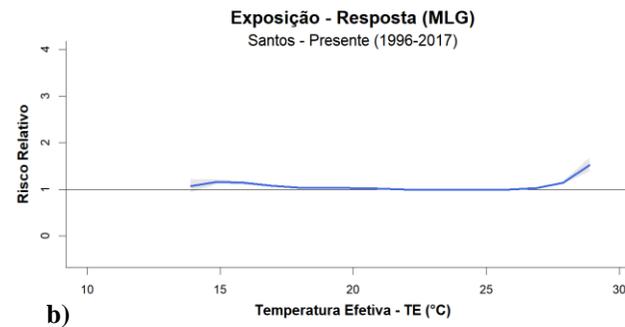
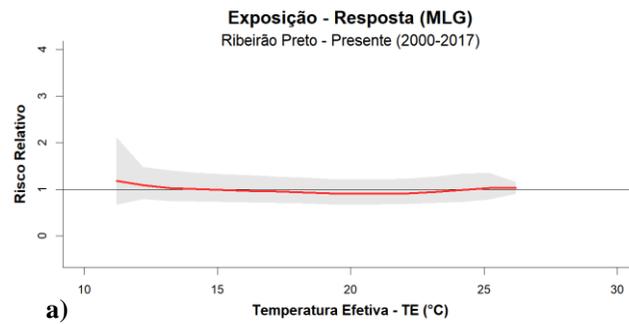


Figura 22 - Risco relativo acumulado de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias considerando a exposição ao índice de temperatura efetiva para a-c-e) Ribeirão Preto (2000-2017) e b-d-f) Santos (1996-2017) nos períodos completo, frio e quente (de cima para baixo). As linhas coloridas representam cada cidade (vermelho – Ribeirão Preto e azul – Santos) e o sombreado em cinza são os intervalos de confiança de 95%.

Na Tabela 31, nota-se que a TMM associada ao índice TE é menor em Campos do Jordão (20,3 °C) e maior em Ribeirão Preto (26,6 °C). O aumento do risco de mortalidade em idosos nas três cidades de estudo pode ser atribuído ao efeito do calor, sendo assim, o risco relativo é expresso a seguir: Campos do Jordão (RR = 4,49; 95% IC: 2,27–8,86), Ribeirão Preto (RR = 1,03; 95% IC: 0,77–1,36) e Santos (RR = 1,09; 95% IC: 1,07–1,10).

Tabela 31 – Risco relativo de mortalidade considerando exposição a temperatura efetiva associado aos efeitos do calor (99 percentis) e frio (1 percentil) versus a Temperatura de Mínima Mortalidade (TMM) para o período presente de 1996 a 2017 nas cidades de estudo, exceto, Ribeirão Preto (2000-2017)

Cidades	TMM (°C)	Efeito do calor associado ao índice TE (95% IC)	Efeito do frio associado ao índice TE (95% IC)
Campos do Jordão	20,3	4,49(2,27-8,86)	0,63(0,41-0,98)
Ribeirão Preto	26,6	1,03(0,77-1,36)	0,98(0,73-1,33)
Santos	25,8	1,09(1,07-1,10)	1,08(1,06-1,11)

A Tabela 32 demonstra menores valores de TMM para Campos do Jordão nos dois períodos, porém, observa-se que no período frio o maior valor ocorre em Santos (28 °C) e no período quente em Ribeirão Preto (26,6 °C).

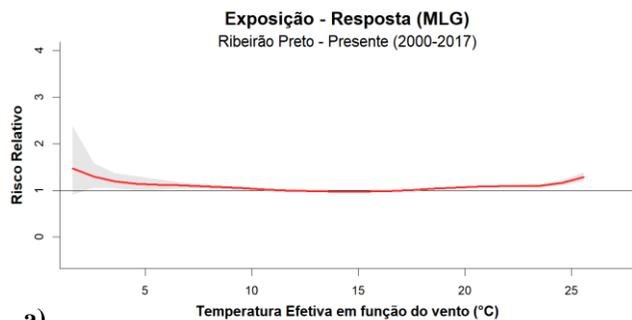
O risco de mortalidade associado ao índice TE no período frio indica que a exposição à baixos valores do índice TE pode contribuir para o aumento do risco de mortalidade, principalmente, em Campos do Jordão (RR = 2,20; 95% IC: 0,61–7,97), seguido por Ribeirão Preto (RR = 1,80; 95% IC: 0,98–3,33), logo, Santos (RR = 1,51; 95% IC: 1,15–1,99).

No intervalo quente os efeitos associados a altos valores do índice TE apresentam maior risco de mortalidade em Campos do Jordão (RR = 1,03; 95% IC: 0,62–1,73). Por outro lado, em Ribeirão Preto e Santos ocorre o inverso, o risco de mortalidade pode aumentar sob o efeito do frio RR = 1,56(95% IC: 0,92–2,64) e RR = 1,07(95% IC: 0,99–1,16), respectivamente.

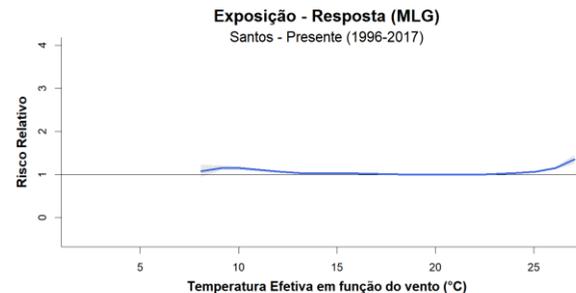
Tabela 32 - Risco relativo de mortalidade considerando exposição a temperatura média associado aos efeitos do calor (99 percentis) e frio (1 percentil) versus a Temperatura de Mínima Mortalidade (TMM) para o intervalo frio e quente do período presente de 1996 a 2017 nas cidades de estudo, exceto, Ribeirão Preto (2000-2017)

Período	Cidades	TMM (°C)	Efeito do calor associado ao índice TE (95% IC)	Efeito do frio associado ao índice TE (95% IC)
Frio	Campos do Jordão	17,5	0,54(0,04-8,18)	2,20(0,61-7,97)
	Ribeirão Preto	25,5	1,58(1,08-2,31)	1,80(0,98-3,33)
	Santos	28	1,42(1,09-1,85)	1,51(1,15-1,99)
Quente	Campos do Jordão	19,4	1,03(0,62-1,73)	0,66(0,14-3,12)
	Ribeirão Preto	26,6	1,55(0,93-2,56)	1,56(0,92-2,64)
	Santos	26,3	1,01(0,97-1,07)	1,07(0,99-1,16)

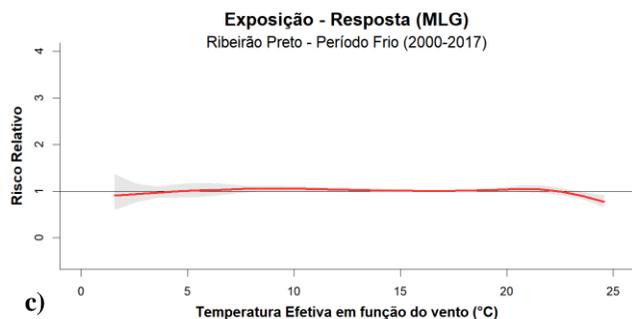
A Figura 23 mostra o risco de mortalidade em idosos associado aos efeitos do índice TEv para os diferentes períodos. É observado a permanência do risco relativo de mortalidade próximo a 1 no maior intervalo de TEv. Os efeitos cumulativos considerando os menores valores do índice TEv pode estar correlacionado ao aumento do risco de mortalidade em Ribeirão Preto e Santos, especialmente, no período completo e quente, respectivamente. As curvas de exposição-mortalidade para Campos do Jordão estão presentes no APÊNDICE C.



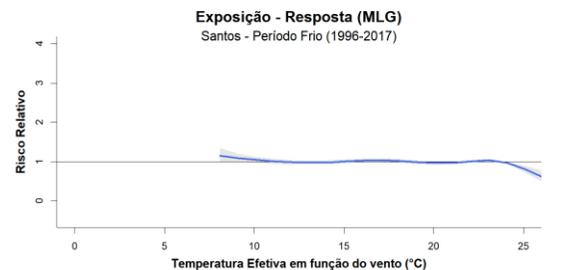
a)



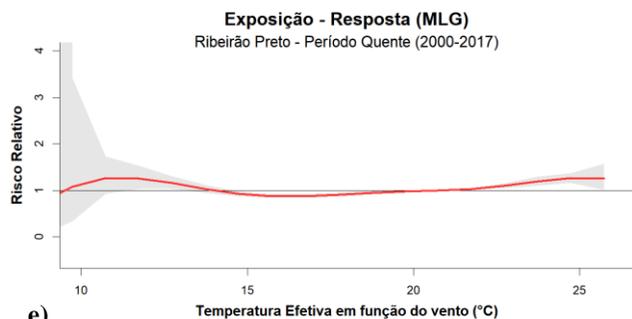
b)



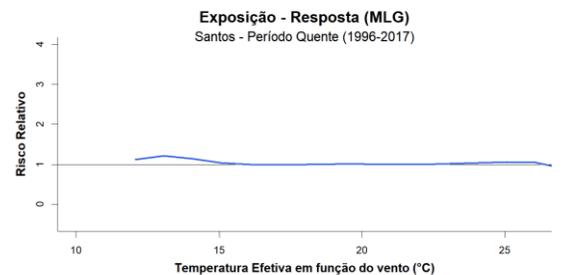
c)



d)



e)



f)

Figura 23 - Risco relativo acumulado de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias considerando a exposição ao índice de temperatura efetiva em função do vento para a-c-e) Ribeirão Preto (2000-2017) e b-d-f) Santos (1996-2017) nos períodos completo, frio e quente (de cima para baixo). As linhas coloridas representam cada cidade (vermelho – Ribeirão Preto e azul – Santos) e o sombreado em cinza são os intervalos de confiança de 95%.

Para o índice TE_v é observado que a TMM é menor em Ribeirão Preto com 17,3 °C e maior em Santos com 22 °C. Em relação ao risco de mortalidade, nota-se que o efeito do calor aumenta o risco de mortalidade em Ribeirão Preto (RR = 1,18; 95% IC: 0,85–1,62) e Santos (RR = 1,09; 95% IC: 1,07–1,12), enquanto, em Campos do Jordão observa-se maior efeito ao frio (RR = 1,90; 95% IC: 0,41–8,83).

Tabela 33 – Risco relativo de mortalidade considerando exposição a temperatura efetiva em função do vento associado aos efeitos do calor (99 percentis) e frio (1 percentil) versus a Temperatura de Mínima Mortalidade (TMM) para o período presente 1996 a 2017 nas três cidades de estudo

Cidades	TMM (°C)	Efeito do calor associado ao índice TE _v (95% IC)	Efeito do frio associado ao índice TE _v (95% IC)
Campos do Jordão	21,3	1,18(0,85-1,62)	1,90(0,41-8,83)
Ribeirão Preto	17,3	1,18(1,12-1,23)	1,08(1,04-1,12)
Santos	22	1,09(1,07-1,12)	1,08(1,05-1,10)

Nota-se na Tabela 34, que a TMM relativa ao índice TE_v no período frio é menor em Campos do Jordão (15,5 °C) e maior em Santos (23,8 °C), enquanto no período quente é observado valor inferior em Ribeirão Preto (20,9 °C) e superior em Santos (22,1 °C).

A exposição a valores baixos do índice TE_v pode representar um aumento no risco de mortalidade no período frio em Ribeirão Preto (RR = 1,03; 95% IC: 0,91–1,16) e Santos (RR = 1,01; 95% IC: 0,95–1,08).

Em contrapartida, o intervalo quente em Ribeirão Preto apresenta maior risco de mortalidade sob efeito do calor associado ao índice TE_v (RR = 1,27; 95% IC: 1,16–1,39), e Santos indica ao contrário, a diminuição de valores do índice TE_v podem aumentar o risco de mortalidade em idosos (RR = 1,09; 95% IC: 1,01–1,18).

Campos do Jordão não apresenta risco relativo de mortalidade para ambos os períodos considerando a exposição ao índice TE_v.

Tabela 34 - Risco relativo de mortalidade considerando exposição a temperatura média associado aos efeitos do calor (99 percentis) e frio (1 percentil) versus a Temperatura de Mínima Mortalidade (TMM) para o intervalo frio e quente do período presente 1996 a 2017 nas três cidades de estudo

Período	Cidades	TMM (°C)	Efeito do calor associado ao índice TEv (95% IC)	Efeito do frio associado ao índice TEv (95% IC)
Frio	Campos do Jordão	15,5	0,05(0-438,58)	0,09(0-2,85)
	Ribeirão Preto	16,7	0,85(0,77-0,95)	1,03(0,91-1,16)
	Santos	23,8	0,97(0,96-0,99)	1,01(0,95-1,08)
Quente	Campos do Jordão	21,3	0,05(0-438,58)	0,09(0-2,85)
	Ribeirão Preto	20,9	1,27(1,16-1,39)	1,24(1,05-1,47)
	Santos	22,1	1,05(1,00-1,10)	1,09(1,01-1,18)

Em resumo, o MLG está bem ajustado para as cidades de estudo, exceto, Campos do Jordão que apresenta médio nível de significância devido ao excesso de zeros da mortalidade diária, especialmente, nos intervalos frio e quente. Apesar do índice TEv indicar melhor ajuste do modelo, a falta de dados meteorológicos para a construção desse índice aliado a grande quantidade de dias sem óbitos pode causar confusão no modelo e não resultar em um risco relativo de mortalidade (FERREIRA *et al.*, 2019; FONSECA *et al.*, 2016).

A TMM apresentou distinções em relação aos fatores de exposição e a localização das cidades de estudo, os menores valores relacionados a temperatura média e índice TE foram observados em Campos do Jordão em ambos os períodos, e para o índice TEv em Ribeirão Preto no período completo e quente. Já os maiores valores de TMM foram apresentados em Santos. Este resultado indica que a mortalidade de idosos sob exposição ao calor em Campos do Jordão ou ao frio em Santos pode estar associado ao maior risco de mortalidade, sugerindo que a população dessas cidades são mais suscetíveis a esses efeitos (FOLKERTS *et al.*, 2020). Diante disso, projeta-se dias cada vez mais quentes com o aquecimento ocasionado pela mudança do clima (IPCC, 2021), e conseqüentemente, temperaturas acima do limiar de TMM o que pode contribuir para o aumento do risco de mortalidade pelo calor (FOLKERTS *et al.*, 2020; LUAN *et al.*, 2018; VIGOTTI; MUGGEO; CUSIMANO, 2006).

Muitos estudos examinaram a relação temperatura-mortalidade em todo o mundo, alguns destes são para o Brasil (BATISTA, 2017; BELL *et al.*, 2008; COELHO, 2007; FERREIRA *et al.*, 2019; GOUVEIA; HAJAT; ARMSTRONG, 2003). Os resultados mostram que os efeitos estimados da temperatura e índices de conforto térmico variam de acordo com o clima da região e a população (GASPARRINI *et al.*, 2017a; GUO *et al.*, 2018; ZHAO *et al.*, 2021). Verifica-se o efeito mais forte do frio em Campos

do Jordão e Santos (ZHANG *et al.*, 2017), enquanto, Ribeirão Preto apresenta o efeito inverso (GASPARRINI *et al.*, 2017a; LEE *et al.*, 2020; YANG *et al.*, 2021).

Além disso, observa-se maior risco de mortalidade relacionado ao frio no período frio o que pode contribuir para direcionar os atores da saúde no planejamento estratégico de ações de adaptação e mitigação, como criação de sistema de alerta de saúde.

5.3 IMPACTO DA MUDANÇA DO CLIMA NA MORTALIDADE DE IDOSOS

Nesta seção será apresentado o excesso de mortalidade em idosos para o clima futuro, considerando os resultados de risco relativo de mortalidade encontrados no clima presente. Esta análise será baseada na comparação da mortalidade no futuro associada aos fatores de exposição (temperatura média e ICTH) em relação ao histórico para avaliar o impacto da mudança do clima na mortalidade de idosos para as três cidades de estudo.

5.3.1 Variação dos fatores de exposição

O impacto da mudança do clima no aumento da temperatura média para futuro próximo e distante considerando os cenários de emissões RCP4.5 e RCP8.5 (Tabela 35). É observado que o futuro distante apresenta a maior alteração, sobretudo, para o cenário RCP8.5. Deste modo, Ribeirão Preto é a cidade que projeta-se maior aquecimento, acima de 8 °C de temperatura média, seguido por Campos do Jordão com acréscimo de 6 °C, e menor projeção de aquecimento em Santos com valores acima de 4 °C em todos os períodos (CHOU *et al.*, 2014b; LYRA *et al.*, 2018).

Tabela 35 - Variação da temperatura média projetada para o futuro próximo (2030-2050) e distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para o período completo, frio (abril a setembro) e quente (outubro a março)

Períodos	Cidades	RCP4.5		RCP8.5	
		Futuro Próximo	Futuro Distante	Futuro Próximo	Futuro Distante
Completo	Campos do Jordão	2,13	3,59	3,07	7,16
	Ribeirão Preto	2,83	4,76	4,06	8,77
	Santos	1,37	2,06	1,73	4,31
Frio	Campos do Jordão	1,97	3,23	2,98	6,74
	Ribeirão Preto	2,65	4,25	3,88	8,15
	Santos	1,19	1,95	2,10	4,62
Quente	Campos do Jordão	2,30	3,97	3,16	7,59
	Ribeirão Preto	3,02	5,29	4,23	9,40
	Santos	1,55	2,17	1,35	3,99

O índice de conforto térmico TE apresenta padrão similar ao encontrado para a temperatura média, com máximo aquecimento no futuro distante sob o cenário RCP8.5 para as três cidades de estudo em todos os períodos, em especial, Ribeirão Preto com acréscimo de até 5,39 °C no período quente (Tabela 36).

Tabela 36 - Variação do índice TE projetado para o futuro próximo (2030-2050) e distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para o período completo, frio (abril a setembro) e quente (outubro a março)

Períodos	Cidades	RCP4.5		RCP8.5	
		Futuro Próximo	Futuro Distante	Futuro Próximo	Futuro Distante
Completo	Campos do Jordão	1,79	2,91	2,53	5,69
	Ribeirão Preto	1,72	2,79	2,41	5,31
	Santos	1,27	1,88	1,57	3,89
Frio	Campos do Jordão	1,67	2,66	2,52	5,53
	Ribeirão Preto	1,68	2,57	2,43	5,22
	Santos	1,10	1,76	1,90	4,21
Quente	Campos do Jordão	1,91	3,17	2,54	5,85
	Ribeirão Preto	1,77	3,02	2,39	5,39
	Santos	1,44	2,00	1,23	3,57

Conforme mostra a Tabela 37, o índice de conforto térmico TE_v exibe maior acréscimo no futuro distante e cenário RCP8.5, principalmente, em Campos do Jordão (8,89 °C), seguido por Ribeirão Preto (8,49 °C) e Santos (4,53 °C).

Tabela 37 - Variação do índice TE_v projetado para o futuro próximo (2030-2050) e distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para o período completo, frio (abril a setembro) e quente (outubro a março)

Período	Cidades	RCP4.5		RCP8.5	
		Futuro Próximo	Futuro Distante	Futuro Próximo	Futuro Distante
Completo	Campos do Jordão	2,46	4,30	3,61	8,45
	Ribeirão Preto	2,70	4,42	3,81	8,22
	Santos	1,87	2,59	2,22	5,00
Frio	Campos do Jordão	2,19	3,82	3,38	8,01
	Ribeirão Preto	2,60	4,04	3,76	7,96
	Santos	1,73	2,54	2,69	5,47
Quente	Campos do Jordão	2,73	4,80	3,84	8,89
	Ribeirão Preto	2,80	4,81	3,86	8,49
	Santos	2,01	2,64	1,76	4,53

Dessa forma, as mudanças climáticas poderão aumentar o estresse térmico sob o efeito do calor em decorrência do aquecimento adicional da temperatura, e consequentemente, aumentar a mortalidade em grupos mais sensíveis como os idosos (CARTER *et al.*, 2016).

5.3.2 Excesso de Mortalidade

5.3.2.1 Temperatura média

A avaliação do excesso de mortalidade em idosos atribuída aos efeitos da temperatura média nas três cidades de estudo, considera o futuro próximo e distante nos cenários RCP4.5 e RCP8.5 (Tabela 38). Projeta-se para o período completo o aumento da mortalidade sob os efeitos do calor nas três cidades de estudo, especialmente, no futuro distante considerando o cenário RCP4.5 para Ribeirão Preto (8,8;95%IC:7,7–9) e RCP8.5 para Campos do Jordão (7;95%IC:-5,1–8) e Santos (5,7;95%IC:4,3–6,7). Em contrapartida, estima-se redução do excesso de mortalidade pelo efeito do frio em todas as cidades de estudo.

No período frio, observa-se aumento na estimativa de mortalidade relacionada aos efeitos do frio, principalmente, no futuro distante sob o RCP4.5, do qual Campos do Jordão apresenta 6%(95%IC:-3,8–8,6), seguido por Santos 1%(95%IC:-0,3–2,1) e Ribeirão Preto 0,4%(95%IC:0,1–0,7). A fração de mortalidade atribuída ao calor pode aumentar em Ribeirão Preto, sobretudo, no futuro próximo considerando o cenário RCP8.5 (8,6;95%IC:8,6-8,6), e nas demais cidades projeta-se a redução do excesso de mortalidade.

Para o período quente nota-se redução do excesso de mortalidade relacionado aos efeitos do frio e calor em Campos do Jordão e Santos, no entanto, Ribeirão Preto apresenta aumento de mortalidade, particularmente, no futuro distante sob o cenário RCP8.5, devido ao impacto do calor (9;95%IC:9–9) e frio (4,6;95%IC:3,7–5,3).

Apesar das projeções climáticas apontar aquecimento em todas as cidades de estudo, os efeitos derivados do frio e calor na mortalidade de idosos se comportam diferente, e isso pode estar relacionada a sensibilidade térmica de cada população, visto que, Campos do Jordão e Santos apresentam aumento da mortalidade mais associada ao frio, enquanto Ribeirão Preto se observa o inverso alinhado as altas temperaturas esperadas principalmente no futuro distante sob o cenário RCP8.5.

Tabela 38 – Excesso de mortalidade atribuído aos efeitos de frio e calor associado a exposição da temperatura média simulada para o histórico (1985-2005), futuro próximo (2030-2050) e distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para o período completo, frio (abril a setembro) e quente (outubro a março) nas três cidades de estudo

Períodos	Cidades	Efeito	RCP4.5			RCP8.5	
			Histórico	Futuro Próximo	Futuro Distante	Futuro Próximo	Futuro Distante
Completo	Campos do Jordão	Frio	-5(-9,3--1,7)	-4,1(-7,6--1,3)	-3,7(-7--1,1)	-3,6(-6,9--1)	0,1(-1,8-2)
		Calor	0,2(-0,8-1)	0,3(-1,3-1,5)	2,2(-12,8-5,4)	1(-7-2,9)	7(-5,1-8)
	Ribeirão Preto	Frio	0,4(0,2-0,6)	0,2(0,1-0,4)	0(-0,1-0,2)	0,1(-0,1-0,2)	0,1(0,1-0,2)
		Calor	1,6(1,4-1,8)	6,1(4,7-7)	8,8(7,7-9)	8(6,6-8,4)	8,6(8,6-8,6)
	Santos	Frio	0,3(0,2-0,5)	0,3(0,1-0,4)	0,2(0,1-0,3)	0,2(0,1-0,4)	0(-0,1-0,1)
		Calor	0,6(0,4-0,7)	1,7(1,5-2)	2,2(1,8-2,5)	1,4(1,2-1,6)	5,7(4,3-6,7)
Frio	Campos do Jordão	Frio	2,6(-40-7,7)	5,5(-4,8-8,4)	6(-3,8-8,6)	5,6(-4,6-8,4)	5,9(-2,8-8,6)
		Calor	2,7(-7-5,9)	-2,8(-28,8-2,4)	-23,5(-109,9-5,4)	-61,2(-360-5,1)	-187,4(-528-8,4)
	Ribeirão Preto	Frio	-0,4(-1-0,2)	0,2(-0,1-0,6)	0,4(0,1-0,7)	0,4(0,1-0,7)	0,2(0-0,4)
		Calor	1,8(1-2,4)	8,4(7,3-8,5)	8,2(8,1-8,2)	8,6(8,6-8,6)	8,5(8,5-8,5)
	Santos	Frio	0,6(-0,6-1,8)	0,9(-0,5-1,9)	1(-0,3-2,1)	1(-0,3-2,1)	0,9(-0,4-2)
		Calor	0,5(-0,9-1,6)	0,3(-0,8-1,4)	0,1(-0,5-0,6)	0,1(-0,1-0,3)	1,1(-30,9-5,9)
Quente	Campos do Jordão	Frio	-15,1(-60,5--2,4)	-2,9(-12,3-2,3)	-4,1(-15,5-2)	-2,8(-11,2-2,2)	-2,2(-6-0,2)
		Calor	-4,5(-10,7--0,5)	8,4(7,4-8,9)	-40 (-67-9,5)	-80,4(-116,5-8,9)	-109(-168-9,8)
	Ribeirão Preto	Frio	0,2(-0,2-0,6)	0(-0,1-0,1)	0,4(0,2-0,5)	0,1(0,1-0,2)	4,6(3,7-5,3)
		Calor	2,5(2-2,9)	8,2(6,9-8,8)	9(8,7-9)	9,4(8,7-9,5)	9(9-9)
	Santos	Frio	0,1(-0,3-0,5)	-0,2(-0,5-0,1)	-0,2(-0,5-0)	-0,2(-0,5-0,1)	-0,3(-0,5--0,1)
		Calor	0,5(0,1-0,8)	-0,3(-2,9-1)	-0,6(-3,2-1)	0,2(-0,7-0,9)	-7,5(-91,9-4,9)

5.3.2.2 Índices de Conforto Térmico Humano

O excesso de mortalidade associado ao índice de temperatura efetiva para o histórico e futuro considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5, estão presentes na Tabela 39. Verifica-se no período completo redução da mortalidade sob o efeito do frio para ambos os cenários nas três cidades de estudo. Por sua vez, é projetado o aumento da fração de mortalidade atribuída ao calor, especialmente, no futuro distante diante do cenário RCP8.5 para Campos do Jordão (7,7;95%IC:7,7-7,7) e Santos (7,6;95%IC:6,5-8,2).

No período frio é observado aumento do excesso de mortalidade relacionado ao frio, principalmente, no futuro distante sob o cenário RCP8.5 em Campos do Jordão (5,2;95%IC:-4,6-8,1), Ribeirão Preto (5,3;95%IC:1,5-7,3) e Santos (3,1;95%IC:1,1-4,7), enquanto, o impacto ao calor apresenta redução da mortalidade para todos os cenários.

Em relação ao período quente, estima-se aumento do excesso de mortalidade atribuída ao frio, em especial, no futuro distante sob o cenário RCP4.5 em Campos do Jordão (2,8;95%IC:-4,4-6,4), e no cenário RCP8.5 para Ribeirão Preto (3,6;95%IC:-0,2-6,1). Por outro lado, é projetado aumento da fração de mortalidade atribuível aos efeitos do calor para Campos do Jordão e Santos no futuro distante considerando o RCP4.5 (10,5;95%IC:9,6-10,7) e RCP8.5 (1,2;95%IC:-10,4-8,7), respectivamente.

O aumento no excesso de mortalidade associado aos efeitos do frio no cenário RCP8.5 pode estar relacionado às quedas abruptas de temperatura e umidade responsáveis por desencadear estresse térmico devido à demora da resposta fisiológica dos idosos para adaptação ao novo ambiente.

Tabela 39 - Excesso de mortalidade atribuído aos efeitos de frio e calor associado a exposição da temperatura efetiva simulada para o histórico (1985-2005), futuro próximo (2030-2050) e distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para o período completo, frio (abril a setembro) e quente (outubro a março)

Períodos	Cidades	Efeito	RCP4.5			RCP8.5	
			Histórico	Futuro Próximo	Futuro Distante	Futuro Próximo	Futuro Distante
Completo	Campos do Jordão	Frio	-11,2(-27,2--3,7)	-7(-16--1,1)	-6,8(-15,7--0,7)	-6,6(-16,1--0,8)	-2,1(-8,5-2,3)
		Calor	-0,2(-4-2,4)	-4,1(-7,8--1,2)	3,5(2,9-3,8)	1,5(0,8-1,9)	7,7(7,7-7,7)
	Ribeirão Preto	Frio	-0,4(-3,7-2,3)	-0,7(-4,4-2,2)	-0,9(-4,5-1,9)	-0,8(-4,5-2,2)	-1(-5,1-1,9)
		Calor	0(-3-2,2)	0,2(-1,2-1,3)	-0,8(-5,3-1,8)	-2,4(-26-3,6)	-6,9(-36,6-8,4)
	Santos	Frio	0,3(0,2-0,5)	0,2(0,1-0,4)	0,2(0,1-0,3)	0,2(0,1-0,3)	-0,1(-0,2-0)
		Calor	0,4(0,3-0,4)	2,1(1,8-2,4)	2,8(2,3-3,3)	2,8(2,3-3,2)	7,6(6,5-8,2)
Frio	Campos do Jordão	Frio	-7,5(-8,9--2,9)	3,1(-14,6-7,3)	4,5(-8,9-8,2)	4,3(-8,3-7,9)	5,2(-4,6-8,1)
		Calor	2(-5,2-5,2)	-1(-8,2-1,9)	-5,4(-17,2-5,5)	-8(-37,2-6,2)	-38,9(-111-9)
	Ribeirão Preto	Frio	4,6(0,9-6,7)	5,1(1,1-7,2)	5(1,6-7,1)	5,3(1,4-7,4)	5,3(1,5-7,3)
		Calor	4,2(1-5,9)	2,3(0,4-3,6)	-0,2(-0,5-0)	-1,9(-4,1--0,2)	-17,1(-57,1--1,1)
	Santos	Frio	2,9(1,1-4,4)	3,3(1,2-5)	3,1(1,1-4,6)	3,2(1,1-4,8)	3,1(1,1-4,7)
		Calor	2,6(0,7-4,2)	2,5(0,8-3,9)	2,2(0,5-3,4)	0,2(0-0,3)	-17,3(-56,1--2,7)
Quente	Campos do Jordão	Frio	-29,4(-398,2--1,7)	1,6(-7,4-5,2)	2,8(-4,4-6,4)	1,9(-5,2-5,7)	0,9(-6,4-4,9)
		Calor	0,9(-6,1-4,8)	1,1(-5,3-4,1)	10,5(9,6-10,7)	8,3(6-9)	9,5(9,5-9,5)
	Ribeirão Preto	Frio	3(-0,7-5,5)	3,1(-1,1-5,7)	3,5(-0,9-6)	3,1(-1-5,7)	3,6(-0,2-6,1)
		Calor	3,7(-0,5-6,3)	0,6(-0,2-1,1)	-10,1(-41-1,9)	-47,2(-110,1-3,3)	-54,7(-153,5-6,6)
	Santos	Frio	0,1(-0,2-0,4)	-0,2(-0,5-0,1)	-0,2(-0,5-0)	-0,1(-0,5-0,2)	-0,2(-0,4-0)
		Calor	0,1(-0,2-0,4)	0,2(-1,5-1,8)	0,3(-2,8-2,4)	0,3(-5,2-2,8)	1,2(-104,8-8,7)

Na Tabela 40 é observado o excesso de mortalidade atribuído ao índice de temperatura efetiva em função do vento para o histórico e futuro considerando os cenários de emissões RCP4.5 e RCP8.5. Nota-se no período completo redução do excesso de mortalidade relacionado ao frio nas cidades de estudo, porém, Campos do Jordão não apresenta excesso de mortalidade em ambos os cenários. Por sua vez, projeta-se aumento da fração de mortalidade atribuída ao calor para Ribeirão Preto e Santos, principalmente, no futuro distante sob o cenário RCP8.5 com 8,1%(95%IC:6,5–8,7) e 7%(95%IC:5,1–8), respectivamente.

Por outro lado, o período frio indica aumento no excesso de mortalidade relacionada ao frio apenas no futuro próximo sob o cenário RCP4.5 em Campos do Jordão (10;95%IC:-44,7-10). Considerando a fração de mortalidade atribuída ao calor estima-se redução da mortalidade em idosos nas três cidades de estudo.

No período quente identifica-se redução no excesso de mortalidade relacionada ao frio em Ribeirão Preto, exceto, no futuro distante considerando o cenário RCP8.5 (0,6;95%IC:0,2-0,9). Diante do mesmo horizonte temporal e cenário, estima-se aumento da fração de mortalidade atribuída ao calor (7,4;95%IC:2-8.7), enquanto, Santos apresenta redução da mortalidade.

Tabela 40 - Excesso de mortalidade atribuído aos efeitos de frio e calor associado a exposição da temperatura efetiva em função do vento simulada para o histórico (1985-2005), futuro próximo (2030-2050) e distante (2079-2099) considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para o período completo, frio (abril a setembro) e quente (outubro a março)

Períodos	Cidades	Efeito	RCP4.5			RCP8.5	
			Histórico	Futuro Próximo	Futuro Distante	Futuro Próximo	Futuro Distante
Completo	Campos do Jordão	Frio	0(-1,89-9)	0(-4,47 -10)	0(-7,45-9,5)	0(-4,97-9,5)	0(-7,84-6,7)
		Calor	0(-61,6-6,6)	0(-88,6-4,9)	0(-53,7-3,3)	0(-68,9-3,2)	0(0-7,6)
	Ribeirão Preto	Frio	0,3(0,1-0,6)	-0,1(-0,3-0,1)	-0,2(-0,4--0,1)	-0,2(-0,3-0)	0,1(0,1-0,2)
		Calor	0,7(0,5-0,9)	1,1(0,8-1,4)	2,8(2-3,6)	2,9(2-3,7)	8,1(6,5-8,7)
	Santos	Frio	0,3(0,2-0,5)	0,2(0,1-0,4)	0,2(0,1-0,3)	0,2(0,1-0,3)	0(-0,1-0)
		Calor	0,8(0,7-1)	2,7(2-3,2)	3,2(2,2-3,9)	3(2,2-3,7)	7(5,1-8)
Frio	Campos do Jordão	Frio	9(-18,5-9)	10(-44,7-10)	1(-7-9,5)	8,7(-49,7-9,5)	-23,1(-784,4-6,7)
		Calor	-2,2(-61,6-6,6)	-9,3(-88,6-4,9)	-8,9(-53,7-3,3)	-9,5(-68,9-3,2)	-75,3(-163,5-7,6)
	Ribeirão Preto	Frio	0,4(-0,2-0,8)	0,4(0-0,7)	0,2(-0,1-0,6)	0,3(0-0,7)	0(-0,1-0,2)
		Calor	0,2(-0,1-0,5)	0,2(-0,5-0,7)	-1,3(-2,4--0,4)	-1,7(-3,1--0,5)	-21,6(-67,1--3,9)
	Santos	Frio	-0,2(-0,7-0,3)	0(-0,5-0,5)	0,1(-0,4-0,6)	0,2(-0,3-0,7)	-0,1(-0,6-0,3)
		Calor	0,1(0-0,2)	-2,1(-3,5--0,9)	-4,4(-7,3--2,2)	-9,2(-17,9--3,9)	-74,9(-275,4--17,5)
Quente	Campos do Jordão	Frio	0(-1,89-9)	0(-4,47-10)	0(-7,45-9,5)	0(-4,97-9,5)	0(-7,84-6,7)
		Calor	0 (-6,16-6,6)	0(-8,86-4,9)	0(-5,37-3,3)	0(-6,89-3,2)	0(-5,63-7,6)
	Ribeirão Preto	Frio	-0,6(-1,1--0,1)	-1,2(-1,6--0,8)	-0,5(-0,6--0,3)	-1,1(-1,4--0,7)	0,6(0,2-0,9)
		Calor	0,5(0,2-0,9)	2(1,4-2,6)	3,8(1,9-5,1)	4,3(2,1-5,9)	7,4(2-8,7)
	Santos	Frio	0,1(-0,1-0,4)	0(-0,2-0,2)	0(-0,2-0,2)	0(-0,2-0,2)	0(0-0,1)
		Calor	0,3(-0,1-0,7)	-6,1(-14,4--1,1)	-8,8(-25--0,8)	-12,7(-58,5--1,9)	-46,4(-279,5--9,8)

De acordo com as análises descritas nesta seção, nota-se maior impacto da mudança do clima na saúde projetado para o futuro distante considerando ambos os cenários de emissões, mas com maior intensidade sob o cenário RCP8.5 independente do período, fator de exposição ou cidade (DINIZ; GONÇALVES; SHERIDAN, 2020; GASPARRINI *et al.*, 2017a; GU *et al.*, 2020; LEE *et al.*, 2020; YANG *et al.*, 2021).

O aumento no excesso de mortalidade em idosos atribuído aos efeitos do calor apresenta maior relevância nas três cidades de estudo, principalmente, no período completo e quente. Esses resultados corroboram com estudos anteriores em diferentes regiões e populações, do qual demonstram que regiões com climas mais quentes apresentam forte impacto as mudanças climáticas relacionadas a altas temperaturas (GASPARRINI *et al.*, 2017a; LEE *et al.*, 2020; LI; HORTON; KINNEY, 2013; SUN *et al.*, 2021; YANG *et al.*, 2021).

Entretanto, observa-se no período frio aumento na fração de mortalidade associada ao frio, em especial, considerando a exposição a temperatura média e o índice TE (GASPARRINI; GUO; HASHIZUME, 2015; MARTÍNEZ-SOLANAS; BASAGAÑA, 2019; ZHANG *et al.*, 2017). Além disso, projeta-se redução no excesso de mortalidade relacionado ao calor para os índices de conforto térmico TE e TEv no período frio, alguns estudos apontam padrões semelhantes (HUANG *et al.*, 2011; RODRIGUES; SANTANA; ROCHA, 2019).

6. CONCLUSÃO

Existem amplas evidências de que o clima pode resultar em uma variedade de efeitos adversos à saúde, incluindo a mortalidade, e a prevenção de tais efeitos requer o diagnóstico e a criação de medidas de mitigação e adaptação.

Os resultados encontrados neste estudo mostram que o período frio apresenta a maior taxa de mortalidade para as três cidades de estudo, sendo mais significativa a mortalidade por DCV, principalmente, em Campos do Jordão. Apesar da proximidade entre as cidades é possível verificar diferenças entre os climas e seus efeitos, o qual Campos do Jordão apresenta clima mais frio, Ribeirão Preto possui ar mais seco e Santos é a cidade mais quente e úmida.

As análises relacionadas as zonas de conforto térmico para o clima presente demonstra que a mortalidade por DCV e DRSP é mais frequente em dias correspondentes ao frio para Campos do Jordão, tais como, “muito frio” e “frio”, especialmente, no período completo e frio. Entretanto, Ribeirão Preto e Santos apresentam maior frequência da mortalidade sob as faixas de conforto térmico “Ligeiramente Frio” e “Confortáveis”, por apresentarem clima mais quente.

Neste estudo a análise de componentes principais e a matriz correlação indicaram associações semelhantes. Deste modo, menores valores de temperatura média e índices de conforto térmico humano podem contribuir para o aumento da mortalidade em Campos do Jordão, assim como, o estresse ao frio é maior quando associado ao ar seco em Ribeirão Preto. Por outro lado, a redução da velocidade do vento em Santos, aliado a altas temperaturas e umidade pode contribuir para o aumento do desconforto térmico, e conseqüentemente, mortalidade em idosos.

As alterações climáticas simuladas para o futuro indicam aumento da temperatura e dos índices de conforto térmico em todas as cidades, enquanto a umidade relativa aponta tendência de redução mais intensa em Ribeirão Preto, principalmente no cenário de altas emissões.

As mudanças climáticas tem o potencial de produzir aumento substancial na mortalidade relacionada a altas temperaturas nas três cidades de estudo, e o envelhecimento populacional tem sido visto como um fator importante. O risco de mortalidade encontrado no presente estudo evidencia que o aumento da mortalidade sob os efeitos do frio é mais significativo em Campos do Jordão e Santos, enquanto, em Ribeirão Preto o impacto mais forte está relacionado ao calor.

As estimativas de excesso de mortalidade demonstram que no futuro o calor pode apresentar maior impacto, principalmente, no futuro distante sob o cenário RCP8.5 nas três cidades de estudo. No entanto, projeta-se para o período frio aumento da mortalidade relacionada a baixas temperaturas, ou seja, temperaturas frias mais extremas podem estar associadas a mudança do clima. Os fatores de exposição temperatura média e índice TE apresentam padrões semelhantes, e particularmente, o índice TEv indicou que pode haver redução do excesso de mortalidade pelo efeito do calor, o que reflete a influência do aumento da velocidade do vento na redução do desconforto térmico. Esses resultados expressam a importância da adaptação humana ao aumento ou redução da temperatura ambiente, o qual podem ser atribuídas a diversos fatores, como adaptações fisiológicas, comportamentais, tecnológicas ou mudanças na infraestrutura (HONDULA *et al.*, 2012).

No entanto, os resultados encontrados devem ser interpretados como impactos potenciais em cenários bem definidos, mas hipotéticos, e não como projeções de excesso de mortalidade futura. As estimativas são afetadas por incertezas consideráveis, como variabilidade do modelo climático e à imprecisão nas curvas de exposição-resposta estimadas. Por outro lado, nossa avaliação aplica uma estrutura estatística avançada e bem testada em várias regiões e climas (GASPARRINI *et al.*, 2016).

Dado o desafio do crescimento do envelhecimento populacional, este estudo tem como finalidade informar a sociedade e as autoridades públicas do impacto das mudanças do clima na mortalidade de idosos, e conseqüentemente, contribuir para o desenvolvimento de políticas e estratégias de adaptação e mitigação para proteger os idosos da exposição à condições meteorológicas extremas no futuro. A construção de um ambiente mais resiliente pode prevenir os efeitos adversos na saúde provocados pela mudança do clima principalmente nos grupos mais vulneráveis como os idosos.

7. TRABALHOS FUTUROS

Diante dos resultados encontrados neste estudo é importante aplicar novas premissas para aprimorar a investigação de associação entre clima e saúde. Portanto, Sugere-se em trabalhos futuros:

- Utilizar mais índices de conforto térmico humano para entender melhor como diferentes variáveis meteorológicas influenciam na sensibilidade térmica dos indivíduos;
- Realizar análise estratificada por gênero e faixas etárias para ter maior clareza em como cada indivíduo pode ser afetado pelos efeitos do clima;
- Incluir indicadores de vulnerabilidade como escolaridade e situação socioeconômica para compreender o quanto a vulnerabilidade social pode intensificar os efeitos adversos na saúde sob influência do clima e reforçar a urgência das políticas públicas de adaptação climática;
- Expandir a análise para outras cidades do Brasil afim de obter relações mais consistentes de como climas diferentes podem reproduzir efeitos mais significativos na saúde;
- Utilizar projeção de população e realizar análise considerando a adaptação a mudança do clima para verificar o quanto essas premissas influenciam na mortalidade, e como este indicador pode contribuir no planejamento de políticas públicas;
- Utilizar dados dos modelos climáticos atualizados (CMIP6) e aumentar a quantidade de modelos e cenários de emissões para obter uma análise mais completa e assertiva;
- Utilizar dados de reanálise com alta resolução como ERA5 e CSFR para substituir dados observacionais de estações meteorológicas com grande falta de dados.

8. REFERÊNCIAS

- AKAIKE, H. A New Look at the Statistical Model Identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, v. 19, n. 6, p. 716–723, 1974. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>
- ALBERDI, J. C.; DIAZ, J.; MONTERO, J. C.; MIRN, I. Daily Mortality in Madrid Community 1986-1992: Relationship with Meteorological Variables. **European Journal of Epidemiology**, v. 14, n. 6, p. 571–578, 1998.
- ALEIXO, N. C. R.; NETO ANNA, J. L. CONDICIONANTES CLIMÁTICOS E INTERNAÇÕES POR PNEUMONIA: ESTUDO. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 27, n. 2014, p. 1–20, 2014.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ARMSTRONG, B. Models for the relationship between ambient temperature and daily mortality. **Epidemiology**, v. 17, n. 6, p. 624–631, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/01.ede.0000239732.50999.8f>
- ARUNDEL, A. V.; STERLING, E. M.; BIGGIN, J. H.; STERLING, T. D. Indirect health effects of relative humidity in indoor environments. **Environmental Health Perspectives**, v. VOL. 65, n. 3, p. 351–361, 1986.
- ASHRAE. **ANSI/ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. [s. l.], 1966. Disponível em: <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-55-thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy>. Acesso em: 7 jul. 2019.
- BACCINI, M. *et al.* Impact of heat on mortality in 15 European cities: Attributable deaths under different weather scenarios. **Journal of Epidemiology and Community Health**, v. 65, n. 1, p. 64–70, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/jech.2008.085639>

- BARBOSA, K. T. F.; OLIVEIRA, F. M. R. L. de; FERNANDES, M. das G. M. Vulnerability of the elderly: a conceptual analysis. **Revista brasileira de enfermagem**, v. 72, n. Suppl 2, p. 337–344, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2018-0728>
- BARRECA, A. I. Climate change, humidity, and mortality in the United States. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 63, n. 1, p. 19–34, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2011.07.004>
- BATISTA, R.; CAMPONOGARA, G.; GONÇALVES, F. **Caracterização da variabilidade anual de índices de conforto térmico humano e comparação entre estes, para o Estado de São Paulo**. [s. l.], 2010. Disponível em: http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/441_26429.pdf.
- BATISTA, R. J. R. **Análise do risco de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias na população idosa da RMSP e sua projeção considerando o cenário RCP8.5 de mudanças climáticas**. 2017. - Universidade de São Paulo, [s. l.], 2017.
- BATISTA, R. J. R.; GONÇALVES, F. L. T.; DA ROCHA, R. P. Present climate and future projections of the thermal comfort index for the metropolitan region of São Paulo, Brazil. **Climatic Change**, v. 137, n. 3–4, p. 439–454, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1690-5>
- BATTISTI, A. Bioclimatic Architecture and Urban Morphology. Studies on Intermediate Urban Open Spaces. **PoliTO Springer Series**, p. 293–305, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-59328-5_15
- BAUGHMAN, A. V.; ARENS, E. A. Indoor humidity and human health - Part I: Literature review of health effects of humidity-influenced indoor pollutants. **ASHRAE Transactions**, v. 102, n. 1, p. 193–211, 1996.
- 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 São Paulo, Brazil, Santiago, Chile and Mexico City, Mexico. **International Journal of Epidemiology**, v. 37, n. 4, p. 796–804, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ije/dyn094>
- BOX, G.; JENKINS, G. Time Series Analysis: Forecasting and Control. **San Francisco: Holden-Day**, 1976.
- BRASIL. Brasil 2040: Resumo executivo. **Relatórios Econômicos OCDE: Brasil 2018**, p. 11–13, 2018.

BROCKLEHURST, H.; LAURENSEN, M. Vulnerability of Older People. **British Journal of Nursing**, v. 17, n. 21, p. 1354–1358, 2008.

CAMERON, A. C.; WINDMEIJER, F. A. G. R-squared measures for count data regression models with applications to health-care utilization. **Journal of Business and Economic Statistics**, v. 14, n. 2, p. 209–220, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/07350015.1996.10524648>

CARTER, T. R.; FRONZEK, S.; INKINEN, A.; LAHTINEN, I.; LAHTINEN, M.; MELA, H.; O'BRIEN, K. L.; ROSENTRATER, L. D.; RUUHELA, R.; SIMONSSON, L.; TERAMA, E. Characterising vulnerability of the elderly to climate change in the Nordic region. **Regional Environmental Change**, v. 16, n. 1, p. 43–58, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0688-7>

CHEN, R. *et al.* Association between ambient temperature and mortality risk and burden: Time series study in 272 main Chinese cities. **BMJ (Online)**, v. 363, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmj.k4306>

CHEN, X. Effect of particulate air pollution on coronary heart disease in China: Evidence from threshold GAM and Bayesian hierarchical model. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 101, p. 35–42, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2017.01.013>

CHOU, S. C. *et al.* Evaluation of the Eta Simulations Nested in Three Global Climate Models. **American Journal of Climate Change**, v. 03, n. 05, p. 438–454, 2014 a. Disponível em: <https://doi.org/10.4236/ajcc.2014.35039>

CHOU, S. C. *et al.* Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios. **American Journal of Climate Change**, v. 03, n. 05, p. 512–527, 2014 b. Disponível em: <https://doi.org/10.4236/ajcc.2014.35043>

COELHO, M. de S. Z. S. Uma análise estatística com vistas a previsibilidade de internação por doenças respiratórias em função das condições meteorológicas na cidade de São Paulo. p. 195, 2007. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14133/tde-20022008-224808/pt-br.php>

COELHO, M. Z. S. de S.; GONCALVES, F. L. T.; LATORRE, M. D. R. D. D. O. Statistical analysis aiming at predicting respiratory tract disease hospital admissions from environmental variables in the city of São Paulo. **Journal of Environmental and Public Health**, v. 2010, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2010/209270>

COLLINS, W. J. *et al.* Development and evaluation of an Earth-System model - HadGEM2. **Geoscientific Model Development**, v. 4, n. 4, p. 1051–1075, 2011.

Disponível em: <https://doi.org/10.5194/gmd-4-1051-2011>

CONLON, K. C.; RAJKOVICH, N. B.; WHITE-NEWSOME, J. L.; LARSEN, L.; NEILL, M. S. O. Maturitas Preventing cold-related morbidity and mortality in a changing climate. **Maturitas**, v. 69, n. 3, p. 197–202, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2011.04.004>

COSTA, E. R. G. **A Desidratação no Idoso**. 2015. - Universidade de Coimbra, [s. l.], 2015. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/43586836.pdf>

DÍAZ, J.; GARCÍA, R.; LÓPEZ, C.; LINARES, C.; TOBIÁS, A.; PRIETO, L. Mortality impact of extreme winter temperatures. **International Journal of Biometeorology**, v. 49, n. 3, p. 179–183, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-004-0224-4>

DÍAZ, J.; GARCÍA, R.; VELÁZQUEZ DE CASTRO, F.; HERNÁNDEZ, E.; LÓPEZ, C.; OTERO, A. Effects of extremely hot days on people older than 65 years in Seville (Spain) from 1986 to 1997. **International Journal of Biometeorology**, v. 46, n. 3, p. 145–149, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-002-0129-z>

DINIZ, F. R.; GONÇALVES, F. L. T.; SHERIDAN, S. Heat Wave and Elderly Mortality: Historical Analysis and Future Projection for Metropolitan Region of São Paulo, Brazil. **Atmosphere**, v. 11, n. 9, p. 933, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/atmos11090933>. Acesso em: 24 abr. 2021.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; NETO, J. L. S. Climate change evidence in Brazil from Köppen ' s climate annual types frequency. **International Journal of Climatology**, p. 1–12, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/joc.5893>

DUFEK, A. S.; AMBRIZZI, T. Precipitation variability in São Paulo State, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 93, n. 3–4, p. 167–178, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00704-007-0348-7>

EILERS, P. H. C.; CURRIE, I. D.; DURBÁN, M. Fast and compact smoothing on large multidimensional grids. **Computational Statistics and Data Analysis**, v. 50, n. 1 SPEC. ISS., p. 61–76, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.csda.2004.07.008>

EUROWINTER, G. Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. The Eurowinter Group. **Lancet**, v. 349, n. 9062, p. 1341–6, 1997. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9149695>

FANGER, P. O. **Thermal Comfort: Analysis and applications in environmental engineering**. McGraw-Hil ed. New York: Copenhagen: Danish Technical Press., 1970.

FARAWAY, J. J. **Extending the Linear Model with R**. 2. ed. New York: [s. n.], 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1201/9781315382722>

FERREIRA, L. de C. M.; NOGUEIRA, M. C.; PEREIRA, R. V. de B.; DE FARIAS, W. C. M.; RODRIGUES, M. M. de S.; 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. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–10, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50235-8>

FIOCRUZ. **Gripe H1N1 – Sintomas e Prevenção**. [s. l.], 2022. Disponível em: <http://www.iff.fiocruz.br/index.php/8-noticias/239-h1n1sintomas>. Acesso em: 20 jan. 2022.

FOLKERTS, M. A.; BRÖDE, P.; BOTZEN, W. J. W.; MARTINIUS, M. L.; GERRETT, N.; HARMSSEN, C. N.; DAANEN, H. A. M. Long Term Adaptation to Heat Stress: Shifts in the Minimum Mortality Temperature in the Netherlands. **Frontiers in Physiology**, v. 11, n. March, p. 1–7, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00225>

FONSECA, P. A. M.; HACON, S. de S.; REIS, V. L.; COSTA, D.; BROWN, I. F. O uso de dados de satélite para estudar a relação entre chuva e doenças diarreicas em uma bacia na amazônia sul-ocidental. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 21, n. 3, p. 731–742, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-81232015213.20162015>

FORINA, M.; ARMANINO, S.; LANTERI, S.; LEARDI, R. Methods of varimax rotation in factor analysis with application in clinical and food chemistry. **Journal of Chemometrics**, v. 3, p. 115–125, 1988.

FOUILLET, A.; REY, G.; LAURENT, F.; PAVILLON, G.; BELLEC, S.; GUIHENNEUC-JOUYAUX, C.; CLAVEL, J.; JOUGLA, E.; HÉMON, D. Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, v. 80, n. 1, p. 16–24, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00420-006-0089-4>

FRANCISCO, P. M. S. B.; DONALISIO, M. R.; BARROS, M. B. de A.; CÉSAR, C. L. G.; CARANDINA, L.; GOLDBAUM, M. Fatores associados à doença pulmonar em idosos. **Revista de Saúde Pública**, v. 40, n. 3, p. 428–435, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0034-89102006000300010>

FROTA, A. B. **Manual de conforto térmico**. [S. l.: s. n.].

GABRIEL, A. F. B.; ABE, K. C.; GUIMARÃES, M. de P.; MIRAGLIA, S. G. E. K. Avaliação de impacto à saúde da incidência de dengue associada à pluviosidade no

município de Ribeirão Preto, São Paulo. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 26, n. 4, p. 446–452, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1414-462x201800040119>

GAITANI, N.; MIHALAKAKOU, G.; SANTAMOURIS, M. On the use of bioclimatic architecture principles in order to improve thermal comfort conditions in outdoor spaces. **Building and Environment**, v. 42, n. 1, p. 317–324, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.08.018>

GASPARRINI, A. *et al.* Changes in Susceptibility to Heat during the Summer: A Multicountry Analysis. **American Journal of Epidemiology**, v. 183, n. 11, p. 1027–1036, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aje/kwv260>

GASPARRINI, A. *et al.* Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. **The Lancet Planetary Health**, v. 1, n. 9, p. e360–e367, 2017 a. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30156-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30156-0)

GASPARRINI, A.; ARMSTRONG, B. Distributed lag non-linear models in R: the package `dlnm`. Available: cran.r-project.org/web/packages/dlnm/vignettes/dlnmOverview.pdf (accessed 20 July 2011], v. 43, n. 8, p. 1–20, 2011.

GASPARRINI, A.; GUO, Y.; HASHIZUME, M. Mortalité attribuable au froid et à la chaleur : Analyse multi-pays. **Environnement, Risques et Sante**, v. 14, n. 6, p. 464–465, 2015. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62114-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62114-0)

GASPARRINI, A.; LEONE, M. Attributable risk from distributed lag models. **BMC Medical Research Methodology**, v. 14, n. 1, p. 1–8, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1471-2288-14-55>

GASPARRINI, A.; SCHEIPL, F.; ARMSTRONG, B.; KENWARD, M. G. A penalized framework for distributed lag non-linear models. **Biometrics**, v. 73, n. 3, p. 938–948, 2017 b. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/biom.12645>

GOBO, J. P. de A.; GALVANI, E. Aplicação do índice de temperatura efetiva com vento (TEv) nos estudos de conforto térmico para o estado do Rio Grande do Sul. **Revista Geonorte**, v. 1, n. 5, p. 403–413, 2012.

GONÇALVES, F. L. T.; BRAUN, S.; SILVA DIAS, P. L.; SHAROVSKY, R. Influences of the weather and air pollutants on cardiovascular disease in the metropolitan area of São Paulo. **Environmental Research**, v. 104, n. 2, p. 275–281, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2007.01.004>

GORJANC, M. L.; FLANDERS, W. D.; VANDERSLICE, J.; HERSH, J.; MALILAY,

J. Effects of temperature and snowfall on mortality in Pennsylvania. **American journal of epidemiology**, v. 149, n. 12, p. 1152–60, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a009770>

GOUVEIA, N. *et al.* Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 12, n. 1, p. 29–40, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742003000100004>

GOUVEIA, N.; HAJAT, S.; ARMSTRONG, B. Socioeconomic differentials in the temperature-mortality relationship in São Paulo, Brazil. **International Journal of Epidemiology**, v. 32, n. 3, p. 390–397, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ije/dyg077>

GREENOUGH, G.; MCGEEHIN, M.; BERNARD, S. M.; TRTANJ, J.; RIAD, J.; ENGELBERG, D. The potential impacts of climate variability and change on air pollution-related health effects in the United States. **Environmental Health Perspectives**, v. 109, n. SUPPL. 2, p. 191–198, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/3435010>

GU, S.; ZHANG, L.; SUN, S.; WANG, X.; LU, B.; HAN, H.; YANG, J.; WANG, A. Projections of temperature-related cause-specific mortality under climate change scenarios in a coastal city of China. **Environment International**, v. 143, n. June, p. 105889, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105889>

GUEST, C. S.; WILLSON, K.; WOODWARD, A. J.; HENNESSY, K.; KALKSTEIN, L. S.; SKINNER, C.; MCMICHAEL, A. J. Climate and mortality in Australia: Retrospective study, 1979-1990, and predicted impacts in five major cities in 2030. **Climate Research**, v. 13, n. 1, p. 1–15, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.3354/cr013001>

GUO, Y. *et al.* Quantifying excess deaths related to heatwaves under climate change scenarios: A multicountry time series modelling study. **PLoS Medicine**, v. 15, n. 7, p. 1–17, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002629>

GUO, Y.; LI, S.; LIU, D. L.; CHEN, D.; WILLIAMS, G.; TONG, S. Projecting future temperature-related mortality in three largest Australian cities. **Environmental Pollution**, v. 208, p. 66–73, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.09.041>

HAINES, A.; PATZ, J. A. CLINICIAN ' S CORNER Health Effects of Climate Change. **Victoria**, v. 291, n. 1, p. 99–103, 2004.

HAJAT, S.; ARMSTRONG, B. G.; GOUVEIA, N.; WILKINSON, P. Mortality displacement of heat-related deaths: A comparison of Delhi, São Paulo, and London. **Epidemiology**, v. 16, n. 5, p. 613–620, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/01.ede.0000164559.41092.2a>

HAYHOE, K. *et al.* Emissions pathways, climate change, and impacts on California. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 101, n. 34, p. 12422–12427, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.0404500101>

HOLTSLAG, A. A. M. *et al.* Stable atmospheric boundary layers and diurnal cycles: Challenges for weather and climate models. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 94, n. 11, p. 1691–1706, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00187.1>

HONDULA, D. M.; DAVIS, R. E.; LEISTEN, M. J.; SAHA, M. V.; VEAZEY, L. M.; WEGNER, C. R. Fine-scale spatial variability of heat-related mortality in Philadelphia County, USA, from 1983-2008: A case-series analysis. **Environmental Health: A Global Access Science Source**, v. 11, n. 1, p. 16, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-11-16>

HU, K. *et al.* Evidence for Urban – Rural Disparity in Temperature – Mortality Relationships in Province, Zhejiang. **Environmental Health Perspectives**, v. 127, n. March, p. 037001, 2019.

HU, W.; MENGERSEN, K.; MCMICHAEL, A.; TONG, S. Temperature, air pollution and total mortality during summers in Sydney, 1994-2004. **International Journal of Biometeorology**, v. 52, n. 7, p. 689–696, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-008-0161-8>

HUANG, C.; BARNETT, A. G.; WANG, X.; VANECKOVA, P.; FITZGERALD, G.; TONG, S. Projecting Future heat-related mortality under climate change scenarios: A systematic review. **Environmental Health Perspectives**, v. 119, n. 12, p. 1681–1690, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1289/ehp.1103456>

HUANG, J.; WANG, J.; YU, W. The lag effects and vulnerabilities of temperature effects on cardiovascular disease mortality in a subtropical climate zone in China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 11, n. 4, p. 3982–3994, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph110403982>

HUYNEN, M. M. T. E.; MARTENS, P. Climate change effects on heat- and cold-related

mortality in the Netherlands: A scenario-based integrated environmental health impact assessment. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 12, n. 10, p. 13295–13320, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph121013295>

HYNDMAN, R. J.; SHAHID ULLAH, M. Robust forecasting of mortality and fertility rates: A functional data approach. **Computational Statistics and Data Analysis**, v. 51, n. 10, p. 4942–4956, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.csda.2006.07.028>

IBGE. **Departamento de Censos**. [s. l.], 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/sp/bauru/panorama>. Acesso em: 17 set. 2017.

IBGE. **Número de idosos cresce 18% em 5 anos e ultrapassa 30 milhões em 2017**. [s. l.], 2017. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/20980-numero-de-idosos-cresce-18-em-5-anos-e-ultrapassa-30-milhoes-em-2017.html>. Acesso em: 10 ago. 2018.

IBGE. **Dados de estimativas de população de 2018**. [s. l.], 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 1 ago. 2019.

IDB. **Indicadores e Dados Básicos - Brasil - 2012**. [s. l.], 2012. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb2012/matriz.htm>. Acesso em: 2 maio. 2019.

IKEFUTI, P. V. Associação entre variáveis meteorológicas, índice climático, fatores socioeconômicos e mortalidade por doenças do aparelho circulatório (acidente vascular cerebral e embolia pulmonar) no município de São Paulo - SP. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/T.8.2017.tde-13022017-114517>

IKEFUTI, P. V.; BARROZO, L. V.; BRAGA, A. L. F. Mean air temperature as a risk factor for stroke mortality in São Paulo. **International Journal of Biometeorology**, v. 62, p. 1535–1542, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1554-y>

IPCC. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas**. [S. l.: s. n.]. *E-book*. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wg1_spmportuguese.pdf

IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. [S. l.]: Richard P. Allan, Paola A. Arias, Sophie Berger, Josep G. Canadell, Christophe Cassou, Deliang Chen, Annalisa Cherchi, Sarah L. Connors, Erika Coppola, Faye Abigail Cruz, Aïda Diongue-Niang, Francisco J. Doblas-Reyes, Hervé Douville

(France), Fatima Driou, 2021. v. 34 Disponível em:
<https://doi.org/10.3724/sp.j.7103161536>

IPCC. **Climate Change 2022 - Impacts, Adaptation and Vulnerability - Summary for Policymakers.** [S. l.: s. n.].

IPEA. **Projeções indicam aceleração do envelhecimento dos brasileiros até 2100.** [s. l.], 2021. Disponível em:
https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=38577. Acesso em: 8 jun. 2022.

IZRAEL, Y. A.; SEMENOV, S. M.; ANISIMOV, O. A.; ANOKHIN, Y. A.; VELICHKO, A. A.; REVICH, B. A.; SHIKLOMANOV, I. A. **The Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Working Group II contribution.** [S. l.: s. n.]. v. 32 Disponível em:
<https://doi.org/10.3103/S1068373907090014>

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, p. 187–200, 1958.

KALKSTEIN, L. S. A New Approach to Evaluate the Impact of Climate on Human Mortality. **Environmental Health Perspectives**, v. 96, n. 16, p. 145–150, 1991.

KALKSTEIN, L. S.; GREENE, J. S. An evaluation of climate/mortality relationships in large U.S. cities and the possible impacts of a climate change. **Environmental Health Perspectives**, v. 105, n. 1, p. 84–93, 1997. Disponível em:
<https://doi.org/10.1289/ehp.9710584>

KAMPA, M.; CASTANAS, E. Human health effects of air pollution. **Environmental Pollution**, v. 151, n. 2, p. 362–367, 2008. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.012>

KASSOMENOS, P. A.; GRYPARIS, A.; KATSOUYANNI, K. On the association between daily mortality and air mass types in Athens, Greece during winter and summer. **International Journal of Biometeorology**, v. 51, n. 4, p. 315–322, 2007. Disponível em:
<https://doi.org/10.1007/s00484-006-0062-7>

KHAN, F.; SPENCE, V. A.; BELCH, J. J. F. Cutaneous vascular responses and thermoregulation in relation to age. **Clinical Science**, v. 82, n. 5, p. 521–528, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1042/cs0820521>

KIM, Y.-M.; KIM, S.; CHEONG, H.-K.; KIM, E.-H. Comparison of Temperature Indexes for the Impact Assessment of Heat Stress on Heat-Related Mortality.

Environmental Health and Toxicology, v. 26, p. e2011009, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.5620/eht.2011.26.e2011009>

KOHUT, M. L.; ARNTSON, B. A.; LEE, W.; ROZEBOOM, K.; YOON, K. J.; CUNNICK, J. E.; MCELHANEY, J. Moderate exercise improves antibody response to influenza immunization in older adults. **Vaccine**, v. 22, n. 17–18, p. 2298–2306, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2003.11.023>

KURZ, A. Physiology of Thermoregulation. **Best Practice and Research: Clinical Anaesthesiology**, v. 22, n. 4, p. 627–644, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2008.06.004>

LAAIDI, M.; LAAIDI, K.; BESANCENOT, J. P. Temperature-related mortality in France, a comparison between regions with different climates from the perspective of global warming. **International Journal of Biometeorology**, v. 51, n. 2, p. 145–153, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0045-8>

LASCHEWSKI, G.; JENDRITZKY, G. Effects of the thermal environment on human health : an investigation of 30 years of daily mortality data from SW Germany. **Clim Res**, v. 21, p. 91–103, 2002.

LEE, J. Y.; KIM, H. Projection of future temperature-related mortality due to climate and demographic changes. **Environment International**, v. 94, p. 489–494, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.06.007>

LEE, W. *et al.* Projections of excess mortality related to diurnal temperature range under climate change scenarios: a multi-country modelling study. **The Lancet Planetary Health**, v. 4, n. 11, p. e512–e521, 2020. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30222-9](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30222-9)

LEUNG, Y. K.; YIP, K. M.; YEUNG, K. H. Relationship between thermal index and mortality in Hong Kong. **Meteorol. Appl.**, v. 409, n. July, p. 399–409, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/met>

LI, T.; HORTON, R. M.; KINNEY, P. L. Projections of seasonal patterns in temperature-related deaths for Manhattan, New York. **Nature Climate Change**, v. 3, n. 8, p. 717–721, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nclimate1902>

LIEBMANN, B.; JONES, C.; DE CARVALHO, L. M. V. Interannual variability of daily extreme precipitation events in the state of São Paulo, Brazil. **Journal of Climate**, v. 14, n. 2, p. 208–218, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<0208:IVODEP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<0208:IVODEP>2.0.CO;2)

LIU, C.; YAVAR, Z.; SUN, Q. Cardiovascular response to thermoregulatory challenges. **American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology**, v. 309, n. 11, p. H1793–H1812, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00199.2015>

LOPES, M. D. M.; CASTELO BRANCO, V. T. F.; SOARES, J. B. Utilização dos testes estatísticos de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk para verificação da normalidade para materiais de pavimentação. **Transportes**, v. 21, n. 1, p. 59, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.4237/transportes.v21i1.566>

LUAN, G.; YIN, P.; WANG, L.; ZHOU, M. The temperature–mortality relationship: an analysis from 31 Chinese provincial capital cities. **International Journal of Environmental Health Research**, v. 28, n. 2, p. 192–201, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09603123.2018.1453056>

LYRA, A.; TAVARES, P.; CHOU, S. C.; SUEIRO, G.; DERECZYNSKI, C.; SONDERMANN, M.; SILVA, A.; MARENGO, J.; GIAROLLA, A. Climate change projections over three metropolitan regions in Southeast Brazil using the non-hydrostatic Eta regional climate model at 5-km resolution. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 132, n. 1–2, p. 663–682, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2067-z>

LYRA, W. da S.; DA SILVA, E. C.; DE ARAÚJO, M. C. U.; FRAGOSO, W. D. Classificação periódica: Um exemplo didático para ensinar análise de componentes principais. **Química Nova**, v. 33, n. 4, p. 1594–1597, 2010.

MAGALHÃES, S.; ALBUQUERQUE, R. R.; PINTO, J. C.; MOREIRA, A. L. Termorregulação. **Faculdade de Medicina da Universidade do Porto Serviço de Fisiologia**, p. 20, 2001.

MAGRIN, G. O.; MARENGO, J. A.; ALFARO, E.; ANTHELME, F.; BARTON, J.; BECKER, N. 7. Central and South America. **Cambridge University Press**, v. 8, n. 2, p. 173–178, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/136346157100800221>

MAIA, J. A. **Uma análise do conforto térmico e suas relações meteorotrópicas na cidade de São Paulo**. 2002. - Universidade de São Paulo, [s. l.], 2002.

MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T.; DA ROCHA, R. P.; ALVES, L. M.; CUADRA, S. V.; VALVERDE, M. C.; TORRES, R. R.; SANTOS, D. C.; FERRAZ, S. E. T. Future change of climate in South America in the late twenty-first century: Intercomparison of scenarios from three regional climate models. **Climate Dynamics**, v. 35, n. 6, p. 1089–1113, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00382-009-0721-6>

- MARENGO, J.; AMBRIZZI, T.; ALVES, L.; NOBRE, C.; PISNITCHENKO, I.; CLIMÁTICOS, C.-C. D. P. D. T. E. E. Atlas de Cenários Climáticos Futuros para o Brasil - Projeções climáticas (precipitação e temperatura) para o Brasil durante a segunda metade do Século XXI usando modelos regionais, nos cenários de baixas emissões (otimista IPCC-B2) e de altas emissões. v. 1, p. 124, 2007.
- MARTENS, W. J. M. Climate change, thermal stress and mortality changes. **Social Science and Medicine**, v. 46, n. 3, p. 331–344, 1998. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(97\)00162-7](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(97)00162-7)
- MARTIN, G. M. *et al.* The HadGEM2 family of Met Office Unified Model climate configurations. **Geoscientific Model Development**, v. 4, n. 3, p. 723–757, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/gmd-4-723-2011>
- MARTÍNEZ-SOLANAS, È.; BASAGAÑA, X. Temporal changes in temperature-related mortality in Spain and effect of the implementation of a Heat Health Prevention Plan. **Environmental Research**, v. 169, n. June 2018, p. 102–113, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.11.006>
- MARTORANO, L. G.; ANGELOCCI, L. R.; VETTORAZZI, C. A.; VALENTE, R. de O. A. Zoneamento agroecológico para a região de Ribeirão Preto utilizando um sistema de informações geográficas. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 3, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90161999000300032>
- MCGEEHIN, M. a.; MIRABELLI, M. The Potential Impacts of Climate Variability and Change on Temperature-Related Morbidity and Mortality in the United States. **Environmental Health Perspectives**, v. 109, n. 2, p. 185–189, 2001.
- MCGREGOR, G. R. Human biometeorology. **Progress in Physical Geography**, v. 36, n. 1, p. 93–109, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0309133311417942>
- MCMICHAEL, A. J. *et al.* International study of temperature, heat and urban mortality: The “ISOETHURM” project. **International Journal of Epidemiology**, v. 37, n. 5, p. 1121–1131, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ije/dyn086>
- MCMICHAEL, A. J.; WOODRUFF, R. E.; HALES, S. Climate change and human health: Present and future risks. **Lancet**, v. 367, n. 9513, p. 859–869, 2006. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)68079-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68079-3)
- MCTI. **Third National Communication of Brazil to the United Nations Framework Convention on Climate Change – Executive Summary**. [S. l.: s. n.].
- MCTI. **Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações**

Unidas sobre Mudança do Clima. [S. l.: s. n.]. v. 6 Disponível em: <https://doi.org/10.35699/2525-8036.2021.29325>

MESINGER, F. A Blocking Technique for Representation of Mountains in Atmospheric Models. **Rivista di Meteorologia Aeronautica**, v. 44, p. 195–202, 1984.

MIRANDA, D.; MORAIS, G.; MENDES, G.; CRUZ, A.; SILVA, A.; LUCIA, A. O envelhecimento populacional brasileiro: desafios e consequências sociais atuais e futuras. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 19, n. 3, p. 507–19, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-98232016019.150140>

MONTEIRO, A. Clima-Qualidade do Ar-Saúde: um nexos de causalidade (in)desejável para o Homem? 1. **Revista da Faculdade de Letras-Geografia I Série**, v. XII, n. 7, p. 39–71, 1996.

MOREIRA, F. de A.; NUNES, L. H.; PATERSON, S.; PELLING, M. Contested Development Working Paper Series. Adaptive Capacity Index: Part II. Santos, Brazil. **Department of Geography King's College London**, v. 77, p. 1–70, 2017. Disponível em: <https://www.kcl.ac.uk/sspp/departments/geography/research/Research-Domains/Contested-Development/workingpapers.aspx>

MOREIRA, M.; BARETTA, D.; SIU, M. T.; CARDOSO, E. J. B. N. Spore density and root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in preserved or disturbed *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. ecosystems. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 4, p. 380–385, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-90162006000400009>

NEDEL, A. S. Condições Meteorológicas Favoráveis à Ocorrência de Doenças Respiratórias em Crianças da Cidade de São Paulo. **Revista de Trabajo Social**, v. 1, n. 75, p. 199, 2008. Disponível em: <http://www.iag.usp.br/pos/meteorologia/portugues/dissertacoestestes/condições-meteorológicas-favoráveis-à-ocorrência-de-doença>

NOBRE, A. C.; YOUNG, A. F.; SALDIVA, P.; ET, al. Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas. p. 32, 2010. Disponível em: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/publicacoes/2010/SumarioExecutivo_megacidades.pdf

NUNES, L. H.; ALVES, L. M.; HOSOKAWA, E. K.; MARENGO, J. A. Patterns of extreme precipitation in Santos. **Climate Change in Santos Brazil: Projections, Impacts and Adaptation Options**, p. 45–57, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-96535-2_3

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. [S. l.: s. n.]. v. 2

OLIVEIRA, V. A. de; DE MELLO, C. R.; BESKOW, S.; VIOLA, M. R.; SRINIVASAN, R. Modeling the effects of climate change on hydrology and sediment load in a headwater basin in the Brazilian Cerrado biome. **Ecological Engineering**, v. 133, n. April, p. 20–31, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.04.021>

ONO, H. S. P.; KAWAMURA, T. Sensible climates in monsoon Asia. **International Journal of Biometeorology**, v. 35, n. 1, p. 39–47, 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF01040962>

OSILLA, E.; MARSIDI, J.; SHARMA, S. **Physiology, Temperature Regulation**. [s. l.], 2022. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507838/>. Acesso em: 21 mar. 2022.

PEÑA, J. C.; ARAN, M.; RASO, J. M.; PÉREZ-ZANÓN, N. Principal sequence pattern analysis of episodes of excess mortality due to heat in the Barcelona metropolitan area. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 4, p. 435–446, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0857-x>

PERERA, A. T. D.; NIK, V. M.; CHEN, D.; SCARTEZZINI, J. L.; HONG, T. Quantifying the impacts of climate change and extreme climate events on energy systems. **Nature Energy**, v. 5, n. 2, p. 150–159, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41560-020-0558-0>

PINTO, R. S. da C. **O contributo dos SIG para a compreensão da sobremorbilidade por Enfarte Agudo do Miocárdio , nos idosos durante eventos extremos de calor e de frio Raquel Sofia da Costa Pinto**. 2016. - Universidade do Porto, [s. l.], 2016.

REGAZZI, A. J. **Análise multivariada**. 2000. - Universidade Federal de Viçosa, [s. l.], 2000.

RIahi, K.; RAO, S.; KREY, V.; CHO, C.; CHIRKOV, V.; FISCHER, G.; KINDERMANN, G.; NAKICENOVIC, N.; RAFAJ, P. RCP 8.5-A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. **Climatic Change**, v. 109, n. 1, p. 33–57, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0149-y>

ROBIM, M.; PFEIFER, R. CORRELAÇÕES DE CARACTERÍSTICAS DO MEIO BIOFÍSICO DO PARQUE ES-TADUAL DE CAMPOS DO JORDÃO, SP Introdução. **Acta Botanica Brasilica**, [s. l.], 1989, p. 175–181. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0102-33061988000300015>. Acesso em: 24 abr. 2021.

RODRIGUES, M.; SANTANA, P.; ROCHA, A. Projections of temperature-attributable

deaths in portuguese metropolitan areas: A time-series modelling approach. **Atmosphere**, v. 10, n. 12, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ATMOS10120735>

ROMERO, M. A. B. Principios bioclimaticos para o desenho urbano. 2001. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=GqQ5HQAACAAJ&dq=Princípios+Bioclimáticos+para+o+Desenho+Urbano.&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwi-kuDZw5DcAhWIhpAKHdp6BHkQ6AEIMTAB>

SALDIVA, P. H.; POPE, C. A. 3rd; SCHWARTZ, J.; DOCKERY, D. W.; LICHTENFELS, A. J.; SALGE, J. M.; BARONE, I.; BOHM, G. M. Air pollution and mortality in elderly people: a time-series study in Sao Paulo, Brazil. **Archives of environmental health**, v. 50, n. 2, p. 159–163, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00039896.1995.9940893>

SANTANA, A. C. CAPÍTULO 6 APÊNDICE – ANÁLISE FATORIAL. In: **Elementos de economia, agronegócio e desenvolvimento local**. Belém, PA: [s. n.], 2005. p. 206.

SANTOS, J. B. dos; AMORIM, R. F. C.; CAVALCANTE, L. P. A. Análise do conforto térmico humano no município de Arapiraca - Alagoas, utilizando software Matlab. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 07, n. 5, p. 939–948, 2014. Disponível em: www.ufpe.br/rbgfe

SCHRÖDER-BUTTERFILL, E.; MARIANTI, R. A framework for understanding old-age vulnerabilities. **Ageing and Society**, v. 26, n. 1, p. 9–35, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0144686X05004423>

SCHWARZ, G. Estimating the dimension of a model. **The Annals of Statistics**, v. 6, n. 2, p. 461–464, 1978.

SEADE. **Razão de sexo (1) da população de 60 anos e mais, por grupos de idade**. [s. l.], 2010. Disponível em: <http://produtos.seade.gov.br/produtos/retratosdesp/view/index.php?locId=1000&indId=4&temaId=1>. Acesso em: 10 ago. 2018.

SEADE. **Demografia e políticas públicas**. [s. l.], 2020. Disponível em: [https://www.seade.gov.br/demografia-e-politicas-publicas/#:~:text=De acordo com a Seade,0%2C2%25 ao ano](https://www.seade.gov.br/demografia-e-politicas-publicas/#:~:text=De acordo com a Seade,0%2C2%25 ao ano.). Acesso em: 8 jun. 2022.

SETTE, D. M.; RIBEIRO, H. Interações entre o clima, o tempo e a saúde humana. **Revista de Saúde Meio Ambiente e Sociedade**, v. 6, n. 2, p. 37–51, 2011.

SILVA, P. M. R. da. Universidade do Minho Escola de Engenharia. p. 207, 2013.

SMITH, L. A **tutorial on PCSA**Department of Computer Science, University of Otago. [S. l.: s. n.].

SMITH, T. J.; MCKENNA, C. M. A comparison of logistic regression pseudo R2 indices. **Multiple Linear Regression Viewpoints**, v. 39, n. 2, p. 17–26, 2013. Disponível em: file:///C:/Users/Nga/Downloads/Smith_v39n2.pdf

SOARES, F. V. Relação entre alterações climáticas e fatores determinantes da mortalidade de idosos no município de São Carlos (SP) em um período de dez anos Relationship between climate change and determinant factors of mortality among the elderly in the municipality. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 1, p. 135–146, 2012.

SON, J.-Y.; GOUVEIA, N.; BRAVO, M. A.; FREITAS, C. U. de; BELL, M. L. The impact of temperature on mortality in a subtropical city: Effects. **Int J Biometeorol.**, v. 60, n. 1, p. 113–121, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1009-7>

SOUSA, R. de C.; RIZZI, N. E.; RANZINI, M.; ARCOVA, F. C. S.; DE CICCIO, V.; DA SILVA, L. R. Intercepção pluviométrica pelo dossel de floresta ombrófila mista alto-montana no parque estadual de campos do Jordão, sp, brasil. **Floresta**, v. 46, n. 2, p. 243–250, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/RF.v46i2.39739>

SOUZA, D.; SANTOS, S.; APARECIDA, D. Hospitalizações por infecção respiratória associada a fatores ambientais. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, Fortaleza-Ceará, v. 27, n. 3, p. 312–318, 2014. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40838483004>

SOUZA, D. M. De; NERY, J. T. O Conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica. **Geografia**, v. 21, n. 2, p. 65–83, 2012.

STEWART, P. D. S. Seasonality and selective trends in viral acute respiratory tract infections. **Medical Hypotheses**, v. 86, p. 104–119, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2015.11.005>

SUN, Z.; WANG, Q.; CHEN, C.; YANG, Y.; YAN, M.; DU, H.; CHEN, K.; S. JI, J.; LI, T. Projection of Temperature-Related Excess Mortality by Integrating Population Adaptability Under Changing Climate — China, 2050s and 2080s. **China CDC Weekly**, v. 3, n. 33, p. 697–701, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.46234/ccdcw2021.174>

SUPING, Z.; GUANGLIN, M.; YANWEN, W.; JI, L. Study of the relationships between weather conditions and the marathon race, and of meteorotropic effects on distance runners. **International Journal of Biometeorology**, v. 36, n. 2, p. 63–68, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF01208915>

TEODORO, M.; CARVALHO, S. De; MICHALOSKI, A. O. Fatores que influenciam no conforto térmico no ambiente do trabalho: uma revisão sistemática. p. 1–14, 2018.

VANECKOVA, P.; HART, M. A.; BEGGS, P. J.; DE DEAR, R. J. Synoptic analysis of heat-related mortality in Sydney, Australia, 1993-2001. **International Journal of Biometeorology**, v. 52, n. 6, p. 439–451, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-007-0138-z>

VIGOTTI, M. A.; MUGGEO, V. M. R.; CUSIMANO, R. The effect of birthplace on heat tolerance and mortality in Milan, Italy, 1980-1989. **International Journal of Biometeorology**, v. 50, n. 6, p. 335–341, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0035-x>

VOGELAERE, P.; PEREIRA, C. Termoregulação e Envelhecimento. **Rev Port Cardiol**, n. 5, p. 747–761, 2005.

WAGNER, J. A.; HORVATH, S. M.; KITAGAWA, K.; BOLDUAN, N. W. Comparisons of blood and urinary responses to cold exposures in young and older men and women. **Journals of Gerontology**, v. 42, n. 2, p. 173–179, 1987. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/geronj/42.2.173>

WAJNGARTEN, M. O coração no idoso. **Jornal Diagnósticos em Cardiologia**, n. 43, p. 1–9, 2010.

WANG, C.; CHEN, R.; KUANG, X.; DUAN, X.; KAN, H. Temperature and daily mortality in Suzhou, China: A time series analysis. **Science of the Total Environment**, v. 466–467, p. 985–990, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.08.011>

WHO. **Cardiovascular diseases (CVDs)**. [s. l.], 2017. Disponível em: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)#:~:text=CVDs are the number 1,to heart attack and stroke](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)#:~:text=CVDs are the number 1,to heart attack and stroke). Acesso em: 21 maio. 2020.

WOLD, S.; ESBENSEN, K.; GELADI, P. Principal Component Analysis. **Chemometrics and intelligent laboratory systems**, v. 2, n. 1–3, p. 37–52, 1987. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0169-7439\(87\)80084-9](https://doi.org/10.1016/0169-7439(87)80084-9)

WOOD, J. M.; TATARYN, D. J.; GORSUCH, R. L. Effects of under- and overextraction on principal axis factor analysis with varimax rotation. **Psychological Methods**, v. 1, n. 4, p. 354–365, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1037/1082-989X.1.4.354>

YANG, J. *et al.* Projecting heat-related excess mortality under climate change scenarios

in China. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 1–11, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21305-1>

YAO, R.; LI, B.; LIU, J. A theoretical adaptive model of thermal comfort - Adaptive Predicted Mean Vote (aPMV). **Building and Environment**, v. 44, n. 10, p. 2089–2096, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.02.014>

YI, W.; CHAN, A. P. C. Effects of temperature on mortality in Hong Kong: a time series analysis. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 7, p. 927–936, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0895-4>

YU, W.; MENGERSEN, K.; WANG, X. Daily average temperature and mortality among the elderly : a meta-analysis and systematic review of epidemiological evidence. **Int J Biometeorol**, v. 56, p. 569–581, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0497-3>

ZANOBETTI, A.; O'NEILL, M. S.; GRONLUND, C. J.; SCHWARTZ, J. D. Susceptibility to Mortality in Weather Extremes. **Epidemiology**, v. 24, n. 6, p. 809–819, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/01.ede.0000434432.06765.91>

ZAR, J. H. Significance testing of the spearman rank correlation coefficient. **Journal of the American Statistical Association**, v. 67, n. 339, p. 578–580, 1972. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01621459.1972.10481251>

ZASLAVSKY, C.; GUS, I. Idoso. Doença cardíaca e comorbidades. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 79, n. 6, p. 635–639, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0066-782x2002001500011>

ZHANG, Y.; LI, C.; FENG, R.; ZHU, Y.; WU, K.; TAN, X.; MA, L. The short-term effect of ambient temperature on mortality in Wuhan, China: A time-series study using a distributed lag non-linear model. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 7, p. 1–13, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph13070722>

ZHANG, Y.; YU, C.; BAO, J.; LI, X. Impact of temperature on mortality in Hubei, China: A multi-county time series analysis. **Scientific Reports**, v. 7, n. November 2016, p. 1–9, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/srep45093>

ZHAO, Q. *et al.* Global, regional, and national burden of mortality associated with non-optimal ambient temperatures from 2000 to 2019: a three-stage modelling study. **The Lancet Planetary Health**, v. 5, n. 7, p. e415–e425, 2021. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00081-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00081-4)

APÊNDICE A – SÉRIE TEMPORAL DOS DADOS METEOROLÓGICOS DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS DAS TRÊS CIDADES DE ESTUDO

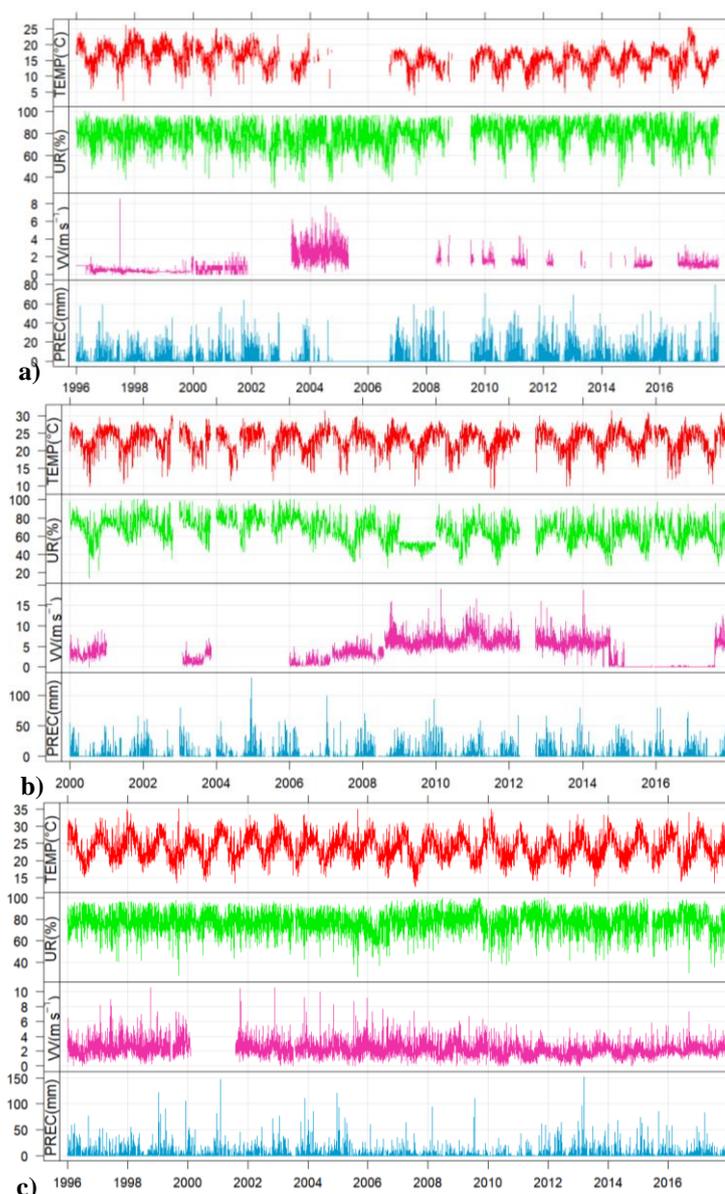


Figura 24 – Série temporal das variáveis meteorológicas (Temperatura média – TEMP, Umidade Relativa – UR, Velocidade do Vento -VV e Precipitação – PREC) proveniente das estações meteorológicas no período de 1996 a 2017 para a) Campos do Jordão, b) Ribeirão Preto (2000-2017) e c) Santos

APÊNDICE B – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE CONSIDERANDO OS FATORES DE EXPOSIÇÃO PARA AS TRÊS CIDADES DE ESTUDO

Tabela 41 - Análise de sensibilidade para temperatura média com aplicação dos testes estatístico Pseudo-R² e resíduos de desvios para as três cidades de estudo considerando o período completo, período frio e quente de 1996 a 2017, exceto Ribeirão Preto (2000-2017)

Períodos	Modelos	Campos do Jordão		Ribeirão Preto		Santos	
		Pseudo-R ²	Resíduos de Desvio	Pseudo-R ²	Resíduos de Desvio	Pseudo-R ²	Resíduos de Desvio
Completo	Lag 7	0,50	1035,92	0,95	39,36	0,95	36,37
	Lag 14	0,53	955,32	0,95	33,99	0,95	33,30
	Lag 21	0,55	906,62	0,96	28,98	0,95	30,72
Frio	Lag 7	0,54	427,79	0,96	14,00	0,96	14,74
	Lag 14	0,57	398,71	0,97	11,52	0,96	13,58
	Lag 21	0,60	366,51	0,97	9,63	0,96	12,50
Quente	Lag 7	0,60	498,30	0,95	13,92	0,95	14,13
	Lag 14	0,64	437,92	0,96	11,19	0,96	11,91
	Lag 21	0,67	396,11	0,96	9,34	0,97	9,97

Tabela 42 - Análise de sensibilidade para o índice de temperatura efetiva com aplicação dos testes estatístico Pseudo-R² e resíduos de desvios para as três cidades de estudo considerando o período completo, período frio e quente de 1996 a 2017, exceto Ribeirão Preto (2000-2017)

Períodos	Modelos	Campos do Jordão		Ribeirão Preto		Santos	
		Pseudo-R ²	Resíduos de Desvio	Pseudo-R ²	Resíduos de Desvio	Pseudo-R ²	Resíduos de Desvio
Completo	Lag 7	0,54	931,17	0,95	39,73	0,94	37,58
	Lag 14	0,56	860,92	0,95	34,57	0,95	34,41
	Lag 21	0,59	811,38	0,96	29,64	0,95	30,85
Frio	Lag 7	0,59	359,67	0,96	14,10	0,96	14,80
	Lag 14	0,60	343,03	0,97	11,55	0,96	13,59
	Lag 21	0,65	311,79	0,97	9,67	0,96	12,54
Quente	Lag 7	0,62	471,00	0,95	13,97	0,95	14,38
	Lag 14	0,66	421,70	0,96	11,24	0,96	12,39
	Lag 21	0,68	379,68	0,96	9,43	0,97	10,20

Tabela 43 - Análise de sensibilidade para o índice de temperatura efetiva em função do vento com aplicação dos testes estatístico Pseudo-R² e resíduos de desvios para as três cidades de estudo considerando o período completo, período frio e quente de 1996 a 2017, exceto Ribeirão Preto (2000-2017)

Períodos	Modelos	Campos do Jordão		Ribeirão Preto		Santos	
		Pseudo-R ²	Resíduos de Desvio	Pseudo-R ²	Resíduos de Desvio	Pseudo-R ²	Resíduos de Desvio
Completo	Lag 7	0,82	366,84	0,95	28,40	0,95	33,78
	Lag 14	0,85	308,48	0,96	24,31	0,95	31,10
	Lag 21	0,86	283,58	0,97	20,67	0,96	27,85
Frio	Lag 7	0,85	140,74	0,96	10,13	0,96	13,32
	Lag 14	0,87	119,71	0,97	8,25	0,96	12,14
	Lag 21	0,89	102,02	0,98	6,49	0,97	11,01
Quente	Lag 7	0,87	163,90	0,95	10,45	0,95	13,53
	Lag 14	0,90	123,30	0,96	7,89	0,96	11,60
	Lag 21	0,93	94,57	0,98	6,27	0,97	9,39

APÊNDICE C – RISCO RELATIVO DA EXPOSIÇÃO-RESPOSTA PARA CAMPOS DO JORDÃO

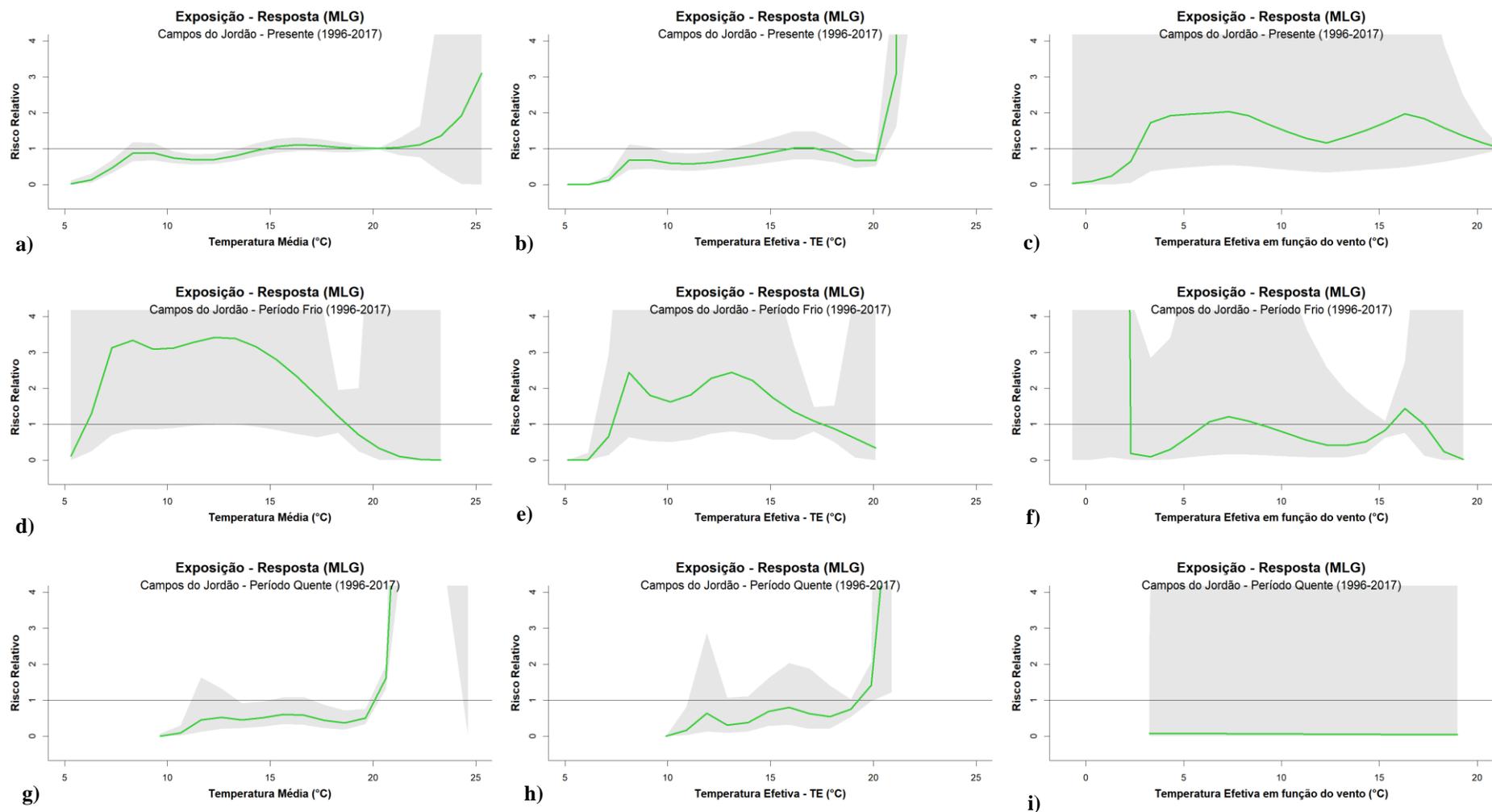


Figura 25 - Risco relativo acumulado de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias considerando a exposição a-d-g) temperatura média, b-e-h) índice de temperatura efetiva e c-f-i) índice de temperatura efetiva em função do vento para Campos do Jordão nos períodos completo, frio e quente (de cima para baixo). As linhas verdes representam a curva de exposição-mortalidade e o sombreado em cinza são os intervalos de confiança de 95%.

