



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
Instituto de Geociências
Departamento de Meteorologia

**RELAÇÃO ENTRE EVENTOS EXTREMOS DE
TEMPERATURA E AS TAXAS DE MORTALIDADE DAS
REGIÕES METROPOLITANAS DO RIO DE JANEIRO E DE
SÃO PAULO: ESTUDOS DE CASO DOS ANOS DE 2010, 2012 E
2016**

Lucas Cesar Osorio de Castro

Orientadores: D. Sc. Renata Libonati dos Santos

D. Sc. Leonardo de Faria Peres

Monografia submetida ao corpo docente do Departamento de Meteorologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção de grau de Bacharel em Meteorologia.

Rio de Janeiro, RJ

Dezembro, 2019

RELAÇÃO ENTRE EVENTOS EXTREMOS DE TEMPERATURA E AS
TAXAS DE MORTALIDADE DAS REGIÕES METROPOLITANAS DO RIO
DE JANEIRO E DE SÃO PAULO: ESTUDO DE CASO DOS ANOS DE 2010,
2012 E 2016

Lucas Cesar Osorio de Castro

Monografia submetida ao corpo docente do Departamento de Meteorologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção de grau de Bacharel em Meteorologia.

Avaliada por:

Prof.^a D. Sc. Renata Libonati dos Santos

Prof.^o D. Leonardo de Faria Peres

Prof.^a D. Sc. Ana Cristina Palmeira

Prof.^a D. Sc. Ana Nunes

D. Sc. Mônica de Avelar Mafra Magalhães

Rio de Janeiro, RJ
Dezembro, 2019

RELAÇÃO ENTRE EVENTOS EXTREMOS DE TEMPERATURA E AS TAXAS DE
MORTALIDADE DAS REGIÕES METROPOLITANAS DO RIO DE JANEIRO E DE
SÃO PAULO: ESTUDO DE CASO DOS ANOS DE 2010, 2012 E 2016

CASTRO, LUCAS C. O. DE

RELAÇÃO ENTRE EVENTOS EXTREMOS DE TEMPERATURA E AS TAXAS DE
MORTALIDADE DAS REGIÕES METROPOLITANAS DO RIO DE JANEIRO E DE
SÃO PAULO: ESTUDO DE CASO DOS ANOS DE 2010, 2012 E 2016

[Rio de Janeiro], 2019

Monografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Meteorologia.

1. Eventos extremos de Temperatura
2. Ondas de Calor e de Frio
3. Taxa de Mortalidade

“É preciso sonhar, mas com a condição de crer em nosso sonho, de observar com atenção a vida real, de confrontar a observação com nosso sonho, de realizar escrupulosamente nossas fantasias.

Sonhos, acredite neles.”

(Vladimir Ilyich Ulyanov, Lênin)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais Roger e Eliane e aos meus irmãos Caio e Pedro, por nunca terem medido esforços para que eu pudesse ter uma educação de excelência. Sem vocês, nada disto seria possível. Esta conquista é nossa!

A minha namorada Gabriela Kafa, por todo amor e carinho ao longo de todos os anos que estamos junto, por ter sido mais que uma companheira nessa jornada, uma ouvinte paciente, sempre estando ao meu lado e apoiando incansavelmente. Você tornou tudo mais fácil!

Aos meus amigos de faculdade Renan Pimentel, Júlia Carelli, Luiz Felipe, Vitor Miranda, Filipe Pungirum, Filipe Lemos, Talássia Fernandes, Caio Átila, Ana Clara, Marcolino Nascimento, Victor Veiga, Beatriz Nunes e Luiza Cavalcanti. Agradeço por toda paciência e companheirismo. Vocês tornaram esses anos mais leves com todas as risadas, conselhos, almoços e reuniões no corredor. Obrigado por tudo!

Aos meus orientadores Renata Libonati e Leonardo Peres, agradeço pela paciência e pelo tempo dispensado a mim, por todos os ensinamentos dentro e fora de sala.

Ao meu amigo Daniel Coimbra que está comigo desde antes da faculdade, sempre muito atencioso e solícito a ajudar, muito obrigado!

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal caracterizar e identificar Eventos Extremos de Temperatura (EET's) como fenômenos de Ondas de Calor (OC) e de Ondas de Frio (OF) nas Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro (RMRJ) e de São Paulo (RMSP), avaliando o padrão médio de ocorrência, variabilidade anual, padrão sazonal e o levantamento por intensidade destes eventos no período de 1961 até 2018. Também foi feita uma busca por EET's que geraram um cenário crítico para o setor da Saúde Pública das regiões que serviram como objeto de estudo, quantificando o excedente de óbitos e identificando os grupos de gênero e faixa etária mais vulneráveis durante os períodos de calor e frio extremo. Além do mais, foi feito um estudo completo sobre os impactos dos EET's sobre a população carcerária do Instituto Penal Plácido de Sá Carvalho (IPPSC), a fim de identificar possíveis óbitos que ocorreram durante ou próximo da ocorrência destes eventos. Para a RMRJ, foi observado a alta vulnerabilidade do grupo dos idosos em que foi verificado o excesso de óbitos entre 20,99% e 47,98% dentre os eventos de OC's analisados, afetando especialmente as idosas, além de que foi registrado o excesso de óbitos acima de 31% nos casos de OF's investigados. Para a RMSP, o impacto dos EET's assim como para a RMRJ, foi mais evidente sobre os idosos em que houve o excesso de Taxa de Mortalidade acima de 22,71% durante a ocorrência de uma OC, e de até 42,42% durante períodos de OF's. Já para os detentos do IPPSC 70% das fatalidades registradas ocorreram durante EET's , totalizando 18% em eventos de calor extremo e 52% devido ao frio intenso.

ABSTRACT

The main objective of this work is to characterize and identify Extreme Temperature Events (ETE's) as Heatwaves (HW) and Coldwaves (CW) phenomena in Metropolitan Regions of Rio de Janeiro (MRRJ) and of São Paulo (MRSP), evaluating the mean pattern of occurrence, annual variability, seasonal pattern and the intensity of these events from 1961 and 2018. An investigation was also made for ETE's that generated a critical scenario for the Public Health sector of the regions used as study object, quantifying the excess of deaths and identifying the most vulnerable groups by gender and age during extreme hot and cold periods. In addition, a full study was conducted on the impacts of ETE's on the prisoner population of the Plácido de Sá Carvalho Penal Institute (IPPSC) in order to identify possible deaths that occurred during or near the occurrence of these events. For the MRRJ, it was observed the high vulnerability of the group of elderly in which the excess of deaths was verified between 20.99% and 47.98% among the HW's events analyzed, especially affecting the female elderly, and it was registered the excess of deaths above 31% in cases of CW's investigated. For the MRSP, the impact of ETE's as well as the MRRJ was more evident in the elderly where there was an excess Mortality Rate above 22.71% during the occurrence of an HW, and above 42.42% during periods of CW's. For IPPSC detainees, 70% of reported fatalities occurred during ETEs, totaling 18% in extreme heat events and 52% due to intense cold.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3	DADOS E MÉTODOS.....	8
3.1	Dados	Error! Bookmark not defined.
3.2	Metodologia.....	11
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	16
4.1	Caracterização dos Eventos Extremos de Temperatura na RMRJ.....	16
4.2	Caracterização dos Eventos Extremos de Temperatura na RMSP	30
4.3	Estudo de caso 1: alterações na Taxa de Mortalidade em decorrência de Eventos Extremos de Calor no ano de 2010 na RMRJ.....	37
4.4	Estudo de caso 2: alterações na Taxa de Mortalidade em decorrência de Eventos Extremos de Calor no ano de 2012 na RMRJ.....	45
4.5	Estudo de caso 3: alterações na Taxa de Mortalidade em decorrência de Eventos Extremos de Calor e de Frio no ano de 2016 na RMRJ e na RMSP	54
4.6	Estudo de caso 4: relação entre óbitos ocorridos no IPPSC e eventos extremos de calor e frio.....	69
4.7	Discussão dos resultados dos Estudos de Caso.....	76
5	CONCLUSÕES.....	82
6	REFERÊNCIAS	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Região Metropolitana do Rio de Janeiro de acordo com a Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro (CEPERJ, 2016). As estações meteorológicas de superfície utilizadas estão destacadas com pontos pretos e o IPPSC está destacado com o triângulo vermelho.	9
Figura 3.2: Região Metropolitana do São Paulo de acordo com a Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A do Governo do Estado de São Paulo (EMPLASA, 2011). A estação meteorológica de superfície utilizada está destacada com o ponto preto.	9
Figura 4.1: Características gerais das OC's, no período 1961 a 2018, detectadas em cada estação meteorológica de superfície localizada na RMRJ.	17
Figura 4.2: Características da Intensidade, no que tange a duração dos eventos das OC's detectadas em cada estação meteorológica de superfície localizada na RMRJ, para o período 1961 a 2018.	19
Figura 4.3: Total de OC's para cada mês no período 1961 a 2018, para cada índice extremo e para cada estação meteorológica de superfície da RMRJ.....	21
Figura 4.4: Total de dias durante episódios de OC's para cada ano, no período 1961 a 2018, e para cada índice extremo na RMRJ utilizando a temperatura média entre as estações meteorológicas de superfície SBAF, SBGL, SBRJ e SBSC.	24
Figura 4.5: Características gerais das OF's detectadas, no período 1961 a 2018, em cada estação meteorológica de superfície localizada na RMRJ..	25
Figura 4.6: Características da Intensidade, no que tange a duração dos eventos das OF's detectadas em cada estação meteorológica de superfície localizada na RMRJ, para o período 1961 a 2018.	27
Figura 4.7: Total de OF's para cada mês no período de 1961 a 2018, para cada índice extremo e para cada estação meteorológica de superfície da RMRJ.	28
Figura 4.8: Total de dias durante episódios de OF's para cada ano, no período 1961 a 2018, e para cada índice extremo RMRJ, utilizando a temperatura média calculada entre as estações meteorológicas de superfície disponíveis na RMRJ.	29

Figura 4.9: Total de OC's por mês e para cada índice extremo na RMSP no período 1961 a 2018, utilizando estação Mirante de Santana como estação representativa para a região.	32
Figura 4.10: Total de dias durante episódios de OC's para cada ano, no período 1961 a 2018, e para cada índice extremo RMSP, utilizando a estação Mirante de Santana como estação representativa.	33
Figura 4.11: Total de OF's por mês e para cada índice extremo na RMSP, no período 1961 a 2018, utilizando estação Mirante de Santana como estação representativa para a região.	35
Figura 4.12: Total de dias durante episódios de OF's para cada ano e para cada índice extremo RMSP, no período 1961 a 2018, utilizando a estação Mirante de Santana como estação representativa.	36
Figura 4.13: Comportamento de Tmax e Tmin no ano de 2010 em SBRJ (a), SBGL (b), SBAF (c), SBSC (d) e com a Temperatura Média (e) calculada entre as estações disponíveis para a RMRJ, destacados tarjas cinzas os EET's que ocorridos em janeiro e fevereiro de 2010. As áreas preenchidas com vermelho e em verde destacam a ocorrência de eventos de OC's (detectadas com CTX90pct e CTN90pct, respectivamente) e as áreas preenchidas com roxo e rosa destacam a ocorrência de OF's (detectadas com CTX10pct e CTN10pct, respectivamente).	38
Figura 4.14: Comportamento da TM do gênero feminino na RMRJ durante o ano de 2010, separados por grupos de faixa etária: FX1 (a), FX2 (b), FX3 (c) FX4 (d). As tarjas laranja destacam os eventos calor extremo em questão. Preenchido em vermelho representam o excesso de mortalidade em relação ao seu respectivo percentil 90.	39
Figura 4.15: Comportamento da TM do gênero masculino na RMRJ durante o ano de 2010, separados por grupos de faixa etária: FX1 (a), FX2 (b), FX3 (c) FX4 (d). As tarjas laranja destacam os eventos calor extremo em questão. Preenchido em vermelho representam o excesso de mortalidade em relação ao seu respectivo percentil 90.	40
Figura 4.16: Gráfico de dispersão de óbitos do gênero feminino e masculino da RMRJ, para as faixas etárias mais afetadas de acordo com a tabela 4.3, considerando Tmax e Tmin durante o ano de 2010	44

Figura 4.17: Comportamento de Tmax e Tmin no ano de 2012 em SBRJ (a), SBGL (b), SBAF (c), SBSC (d) e com a Temperatura Média (e) calculada entre as estações disponíveis para a RMRJ, destacados tarjas cinzas os EET's que ocorridos em janeiro e fevereiro de 2010. As áreas preenchidas com vermelho e em verde destacam a ocorrência de eventos de OC's (detectadas com CTX90pct e CTN90pct, respectivamente) e as áreas preenchidas com roxo e rosa destacam a ocorrência de OF's (detectadas com CTX10pct e CTN10pct, respectivamente). 47

Figura 4.18: Comportamento da TM do gênero feminino na RMRJ durante o ano de 2012, separados por grupos de faixa etária: FX1 (a), FX2 (b), FX3 (c) FX4 (d). As tarjas laranja destacam os eventos calor extremo em questão. Preenchido em vermelho representam o excesso de mortalidade em relação ao seu respectivo percentil 90. 48

Figura 4.19: Comportamento da TM do gênero masculino na RMRJ durante o ano de 2012, separados por grupos de faixa etária: FX1 (a), FX2 (b), FX3 (c) FX4 (d). As tarjas laranja destacam os eventos calor extremo em questão. Preenchido em vermelho representam o excesso de mortalidade em relação ao seu respectivo percentil 90. 49

Figura 4.20: Gráfico de dispersão de óbitos do gênero feminino e masculino da RMRJ, para as faixas etárias mais afetadas de acordo com a tabela 4.4, considerando Tmax e Tmin durante o ano de 2012. 53

Figura 4.21: Comportamento de Tmax e Tmin no ano de 2016 em SBRJ (a), SBGL (b), SBAF (c), SBSC (d) e com a Temperatura Média (e) calculada entre as estações disponíveis para a RMRJ, destacados tarjas cinzas os EET's que ocorridos em abril, maio e junho de 2016. As áreas preenchidas com vermelho e em verde destacam a ocorrência de eventos de OC's (detectadas com CTX90pct e CTN90pct, respectivamente) e as áreas preenchidas com roxo e rosa destacam a ocorrência de OF's (detectadas com CTX10pct e CTN10pct, respectivamente). 56

Figura 4.22: Comportamento de Tmax e Tmin no ano de 2016 na estação meteorológica de superfície Mirante de Santana, localizada na RMSP. Os eventos de OC e OF's ocorridos em abril, maio e junho de 2016 estão destacados com tarjas cinzas. As áreas preenchidas com vermelho e em verde destacam a ocorrência de eventos de OC's (detectadas com CTX90pct e CTN90pct, respectivamente) e as áreas preenchidas com

roxo e rosa destacam a ocorrência de OF's (detectadas com CTX10pct e CTN10pct, respectivamente).	58
Figura 4.23: Comportamento da TM do gênero feminino da RMRJ durante o ano de 2016, separados por grupos de faixa etária: FX1 (a), FX2 (b), FX3 (c) FX4 (d). As tarjas laranja destacam os eventos calor extremo e as tarjas azuis destacam os eventos de frio extremo em questão. Preenchido em vermelho representam o excesso de mortalidade em relação ao seu respectivo percentil 90.	59
Figura 4.24: Comportamento da TM do gênero masculino da RMRJ durante o ano de 2016, separados por grupos de faixa etária: FX1 (a), FX2 (b), FX3 (c) FX4 (d). As tarjas laranja destacam os eventos calor extremo e as tarjas azuis destacam os eventos de frio extremo em questão. Preenchido em vermelho representam o excesso de mortalidade em relação ao seu respectivo percentil 90.	60
Figura 4.25: Comportamento da TM do gênero feminino da RMSP durante o ano de 2016, separados por grupos de faixa etária: FX1 (a), FX2 (b), FX3 (c) FX4 (d). As tarjas laranja destacam os eventos calor extremo e as tarjas azuis destacam os eventos de frio extremo em questão. Preenchido em vermelho representam o excesso de mortalidade em relação ao seu respectivo percentil 90.....	62
Figura 4.26: Comportamento da TM do gênero masculino da RMSP durante o ano de 2016, separados por grupos de faixa etária: FX1 (a), FX2 (b), FX3 (c) FX4 (d). As tarjas laranja destacam os eventos calor extremo e as tarjas azuis destacam os eventos de frio extremo em questão. Preenchido em vermelho representam o excesso de mortalidade em relação ao seu respectivo percentil 90.	63
Figura 4.27: Gráfico de dispersão de óbitos do gênero feminino e masculino da RMRJ, para as faixas etárias mais afetadas de acordo com a tabela 4.5, considerando Tmax e Tmin durante o ano de 2016.	67
Figura 4.28: : Gráfico de dispersão de óbitos do gênero feminino e masculino da RMSP, para as faixas etárias mais afetadas de acordo com a tabela 4.6, considerando Tmax e Tmin durante o ano de 2016.	68
Figura 4.29: Análise dos óbitos na unidade penitenciária IPPSC entre 2008 e 2018, por estação do ano e por grupos de faixa etária (FXD1 - 18 a 30 anos; FXD2 - 30 a 45 anos; FXD3 - 45 a 60 anos; FXD4 - maior ou igual a 60 anos).	70
Fig. 4.30. Evolução diária das temperaturas máximas - Tmax (em preto) e mínimas - Tmin (em azul) durante o período de 2008-2018. Comportamento diário do percentil 90 da	

Tmax (em vermelho) e da Tmin (em verde) e percentil 10 da Tmax (em roxo) e da Tmin (em rosa) em relação ao período 1961-2018. As datas dos óbitos ocorridos são representadas pelas linhas verticais: linhas pontilhadas correspondem a óbitos ocorridos próximos ou em períodos de OC's-CTX90pct (OC's diurnas); linhas sólidas referem-se aos registros de morte próximos ou em período de OC's-CTN90pct (OC's noturnas); linhas com pontos e traços para óbitos ocorridos próximos ou em períodos de eventos de OF-CTX10pct (OF's diurnas); linhas tracejadas representam as fatalidades ocorridas próximos ou em período de eventos de OF-CTN10pct (OF's noturnas); pontos para demarcar óbitos próximos a ocorrência de HD's; triângulos, para HN's; losangos, para CD's e estrelas para CN's. 74

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 6.1: Características gerais OC's e OFs detectadas, no período 1961 a 2018, para a estação meteorológica de superfície Mirante de Santana, localizada na RMSP.	30
Tabela 6.2: Características da Intensidade, no que tange a duração dos eventos das OC's e OF's detectadas, no período 1961 a 2018, para a estação meteorológica de superfície Mirante de Santana, localizada na RMSP.	33
Tabela 6.3: Características gerais da TM, por gênero e faixa etária, da RMRJ durante os eventos extremos de calor em análise ocorridos no ano de 2010. Destacado em vermelho os principais valores.	40
Tabela 6.4: Características gerais da TM, por gênero e faixa etária, da RMRJ durante os eventos extremos de calor em análise ocorridos no ano de 2012. Destacado em vermelho os principais valores.	49
Tabela 6.5: Características gerais da TM, por gênero e faixa etária, da RMRJ durante os eventos extremos de calor em análise ocorridos no ano de 2016. Destacado em vermelho os principais valores.	60
Tabela 6.6: Características gerais da TM, por gênero e faixa etária, da RMSP durante os eventos extremos de calor em análise ocorridos no ano de 2016. Destacado em vermelho os principais valores.	64
Tabela 4.7: Total de óbitos relacionados a eventos de calor no IPPSC (OC's, HD's e HN's), por estação do ano e por faixa etária.	70
Tabela 4.8. Total de óbitos relacionados a eventos de frio no IPPSC (OF's, CD's e CN's) por estação do ano e por faixa etária.	71
Tabela 4.9: Total de óbitos simultâneos e defasados em relação ao tipo de EET.	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEPERJ – Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro

CD's – Cold Days

CN's – Cold Nights

COPPE/UFRJ - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro

CTX90pct – Limiar extremo climatológico baseado no percentil 90 para a Temperatura Máxima

CTN90pct – Limiar extremo climatológico baseado no percentil 90 para a Temperatura Mínima

CTX10pct – Limiar extremo climatológico baseado no percentil 10 para a Temperatura Máxima

CTN10pct – Limiar extremo climatológico baseado no percentil 10 para a Temperatura Mínima

DATASUS - departamento de informática do Sistema Único de Saúde do Brasil

EET's – Eventos Extremos de Temperatura

EMPLASA – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A do Governo do Estado de São Paulo

FAB – Força Aérea do Brasil

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz

FX1 – Grupo de faixa etária de 0 a 14 anos

FX2 – Grupo de faixa etária de 15 a 29 anos

FX3 – Grupo de faixa etária de 30 a 59 anos

FX4 – Grupo de faixa etária igual ou superior a 60 anos

FXD1 – Detentos com faixa etária de 18 a 30 anos

FXD2 – Detentos com faixa etária de 30 a 45 anos

FXD3 – Detentos com faixa etária de 45 a 60 anos

FXD4 – Detentos com faixa etária igual ou superior a 60 anos

HD's – Hot Days

HN's – Hot Nights

ICEA – Instituto de Controle do Espaço Aéreo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*

IPPSC – Instituto Penal Plácido de Sá Carvalho

NOAA – *National Oceanic and Atmospheric Administration*

OC – Onda de Calor

OF – Onda de Frio

PIB – Produto Interno Bruto

RMRJ – Região Metropolitana do Rio de Janeiro

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

SIM – Sistema e Informações de Mortalidade

SBAF – Aeródromo Campo dos Afonsos

SBGL – Aeroporto Internacional Tom Jobim – RioGaleão

SBRJ – Aeroporto Santos Dumont

SBSC – Aeródromo de Santa Cruz

TM – Taxa de Mortalidade

Tmax – Temperatura Máxima

Tmin – Temperatura Mínima

1 INTRODUÇÃO

As Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro (RMRJ) e de São Paulo (RMSP) representam as duas maiores regiões metropolitanas do Brasil. Sendo a RMRJ com mais de 12 milhões de habitantes e a RMSP com mais de 21 milhões de habitantes. Além disto, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016, 2019), estas duas regiões são os maiores polos econômicos do país, de modo que a RMRJ possui Produto Interno Bruto (PIB) superior a R\$ 480 bilhões e a RMSP possui PIB superior a R\$ 1 trilhão. Além do mais estas regiões apresentam alto Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), sendo RMSP superando o valor de 0.7 e a RMRJ acima de 0.65. Apesar do alto desenvolvimento econômico e social, estas regiões ainda apresentam muitas disparidades sociais (PNUD; IPEA; FJP, 2014), além de ineficiência dos atendimentos básicos como na saúde pública.

Desta forma, tendo em vista que populações que carecem de infraestrutura adequada são altamente vulneráveis a Eventos Extremos de Temperatura (IPCC, 2014), é possível que o setor de saúde pública destas regiões, com alterações expressivas da Taxa de Mortalidade, seja afetado por fenômenos como por Ondas de Calor (OC's) e Ondas de Frio (OF's), além episódios pontuais de calor e de frio extremo. Este tipo de preocupação se deve a evidências concretas sobre as relações da Taxa de Mortalidade e os efeitos do calor (GUO et al., 2018; MORA et al., 2017) e do frio extremo (RYTI; GUO; JAAKKOLA, 2016) em diversas regiões do planeta, inclusive com evidências relevantes para a RMRJ (Geirinhas *et al.*, 2019) e para o Estado e a Cidade de São Paulo (GASPARRINI et al., 2015; GOUVEIA; HAJAT; ARMSTRONG, 2003; SON et al., 2016).

Além do mais, do atual ponto de vista do aquecimento global, projeções climáticas apontam que episódios de calor extremo se tornem mais frequentes, duradouros e intensos e que, mesmo diante do aquecimento recorrente, eventos de frio extremo continuaram a ocorrer (IPCC, 2014). Sendo assim, é provável que as regiões de estudo fiquem mais suscetíveis aos fenômenos meteorológicos em evidência.

Portanto, o ponto central deste trabalho consiste em caracterizar os Eventos Extremos de Temperatura (EET's), buscar e caracterizar as alterações na Taxa de

Mortalidade em decorrência destes eventos meteorológicos e para cada Região Metropolitana escolhida como objeto de estudo. Além disto, será investigado os impactos dos extremos de temperatura sobre um grupo populacional singular que é composto por detentos do Instituto Penal Plácido de Sá Carvalho (IPPSC).

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma: Além desta introdução, no Capítulo 2 apresenta-se a revisão da literatura, apresentando estudos recentes que discutem as tendências de temperatura no continente Sul-Americano e no Brasil, as principais implicações dos Eventos Extremos de Temperatura sobre a saúde humana e em outros setores. No Capítulo 3 estão descritos os dados e métodos utilizados no estudo. Os resultados são apresentados e discutidos no Capítulo 4. Finalmente no Capítulo 5 estão as conclusões e os principais considerações sobre o presente estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Recentemente, estudos apontam que o aquecimento global, induzido por atividades antrópicas, já altera os cenários do sistema climático, principalmente com o aumento da temperatura média de oceanos e do ar, além de que projeções indicam a persistência do aquecimento em escala global (IPCC, 2014 e 2018). De forma que, durante o período de 1951 a 2003 tendências positivas das temperaturas foram detectadas em 70% da área continental do planeta, apontando que dias e noites quentes tornaram-se mais frequentes em diversas regiões (ALEXANDER et al., 2006). Portanto, espera-se que o cenário aumento nos valores de temperaturas máximas e mínimas em escala global prevaleça, o que por sua vez ocasionará o incremento na frequência e duração de eventos extremos de calor e uma redução destes parâmetros para eventos extremos de frio, que apesar disso continuarão a ocorrer (IPCC, 2014).

Em especial, na América do Sul, há um aumento observado na intensidade e frequência de eventos de Ondas de Calor (OC), mas para eventos de Ondas de Frio (OF) nenhuma mudança significativa foi detectada (CECCHERINI et al., 2016). Em contrapartida, foi observado a tendência de redução de dias e noites frias e o aumento de dias e noites quentes em, praticamente toda a América do Sul (ALEXANDER et al., 2006; RUSTICUCCI, 2012; SKANSI et al., 2013; VINCENT et al., 2005), inclusive sobre a região sul do Brasil (ROSSO et al., 2015), além de haver evidências concentradas para áreas da região sudeste do Brasil, como cidades do Estado de São Paulo (BLAIN; PICOLI; LULU, 2009) e do Rio de Janeiro (SILVA; DEREZYNSKI, 2014). Diante destas evidências, é esperado que proporcione situações do aumento da duração, intensidade e frequência de OC's e a redução destes parâmetros para as OF's na América do Sul.

Neste sentido, estudos foram elaborados para entender os padrões sinóticos e condições de tempo associados a estes tipos de eventos. De acordo com GEIRINHAS *et al.* (2018), nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, de forma geral, foi observado que os episódios de calor extremo como as OC's estavam associadas a padrões similares a bloqueios atmosféricos com a atuação persistente de um anticiclone (sistema de alta pressão) nos níveis da atmosfera mais próximos do solo, com anomalias positivas de altura geopotencial no nível de 500hPa e de temperatura do ar no nível de 850hPa, anomalias negativas de umidade relativa à superfície e precipitação devido a advecção de

ar seco das regiões mais interiores como o interior do estado de Minas Gerais e da região Centro-Oeste do Brasil, além da intensificação dos fluxos radiativos com anomalias positivas de solar que chega à superfície e maior emissão de radiação pela superfície terrestre, ou seja, radiação termal, indicando a condição de céu limpo. Desta maneira, as OC's no Brasil, exibem um padrão sinótico similar ao que é observado em outras partes do mundo, como na Austrália (VANECKOVA et al., 2008), na cidade de Madrid localizada na Espanha (GARCÍA et al., 2002), na região do Mediterrâneo da Europa (STEFANON; DANDREA; DROBINSKI, 2012), na China (WANG et al., 2016) e na Romênia (SFÎCĂ et al., 2017) e na Península Ibérica (SOUSA et al., 2019).

Já para eventos de frio extremo, alguns estudos foram elaborados para a América do Sul para entender os mecanismos sinóticos que sustentam este tipo de evento. De acordo com MULLER e BERRI (2007) foi identificado que eventos extremos de frio, que inclusive ocasionaram geadas no sul da América do Sul, estiveram relacionados a anticlones migratórios anormalmente fortes nos níveis mais baixos da atmosfera e advecção de ar frio devido ao fluxo de sul que é intensificada quando há a presença de um ciclone sobre o Oceano Atlântico Sul. Além do mais, este tipo de condição atmosférica esteve associada ao deslocamento de uma Onda de Rosbby (sistema transiente baroclínico) que se propagam de latitudes subpolares para subtropicais. Este tipo de padrão sinótico associado a episódios de frio extremo também foi encontrado em latitudes subtropicais, especialmente para o Estado de São Paulo, que, do mesmo modo, foi verificado a presença de um anticiclone migratório excepcionalmente intenso e a ação do fluxo de sul (PEZZA; AMBRIZZI, 2005a).

Sendo assim, é fundamental compreender e projetar EET's, visto que tais eventos são capazes de provocar alterações nas taxas de mortalidade em escala (GUO et al., 2018; LEE, 2014; MORA et al., 2017; RYTI; GUO; JAAKKOLA, 2016), impactando principalmente os grupos vulneráveis como as crianças, os mais idosos (HARTZ et al., 2012) e populações que carecem de infraestrutura adequada (IPCC, 2014). Neste sentido, diversos estudos foram elaborados a fim de investigar eventos de OC's excepcionalmente intensas e que geraram condições para alterar significativamente as taxas de mortalidade. Estudos de caso sobre a OC intensa ocorreu na cidade de Chicago no ano de 1995, nos Estados Unidos, evidenciaram diversos transtornos para a saúde da população, como o excesso de internações e procura por auxílio médico, principalmente em relação aos

idosos, de pessoas com problemas de desidratação, insolação, condições cardíacas, condições endócrinas, problemas renais, doenças respiratórias e problemas no sistema nervoso (SEMENZA et al., 1999). Já em relação a fatalidades, os grupos mais afetados foram: os mais idosos; indivíduos com condições cardíacas; pessoas que vivem em isolamento social e, por fim, aqueles que não possuíam aparelhos de ar-condicionado em suas residências ou que moravam em edificações com baixa eficiência térmica (SEMENZA et al., 1996).

Outro caso marcante foi a mega OC ocorrida durante o verão europeu em 2003, que afetou principalmente a parte ocidental do velho continente, alterando as taxas de mortalidade de países como Portugal (TRIGO et al., 2009), França (FOUILLET et al., 2006), na Suíça (GRIZE et al., 2005), Itália (CONTI et al., 2005), Holanda (GARSSSEN; HARMSEN; BEER, 2005), Espanha (SIMON et al., 2005), dentre outros países. Durante este evento, os grupos mais afetados foram os idosos, sobretudo do gênero feminino, de países com clima mais quente da península Ibérica e a França (FOUILLET et al., 2006; SIMON et al., 2005; TRIGO et al., 2009) e totalizou o excesso de 70.000 óbitos em 16 países da Europa (ROBINE et al., 2008).

Em 2010, o evento de OC que atingiu, principalmente, o leste europeu, não só afetou a taxa de mortalidade (principalmente para os idosos) da cidade de Moscou na Rússia, como também esteve associado a outros fenômenos ambientais, como as queimadas que ocorreram simultaneamente e que contribuíram para a má qualidade (SHAPOSHNIKOV et al., 2014). E, fora do eixo USA-Europa, também há evidências dos impactos de eventos de Ondas de Calor. Como por exemplo, os eventos de 2003 (HUANG; KAN; KOVATS, 2010) e de 2005 (YANG et al., 2013) ocorridos na China, onde os mais afetados foram as pessoas com condições cardíacas e respiratórias, idosos, mulheres e, do ponto de vista social, pessoas com baixa renda.

Apesar de haver muitos estudos que investigam a relação direta da taxa de mortalidade e eventos específicos de calor, para eventos de frio particularmente intensos (OF's) há uma quantidade limitada de pesquisas que avaliem essa relação. Como exemplo, o evento intenso de frio que ocorreu no ano de 2008 que afetou diversas cidades com clima subtropical na China. Os grupos mais impactados foram: os idosos; as mulheres; pessoas com condições pré-existentes, principalmente aqueles com doenças

respiratórias, cardíacas e do sistema nervoso (MA et al., 2013; XIE et al., 2013; ZHOU et al., 2014).

Para o Brasil, foi verificado que há maior relação entre o aumento da Taxa de Mortalidade e ocorrência de eventos de frio intensos em comparação com os períodos de calor extremo (GASPARRINI et al., 2015), além de que para a cidade de São Paulo, os efeitos do frio sobre a Taxa de Mortalidade é prolongado por mais tempo em relação aos efeitos do calor, afetando principalmente os idosos, pessoas com condições de saúde pré-existentes como doenças cardiovasculares e do sistema respiratório (GOUVEIA; HAJAT; ARMSTRONG, 2003; SON et al., 2016).

No entanto, há pouca bibliografia disponível que estude as relações dos efeitos do calor e/ou do frio sobre grupos sociais específicos que vivem em isolamento ou confinamento e com singularidades sociais como os presidiários. Este tipo de grupo tende a ser muito afetado por eventos como estes. Além do mais, há poucas referências, em escala global, no que diz respeito a avaliações das condições térmicas dos presídios. Como um dos poucos exemplos, um relatório elaborado pelo Escritório de Inspeção dos Serviços de Custódia (*Office of The Inspector of Custodial Services - Government of Western Australia*) buscou avaliar as condições térmicas de alguns presídios da Austrália. Este relatório, indica que penitenciárias construídas com alta capacidade térmica não são adequados para regiões com climas quentes e úmidos (como o clima da cidade do Rio de Janeiro), pois estes materiais tendem atuar como isolantes térmicos (ou seja, conserva a temperatura do ambiente interno – em períodos de calor extremo, pode ser comparável a uma estufa). Ainda sobre o mesmo documento, além do fator comentado anteriormente, outro ponto que afeta as condições térmicas dos presídios está ligado a questão da ocupação da cela, ou seja, conforme mais detentos compartilharem a mesma cela, maior será a temperatura do ambiente. Outro exemplo, um relatório elaborado pela Clínica de Direitos Humanos da Escola de Direito da Universidade do Texas (*Human Rights Clinic, The University of Texas School of Law*) aponta que desde 2007, pelo menos 14 presidiários faleceram devido a exposição ao calor intenso. Além do mais, há poucos estudos, em escala global, que relacionem e descrevam como as mudanças climáticas podem impactar a população carcerária (MOTANYA; VALERA, 2016).

No Brasil, em geral, os presídios carecem de infraestrutura e em muitos deles há problemas como a superlotação de celas, o que possivelmente ocasiona em ineficiência térmica do ambiente, e atendimentos básicos de saúde ineficientes (ASSIS, 2007), além do histórico social de cada detento. Estes fatores colaboram para estabelecer um ambiente propício para a proliferação de doenças respiratórias contagiosas, por exemplo, a suscetibilidade dos detentos adquirirem tuberculose nos presídios brasileiros (ABRAHÃO; NOGUEIRA; MALUCELLI, 2006; LAROUZÉ et al., 2015; SÁNCHEZ et al., 2007). Estas condições ainda podem gerar um agravante potencial sobre as condições pré-existentes de saúde dos detentos e que, diante de EET's, pode caracterizar situações de saúde críticas para este grupo específico. Em especial, no Estado do Rio de Janeiro, a população carcerária, no geral, é jovem (na média de 30 anos) e de baixa escolaridade (CARVALHO et al., 2006). Estudos observacionais sobre os presídios desta região, indicam que 23.2% dos presidiários possuem doenças cardíacas/circulatórias e 47.7% possuem condições pré-existentes de doenças respiratórias (MINAYO; RIBEIRO, 2016), ressaltando que indivíduos com este tipo de condição de saúde pré-existente foram apontados como vulneráveis diante de eventos extremos de calor e de frio.

Além dos efeitos sobre a saúde humana, também já foi registrado o efeito do calor extremo sobre ecossistemas como durante a OC europeia de 2003 que afetou o bioma marinho da porção noroeste do Mar Mediterrâneo (GARRABOU et al., 2009). Além do mais, visto que as OC's apresentam a atuação persistente de um sistema de alta pressão, este tipo de configuração é semelhante a períodos de seca como o caso da seca de 2014 no Brasil que gerou uma das maiores crises hídricas da história do país (NOBRE et al., 2016) afetando principalmente o Estado de São Paulo (MARENGO et al., 2015). Dessa maneira, pode gerar situação crítica para o setor elétrico do Brasil, visto que boa parte da energia elétrica brasileiro é gerada por usinas hidroelétricas. Como exemplo, durante o ano de 2014 foi observado uma redução da geração de energia elétrica nas usinas hidroelétricas da região Sudeste do Brasil (ZAMBON; BARROS; YEH, 2016). Além disso, o calor intenso e o padrão de seca podem propiciar condições ideais para a ocorrência de queimadas (PARENTE et al., 2018; PEREIRA et al., 2005). Neste sentido, os eventos extremos de calor também podem provocar perdas na agricultura (WREFORD; ADGER, 2010), assim como o frio intenso que geram geadas (PAPAGIANNAKI et al., 2014), além que de que, como as OC's poderão se tornar mais

frequentes no cenário futuro de aquecimento global, certas partes do globo estarão inaptas a certos tipos de cultivos (TEIXEIRA et al., 2013).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo a análise da relação entre a ocorrência de óbitos na RMRJ, RMSP, no Instituto Penal Plácido de Sá Carvalho (IPPSC), localizado no município do Rio de Janeiro, e episódios de eventos extremos de calor e de frio. Estudos como este são necessários e importantes pois, além de fornecer informações importantes sobre os impactos de EET's na saúde de grandes populações (caso da RMRJ e RMSP), também investiga o impacto sobre grupos sociais específicos como os detentos do IPPSC. Além disso, este estudo pode servir como base técnica para tomada de decisão e planejamento dos órgãos governamentais responsáveis a fim de melhorar a condição de vida deste grupo social.

3 DADOS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

Neste trabalho, o foco da análise de EET's foi sobre as Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro (RMRJ) e de São Paulo (RMSP) devido as suas diversidades sociais (apontadas no Capítulo 1). Desta maneira, foram analisados dados da Taxa de Mortalidade de 21 municípios que compõem a RMRJ, de acordo com a definição proposta no ano de 2016 pela Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro (CEPERJ). Na figura 3.1, está destacado em verde os municípios da RMRJ, explicitando a dimensão desta região em questão. Já os pontos pretos representam as estações meteorológicas de superfícies utilizadas neste estudo e que estão localizadas no município do Rio de Janeiro. O ponto vermelho indica a localização do IPPSC, na zona oeste do município do Rio de Janeiro e que compõem o Complexo Penitenciário de Bangu.



Figura 3.1: Região Metropolitana do Rio de Janeiro de acordo com a Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro (CEPERJ, 2013). As estações meteorológicas de superfície utilizadas estão destacadas com pontos pretos e o IPPSC está destacado com o triângulo vermelho.



Figura 3.2: Região Metropolitana do São Paulo de acordo com a Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A do Governo do Estado de São Paulo (EMPLASA, 2011). A estação meteorológica de superfície utilizada está destacada com o ponto preto.

Já para a RMSP, foi analisado a Taxa de Mortalidade de 39 municípios, escolhidos conforme o que estabelecido no ano de 2011 segundo a Empresa Paulista de Planejamento

Metropolitano S/A do Governo do Estado de São Paulo (EMPLASA, 2011). Na figura 3.2, em rosa está destacado todos os municípios constituintes da RMSP e o ponto preto indica a estação meteorológica de superfície utilizada para as análises, localizada no município de São Paulo.

3.2 Dados

Para o presente estudo foram utilizados dados de Mortalidade do Sistema e Informações de Mortalidades (SIM), disponibilizados pelo departamento de informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS) e cedidos pela Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), com período de 2000 a 2017 e de cada município constituinte da RMRJ e RMSP, de forma que foi considerado apenas os óbitos ocorridos por motivos naturais, ou seja, todos os registros de fatalidades que tiveram como causa ações violentas, acidentes, envenenamento, dentre outros, foram excluídos das séries de dados.

Já os dados de ocorrências de óbitos no IPPSC, com período de 2008 a 2018, foram fornecidos pela Defensoria Pública do Estado do Rio de Janeiro, com total de 127 registros. Nesta base de dados consta a data de nascimento e de óbito, e causa mortis básica, ou seja, se o óbito está relacionado a motivos naturais, violentos, etc. Para o presente estudo, todos os óbitos que não estavam classificados como “natural-doença” foram descartados. É importante destacar que, para investigar os casos de óbitos ocorridos no IPPSC, foi utilizada a estação meteorológica SBAF devido a ser a mais próxima do IPPSC (figura 3.1) e por haver boa qualidade dos dados para proceder essa análise.

Para a detecção das OC's e das OF's na RMRJ, utilizou-se dados diários de temperatura máximas e mínimas (Tmax e Tmin, respectivamente) das estações meteorológicas de superfície do Aeródromo Campo dos Afonsos (SBAF), do Aeroporto Internacional Tom Jobim - RioGaleão (SBGL), do Aeroporto Santos Dumont (SBRJ) e do Aeródromo de Santa Cruz (SBSC), provenientes do Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA) da Força Aérea do Brasil (FAB), com período de 1961 a 2018. As estações escolhidas para a RMRJ apresentaram baixa porcentagem de dados ausentes para o período analisado viabilizando o estudo, com o mínimo de 0,24% em SBRJ e máximo em SBGL com 6,95%. Já para a detecção de OC's e OF's na RMSP, utilizou-se a estação meteorológica de superfície Mirante de Santana (figura 3.2), localizada no município de

São Paulo, com dados diários de Tmax e de Tmin e período de 1961 a 2018, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), também possui baixa quantidade de dados ausentes para o período, com total de 2,92% da série de dados, tornando a análise viável.

3.3 Metodologia

3.3.1 Caracterização dos Eventos de OC's e OF's

A definição adotada para a caracterização dos eventos de OC's segue os critérios utilizados por GEIRINHAS et al. (2018b) que consiste em uma sequência de três ou mais dias com Tmax ou Tmin acima do limiar climatológico baseado em valores diários do percentil 90 de cada variável em relação ao período de 1961-2018, respectivamente CTX90pct e CTN90pct. Já para eventos de OF's, adaptou-se o critério usado para OC's, considerando três ou mais dias com Tmax e/ou Tmin, mas adaptando o método para detectar Tmax e/ou Tmin abaixo do limiar climatológico diário baseado no percentil 10, para Tmax utilizou-se o índice CTX10pct e CTN10pct para Tmin.

Os valores diários do percentil 90 indicam que nos últimos 57 anos, 90% dos valores de temperatura para aquele dia estiveram abaixo deste valor. Isso significa que temperaturas acima do percentil 90 são temperaturas anômalas, caracterizando assim um evento extremo de calor. Por outro lado, os valores diários do percentil 10 indicam que nos últimos 57 anos, apenas 10% dos valores de temperatura para aquele dia estiveram abaixo deste valor. Isso significa que temperaturas abaixo do percentil 10 são temperaturas anômalas, caracterizando neste caso um evento extremo de frio.

3.3.2 Análises da Taxa de Mortalidade da RMRJ e RMSP durante episódios de OC's e OF's

Para caracterizar e buscar por padrões da Taxa de Mortalidade (TM) durante EET's na RMRJ e na RMSP, os dados foram separados por grupos de gênero (masculino e feminino) e por grupos de faixa etária: (1) FX1 – 0 a 14 anos de idade; (2) FX2 - 15 a 29 anos de idade; (3) FX3 – 30 a 59 anos de idade; (4) FX4 – maior ou igual a 60 anos de idade.

Neste sentido, seguindo a metodologia de GEIRINHAS et al., (2019), foram elaborados gráficos da TM, para cada grupo de gênero e faixa etária, comparando com seu comportamento médio, obtido por filtro de média móvel, com janela de 15 dias, aplicado sobre a série de dados e com intenção de suavizar “ruídos” no comportamento médio. Além de que, foi calculado o limiar extremo diário do número de óbitos baseado no percentil 90 para cada dia do ano, também foi suavizado pelo mesmo filtro de média móvel adotado no comportamento médio e pela mesma razão comentada anteriormente. Desta forma, quando a TM, de cada grupo de gênero e faixa etária, exceder seu respectivo limiar extremo, terá a área entre as curvas de TM e do limiar percentil 90 preenchida de vermelho para identificar o padrão de severidade dos Eventos de Extremos de Temperatura em questão sobre o número de óbitos observados.

Além do mais foram procedidas análises fundamentadas em valores climatológicos da série de dados de TM da RMRJ e da RMSR, sendo calculado, para cada grupo de gênero e faixa etária, o valor esperado médio para cada dia de cada estação do ano (verão, outono, inverno e primavera) e o percentil 90 médio para cada dia de cada estação do ano, a fim de se obter valores de referência que serão utilizados para confrontar os padrões observados durante os Eventos Extremo de Temperatura (EET's).

Tendo em vista que os efeitos do calor podem perdurar de 1 até 6 dias após o evento de calor extremo (ANDERSON; BELL, 2009; DÍAZ et al., 2018; GOUVEIA; HAJAT; ARMSTRONG, 2003; GUO et al., 2018; HUYNEN et al., 2001; MARTINEZ et al., 2018; REVICH; SHAPOSHNIKOV, 2012; SON et al., 2016; WANG et al., 2014; YI; CHAN, 2015) e que os efeitos do frio extremo persistem, em média, de 1 até 30 dias após a ocorrência do frio extremo (ANDERSON; BELL, 2009; GOUVEIA; HAJAT; ARMSTRONG, 2003; HUYNEN et al., 2001; KYSELY et al., 2009; LINARES et al., 2015; SON et al., 2016; VICEDO-CABRERA et al., 2018; WANG et al., 2014; YI; CHAN, 2015), neste sentido e para esta análise inicial, foi escolhido um lag de 3 dias para OC's e de 5 dias para OF's se deve a pretensão de buscar por alterações na TM de curto prazo após o término dos EET's em análise.

Sendo assim, para confrontar com os valores de referência de cada estação do ano, foi calculado a média diária de óbitos em períodos de EET's (OC's e OF's) considerando um lag de 5 dias e, desta forma, foi possível calcular a porcentagem de excesso de óbitos

durante períodos extremos de temperatura em função do valor esperado médio para cada dia da estação em que ocorreu o Evento Extremo de Temperatura.

Por fim, também foi elaborado gráficos de dispersão para os grupos de gênero e faixa etária com as maiores alterações de TM durante estes eventos a fim de verificar a relação aparente entre a ocorrência de óbitos e os valores de Tmax e Tmin.

3.3.3 Análise dos impactos de EET's sobre os detentos do IPPSC

Inicialmente foi feito um levantamento das ocorrências de óbitos do IPPSC entre as estações do ano e por faixa etária para o período de 2008 a 2018 (climatologia com o período total dos dados de óbito). Os grupos de faixa etária utilizados foram: (1) FXD1 - 18 a 30 anos; (2) FXD2 - 30 a 45 anos; (3) FXD3 - 45 a 60 anos; (4) FXD4 - maior ou igual a 60 anos.

Além disto, para o IPPSC, foi feita uma análise de Hot Days (HD's) e Hot Nights (HN's), ou seja, dias em que Tmax ou Tmin, respectivamente, excederam o limiar extremo (o mesmo para as OC's diurnas e noturnas, respectivamente), mas que não caracterizaram eventos de OC's, ou seja, não persistiram por, ao menos, três dias consecutivos. Também foi investigado os Cold Days (CD's) e Cold Nights (CN's), similarmente ao critério para HD's e HN's, mas para dias em que Tmax e Tmin estiveram abaixo do limiar CTX10pct e CTN10pct, respectivamente, mas que não caracterizam períodos de OF's (ou seja, não persistiu por, ao menos, três dias consecutivos). Este tipo de análise para o IPPSC foi elaborado devido a baixa densidade de dados de mortalidade, sendo possível uma investigação mais rápida em comparação com os dados de TM da RMRJ e RMSP.

Após registrar todos os eventos de calor (OC's, HD's, HN's) e de frio (OF's, CD's, CN's) ocorridos entre 1961 e 2018, o passo seguinte consistiu no cruzamento de informações entre a data de cada óbito do IPPSC e a data de início e/ou término dos episódios de calor e de frio, verificando se a fatalidade ocorreu com um lag de 3 dias para OC's e de 5 dias para OF's, da mesma forma que o método para as caracterizações da TM da RMRJ e da RMSP, e de 2 dias para HD's, HN's, CD's e CN's. A escolha de um lag menor, de 2 dias, para os eventos pontuais de calor e de frio (HD's, HN's, CD's e

CN's) se deve a curta duração destes episódios, ou seja, não perduram por uma quantidade de dias como nos casos de OC's e OF's.

Para o método descrito no parágrafo anterior, foi elaborado um sistema de “pesos e prioridades” para a atribuição dos óbitos do IPPSC e que funciona da seguinte forma: óbitos que registrados em OC's noturnas (detectadas com T_{min} usando o limiar extremo CTN90pct), HD's e HN's, e detectados simultaneamente com OC's diurnas (detectadas com T_{max} usando o limiar extremo CTX90pct), foram atribuídos apenas a OC's diurnas e removidos da lista dos eventos listados anteriormente; os que foram registrados em HD's e HN's, simultaneamente com OC's noturnas, foram atribuídos apenas a OC's diurnas e removidos da lista de registro dos eventos anteriores; por fim, aqueles que ocorreram em HN's simultaneamente com HD's, foram designados apenas para HD's e excluídos da lista de HN's. Da mesma forma que os eventos de calor, o mesmo sistema foi aplicado aos eventos de frio, ou seja: óbitos que registrados em OF's diurnas (detectadas com T_{max} usando o limiar extremo CTX10pct), CD's e CN's, e detectados simultaneamente com OF's noturnas, foram atribuídos apenas a OF's noturnas (detectadas com T_{min} usando o limiar extremo CTN10pct) e removidos da lista dos eventos mencionados anteriormente; os que foram registrados em CD's e CN's, simultaneamente com OF's diurnas, foram atribuídos apenas a OF's diurnas e removidos da lista de registro dos eventos CD's e CN's; por fim, aqueles que ocorreram em CD's simultaneamente com CN's, foram designados apenas para CN's e excluídos das lista de CD's.

O processo do sistema descrito anteriormente tem como base um esquema de pesos, de maneira que para eventos de calor: OC's diurnas desempenham um papel mais crítico que OC's noturnas, HD's e HN's; OC's noturnas são mais críticas que HD's e HN's; da mesma forma, HD's prevalecem sobre HN's. Já para os eventos de frio, os pesos são dados com o seguinte padrão: OF's noturnas exercem função mais crítica que OF's diurnas, CD's e CN's; OF's diurnas são mais críticas que CD's e CN's; por fim, CN's prevalecem sobre CD's.

Estes critérios foram estabelecidos mediante a persistência dos eventos e valores de temperaturas considerados mais agravantes (muito elevadas ou muito baixas), sempre priorizando OC's e OF's em confronto com eventos pontuais de calor e frio (HD's, HN's,

CD's, CN's), sendo OC's diurnas com maior potencial de agravar condições de saúde pelas temperaturas muito elevadas quando é confrontada com OC's noturnas e OF's noturnas gera temperaturas muito baixas e foi considerado como mais crítico que OF's diurnas. Para os eventos pontuais segue o mesmo critério que OC's e OF's, o peso é maior para aqueles que produzem valores de temperaturas mais extremos, ou seja, HD's produzem valores mais altos de temperaturas em comparação com HN's e CN's são responsáveis por valores de temperatura criticamente mais baixos em relação a CD's. Abaixo segue uma representação esquemática dos critérios de pesos e persistência, primeiro para eventos de calor (1) e, posteriormente de frio (2):

$$OC - CTX90pct (diurnas) > OC - CTN90pct (noturnas) > HD's > HN's \quad (1)$$

$$OF - CTN10pct (noturnas) > OF - CTX10pct (diurnas) > CN's > CS's \quad (2)$$

A fim de expor os resultados de maneira simplista, foram elaborados gráficos anuais de Tmax e Tmin, confrontados com seus respectivos limiares (CTX90pct e CTN90pct como limiares extremos de calor, CTX10pct e CTN10pct são os limiares extremos de frio). Nestas figuras, estão indicados os óbitos ocorridos no IPPSC estão indicados da seguinte forma: linhas pontilhadas correspondem a óbitos ocorridos próximos ou em períodos de OC's detectadas com Tmax (OC's-CTX90pct, diurnas); linhas sólidas referem-se aos registros de morte próximos ou em período de OC's noturnas (OC's detectadas com Tmin); linhas com pontos e traços para óbitos ocorridos próximos ou em períodos de eventos de OF's detectadas com Tmax (OF-CTX10pct, OF's diurnas); linhas tracejadas representam as fatalidades ocorridas próximos ou em período de eventos de OF's noturnas (OF's-CTN10pct, detectadas com Tmin); bolas para demarcar óbitos próximos a ocorrência de HD's; triângulos, para HN's; losangos, para CD's e estrelas para CN's.

Por fim, também foi feito um levantamento sobre o lag da ocorrência dos óbitos do IPPSC em relação ao evento extremo de temperatura (OC's, HD's, HN's, OF's, CD's e CN's), ou seja, verificamos se a fatalidade em questão ocorreu simultaneamente (no caso, lag 0) ou se ocorreu defasado (lag >0) em relação ao evento extremo de temperatura. Este

tipo de abordagem é importante para caracterizar a ocorrência da morte e para entender os efeitos prolongados das temperaturas que podem causar alterações críticas na saúde dos presidiários.

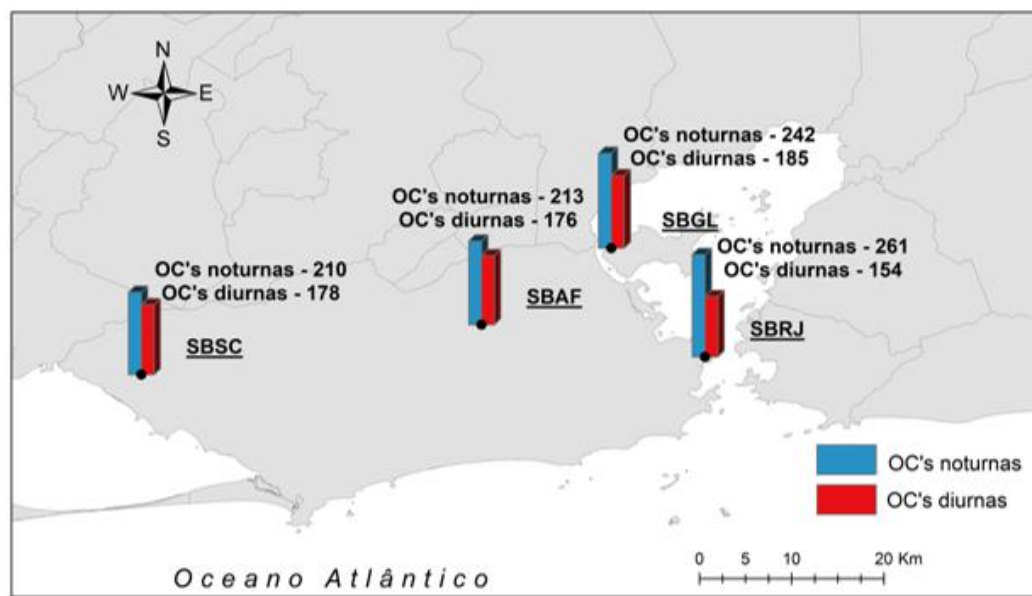
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, apresenta-se inicialmente na Seção 4.1 a caracterização climatológica de EET's (OC's e OF's) para a RMRJ e, na Seção 4.2, para a RMSP, localizadas na Região Sudeste do Brasil. Nas Seções 4.3, 4.4 e são elaboradas análises dos impactos de EET's (OC's e OF's) sobre as taxas de mortalidade da RMRJ e, na Seção 4.5 será feito uma análise conjunta para a RMRJ e RMSP. Além disso, na Seção 4.6, também serão avaliados os impactos de todos os tipos de EET's sobre uma população específica de carcerários alocados em um presídio na cidade do Rio de Janeiro (RMRJ). Por fim, a Seção 4.7 será dedicada a discussão de todos os resultados relativos às Seções 4.3 a 4.6 apresentados pelo presente estudo.

4.1 Caracterização dos Eventos Extremos de Temperatura na RMRJ

Para a caracterização dos eventos extremos de temperatura dos últimos 58 anos (1961 a 2018) na RMRJ foram analisados o número total de eventos, média de eventos por ano, desvio padrão da ocorrência dos eventos por ano, número máximo de eventos por ano e porcentagem de anos com ocorrência dos eventos. Seguindo nesta linha, também foi elaborado um levantamento do total de OC's e OF's apontando suas respectivas intensidades através da duração dos episódios extremos de temperatura. Por fim, foi produzidas figuras com o total de dias de cada tipo de evento por ano e por mês a fim de conferir se há padrões sazonais e possíveis tendências ao longo dos anos.

Pela figura 4.1, verifica-se que o total de OC's diurnas, varia entre 176 e 185 casos ao longo das quatro estações analisadas no período de 1961 a 2018. Sendo que a média de ocorrências de OC's por ano está na faixa de 2,66 a 3,19 eventos dentre as estações da RMRJ e o desvio padrão anual fica na faixa de 1,8 a 3,79 casos. O máximo de casos em um ano com este evento foi registrado em SBGL, com o total de 19 OC's. Dentre todas as estações, SBGL é a que apresenta os maiores valores, indicando maior frequência de OC's diurnas em relação as demais estações disponíveis.



		Média anual de OC's	Desvio Padrão anual de OC's	Nº Máximo de OC's em um ano	Porcentagem de anos com OC's
SBAF	CTX90pct	3,03	2,56	11	83,05
	CTN90pct	3,67	4,97	18	69,49
SBGL	CTX90pct	3,19	3,79	19	77,97
	CTN90pct	4,17	3,28	17	88,14
SBRJ	CTX90pct	2,66	2,10	9	79,66
	CTN90pct	4,50	3,55	18	89,83
SBSC	CTX90pct	3,07	1,80	8	91,53
	CTN90pct	3,62	4,11	18	71,19

Figura 4.1: Características gerais das OC's, no período 1961 a 2018, detectadas em cada estação meteorológica de superfície localizada na RMRJ.

Vale ressaltar que SBRJ foi a estação meteorológica com os menores valores totais, para a média de ocorrências por ano e menor desvio padrão de ocorrência anual (154, 2,66 e 2,10, respectivamente). No entanto, em relação as OC's noturnas (registradas com CTN90pct), a estação meteorológica SBRJ foi a que exibiu os maiores valores totais de casos e de média por eventos por ano (261 e 4,50, respectivamente), além de deter o maior número de casos contabilizados em um único ano (18 ocorrências). Vale destacar que a estação SBGL também apresentou valores relativamente altos para as mesmas métricas citadas anteriormente (242, 4,17, 17, respectivamente). Entretanto, A estação que apresenta maior variabilidade anual do número de casos de OC's noturnas foi SBAF com desvio padrão igual a 4,97.

De acordo com o presente estudo, o menor e o maior valor da média anual de OC's diurnas observada equivale a 2,66 para SBRJ e 3,19 para SBGL, respectivamente. Já para OC's noturnas, o maior e o menor valor da média anual de ocorrências são iguais a 4,50, para SBRJ, e 3,62 para SBSC. No que diz respeito a variabilidade anual (desvio padrão de OC's por ano), para as OC's diurnas, SBGL possui a maior variabilidade com 3,79 e menor valor para SBSC com 1,8, indicando. Já para OC's noturnas, a estação de maior variabilidade foi SBAF com desvio padrão anual de 4,97 e a estação com menor variabilidade foi SBGL com desvio padrão anual igual a 3,58. Os resultados aqui apresentados, em geral, demonstram padrões diferentes em relação a referência em questão, com valores mais altos da média de ocorrência e desvio padrão de eventos por ano. De maneira geral, os resultados destas estações se mostram distantes do que foi observado por GEIRINHAS et al. (2018a) que encontrou a média de 2,3 de ocorrência de OC's diurnas e 3,9 para as OC's noturnas. Além do mais, em relação a variabilidade anual, os autores encontram desvio padrão igual a 1,7 para OC's diurnas e 3,3 para OC's noturnas. Como foi utilizada a mesma metodologia proposta por GEIRINHAS et al. (2018a), estas diferenças podem ser explicadas, majoritariamente, pela atualização da base dados para até o ano de 2018, visto que os autores utilizaram dados de temperatura até o ano de 2014 e apenas da estação SBRJ para a cidade do Rio de Janeiro.

Analisando a figura 4.2, é possível conferir a quantidade de casos de OC's moderadas (duração de 3 dias), severas (duram entre 4 e 6 dias) e extremas (persistem por mais de 6 dias). Para os casos moderados de OC's diurnas, há entre 95 e 114 casos, já para OC's noturnas, há 92 a 129 casos registrados. Para OC's diurnas severas, ocorreu 44 a 72 eventos e para OC's noturnas severas, os valores são mais altos em geral, com 85 a 104 eventos entre 1961 e 2018. No que diz respeito aos casos extremos, para OC's diurnas há uma grande variação dos eventos registrados entre as estações, entre 1 e 13 casos, já para OC's noturnas, os valores não são tão dispersos entre si, entre 24 e 32 casos.

De forma geral, os eventos de OC's diurnas na RMRJ são majoritariamente moderados, correspondendo a 53,98% a 70,78% (em SBAF e SBRJ, respectivamente) do total de eventos registrados em casa estação meteorológica, todavia para os eventos de OC's noturnas nota-se que há um certo equilíbrio entre a quantidade de casos classificados como moderados e severos para cada estação. Ressaltando que a estação SBRJ está mais sujeita a circulação de brisas, assim como SBSC. Além disso, a estação

SBRJ registra o maior número de casos de OC's noturnas severas, o que pode ser devido a conservação da temperatura diurna devido a alta umidade local. Em geral, SBAF e SBGL são as estações meteorológicas que mais acumulam casos de OC's severas e extremas (considerando os eventos diurnos e noturnos), o que concorda com sua suscetibilidade a fenômenos de Ilhas de Calor Urbano (PERES et al., 2018; SENA; FRANÇA; PERES, 2014).

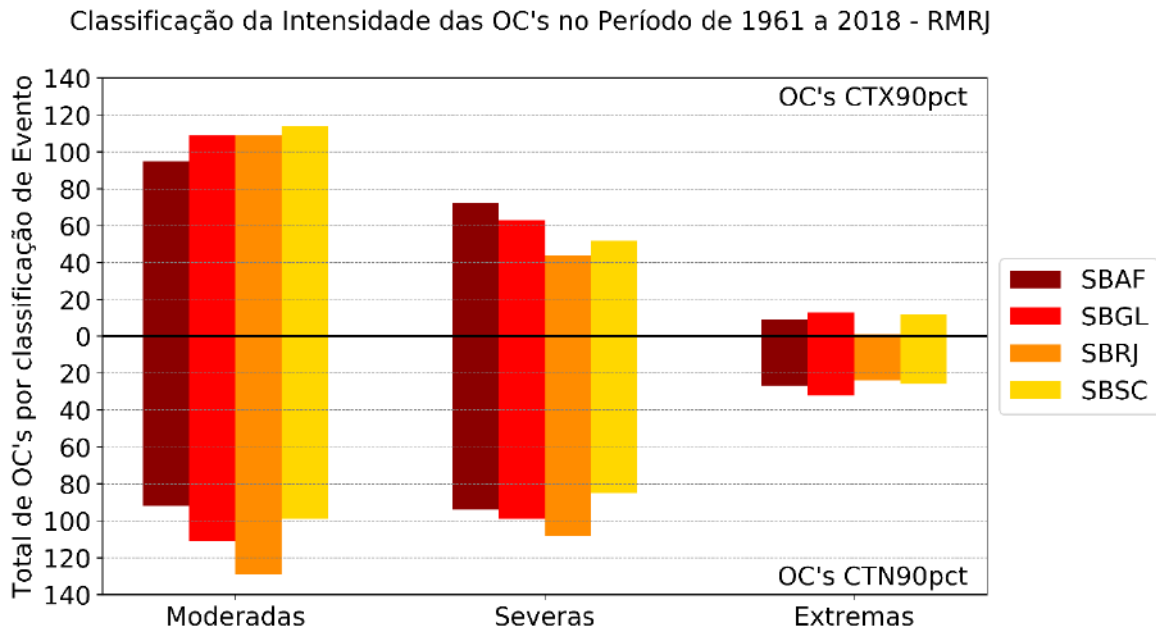


Figura 4.2: Características da Intensidade, no que tange a duração dos eventos das OC's detectadas em cada estação meteorológica de superfície localizada na RMRJ, para o período 1961 a 2018.

Através da figura 4.3, é possível verificar o total de ocorrência de OC's em cada mês do ano e para cada estação meteorológica de superfície disponível na RMRJ. À primeira vista, é possível verificar a disparidade de resultados entre as estações meteorológicas disponíveis e que novamente revela a influência de aspectos locais da RMRJ sobre a detecção de OC's, tanto noturnas quanto diurnas, em diferentes pontos da região de estudo. De forma geral, para as OC's diurnas, percebe-se um padrão de 2 máximos, com o primeiro pico durante os meses de janeiro, fevereiro e março, e outro pico durante o mês de dezembro.

Desta maneira, SBGL registra a máxima nos meses de janeiro, fevereiro e março, e a mínima ocorrência nos meses de outubro e novembro. Já SBAF, exibe máximas

ocorrência durante os meses de fevereiro e dezembro, e a mínima ocorrência durante outubro e novembro, assim como SBGL. Para a estação SBRJ, os máximos ocorrem nos meses de janeiro e junho e a mínima ocorrência de OC's diurnas no mês de novembro. E para SBSC, a máxima ocorrência de eventos é vista nos meses de julho e dezembro e a mínima ocorrência durante os meses de novembro e fevereiro. Ou seja, na RMRJ é esperado a maior atividade de OC's durante os meses de dezembro e janeiro e menor atividade nos meses de outubro e novembro. No entanto não é possível determinar uma sazonalidade preferencial para a ocorrência destes eventos, pois há um período com atividade razoável de OC's no mês de julho (com exceção de SBRJ).

Total de OC's para cada mês no Período de 1961 a 2018 - RMRJ

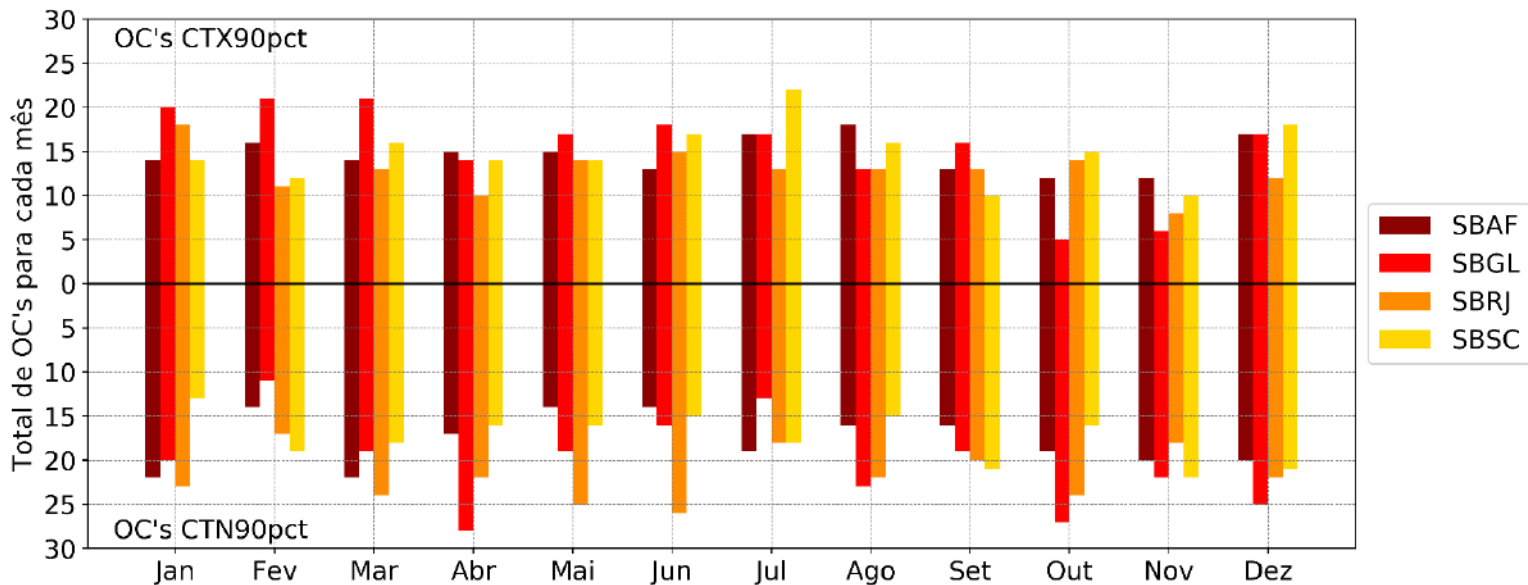


Figura 4.3: Total de OC's para cada mês no período 1961 a 2018, para cada índice extremo e para cada estação meteorológica de superfície da RMRJ.

Já para os eventos de OC's noturnas, percebe-se um certo balanceamento entre as estações meteorológicas da RMRJ. De modo geral, SBRJ é a estação que apresenta uma certa atividade mais constante entre todos os meses do ano, sendo as outras mais variáveis. Dentre todas as estações meteorológicas, é possível perceber uma forte atividade generalizada nos meses de janeiro, março e dezembro, e a mínima atividade generalizada é vista nos meses de julho e de novembro.

Sendo que a estação SBGL registra sua máxima atividade de OC's noturnas em abril, outubro e dezembro, e a mínima atividade em julho. Já a estação SBAF exhibe

máximas ocorrências nos meses de janeiro e março, e as mínimas ocorrências no mês de setembro. A estação SBRJ apresenta máxima atividade nos meses de maio, junho e março, sendo fevereiro e novembro os meses de menor atividade de OC's noturnas. Por fim, a estação SBSC tem maior quantidade de casos registrados nos meses de novembro e dezembro, com menor ocorrência deste evento nos meses de outubro e maio.

Neste sentido, tendo em mente que os eventos de OC's no Brasil são associadas a padrões de bloqueio atmosférico (GEIRINHAS et al., 2018a) e que é durante os meses mais quentes do ano que os bloqueios atmosféricos são mais atuantes no hemisfério sul (RODRIGUES; WOOLLINGS, 2017), os resultados estão, em geral, coerentes. Contudo, uma máxima ocorrência relativa aos eventos de OC's diurnas durante o mês de julho não é esperada, por conta de ser o mês do ápice do inverno. Além do mais, o mínimo de ocorrência generalizado (entre todas as estações meteorológicas, tanto para OC's diurnas quanto para as noturnas) durante o mês de novembro também não é esperado, visto que é o mês da primavera com características mais próximas do verão. No entanto, um relatório da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro produzido no ano de 2016 (“Guia da Cid. do Rio Janeiro.”, 2016) encontrou o mínimo de anomalias positivas na temperatura durante o mês de novembro, vale ressaltar que o método utilizado neste relatório é diferente do que foi adotado para o presente estudo, além de que o período de dados era mais restrito.

Comparando estes resultados com o principal estudo de referência, de acordo com GEIRINHAS et al. (2018a), junho é o mês de máxima atividade de OC's diurnas, já os meses de agosto e abril são os meses de máxima atividade de OC's noturnas. Na generalidade, os resultados apresentados pelo presente estudo estão em desacordo com o estudo de referência mencionado previamente, mas para isto há uma série de hipóteses que explicam estas diferenças, como: a atualização das bases de dados até o ano de 2018, que talvez introduz efeitos de temperaturas mais elevadas nos últimos anos (BLUNDEN et al., 2019; IPCC, [s.d.]; LINDSEY, REBECCA; DAHLMAN, 2019); aspectos locais e singulares para cada estação meteorológica e que acrescenta ou retira os efeitos do calor, como as Ilhas de Calor Urbano mais intensas nas áreas que abrangem SBGL e SBAF (PERES et al., 2018; SENA; FRANÇA; PERES, 2014), circulação de brisas ou sistemas de circulação termicamente induzidos (NEHME, 2016; PIMENTEL et al., 2014), que teoricamente deve ser mais pronunciada na estação SBRJ devido sua posição geográfica, que ocasiona em temperaturas diurnas mais brandas próximas as áreas do litoral,

continentalidade que deve colaborar para temperaturas mais elevadas durante o dia. Para entender melhor estas diferenças, são necessárias mais pesquisas nos âmbitos microclimáticos de cada fonte de dados utilizados neste estudo.

Analisando a figura 4.4, imediatamente é possível conferir uma forte atividade de ocorrência de OC's noturnas, entre os anos de 1991 e 2003, com máximo em 1997, coincidente com o ano de um dos El Niños mais intensos já registrados e, este tipo de fenômeno em particular, tem como impacto o aquecimento e a seca em diversas áreas da América do Sul, inclusive, afetando o centro-norte do Brasil (COELHO et al., 2016; COELHO; UVO; AMBRIZZI, 2002; COLLINS; CHAVES; MARQUES, 2009; MARENGO; CAMARGO, 2008; RUSTICUCCI; VARGAS, 2002; SILVA et al., 2006)). É possível que haja relação de causa e resposta entre este máximo de ocorrência de OC's e a ocorrência do El Niño neste ano. Nos anos seguintes a este período de máxima atividade, segue a redução do número de casos e/ou de duração de OC's de forma que o período em destaque parece ser uma anomalia isolada e que requer mais investigação para atestar os motivos deste fato. No que tange os eventos de OC's diurnas, supostamente o padrão é bem-comportado, ou seja, sem nenhuma tendência aparente. Ou seja, não apresenta nenhum indicativo de que OC's diurnas se tornaram mais frequentes e/ou persistiram por mais dias, o que ocasionaria no aumento o total de dias em período de OC's para a RMRJ.

No geral estes resultados relativos à figura 4.4 estão de acordo com os resultados apresentados por GEIRINHAS et al. (2018a), inclusive o pico de máxima atividade de OC's noturnas no mesmo período 1991 a 2003. Porém, analisando este comportamento médio das estações meteorológicas da RMRJ, este resultado se encaixa em uma situação complexa porque não há evidências significativas de que os eventos de OC's se tornaram mais frequentes (GEIRINHAS et al., 2018b). No entanto, no Brasil, foi observado um aumento expressivo de T_{min} e, mais sutil, para T_{max}, para a maioria das regiões (MARENGO; CAMARGO, 2008). Neste sentido, há indícios de que dias e noites quentes se tornaram mais frequentes para a região Sudeste do Brasil (VINCENT et al., 2005), inclusive para o estado do Rio de Janeiro (SILVA; DEREZYNSKI, 2014), além do mais, já foi verificado que as maiores tendências foram verificadas para T_{max} em relação a T_{min} e que as OC's serão mais duradouras no município do Rio de Janeiro (DEREZYNSKI; SILVA; MARENGO, 2013). Portanto, apesar de não haver uma

tendência clara para OC's diurnas e noturnas na RMRJ, é provável que estes eventos se tornem mais frequentes e duradouros no futuro, visto que há uma tendência do incremento da quantidade de Dias e Noites quentes, aumento de Tmax e de Tmin para o local de estudo.

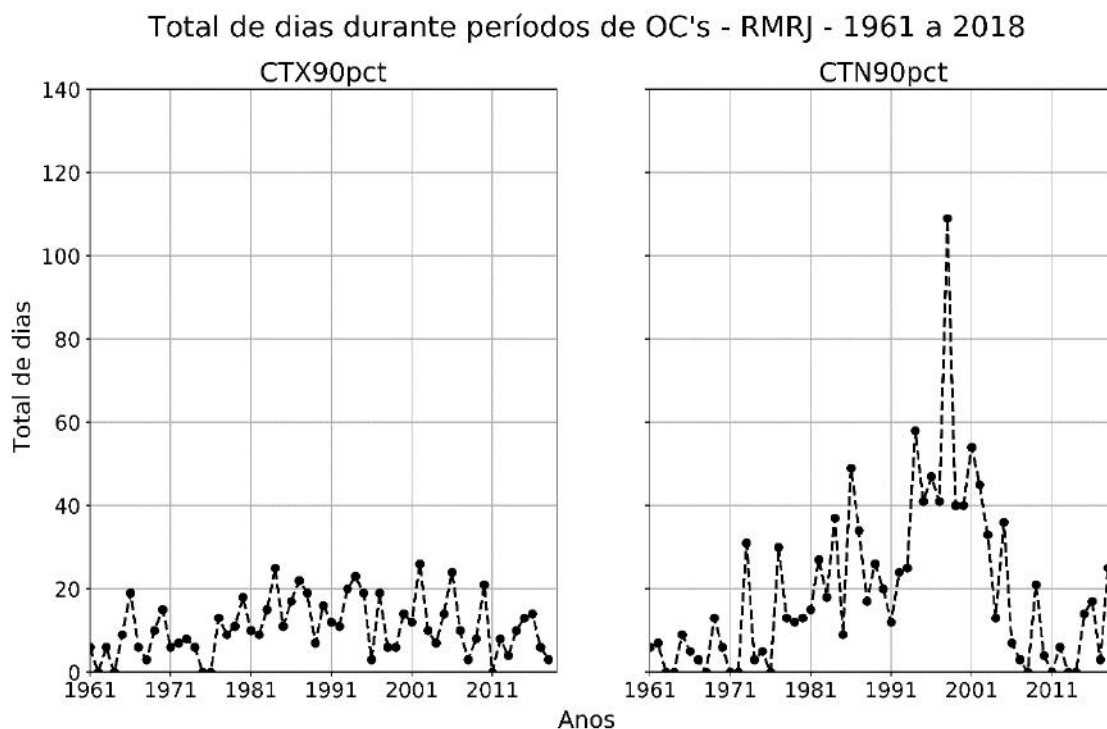
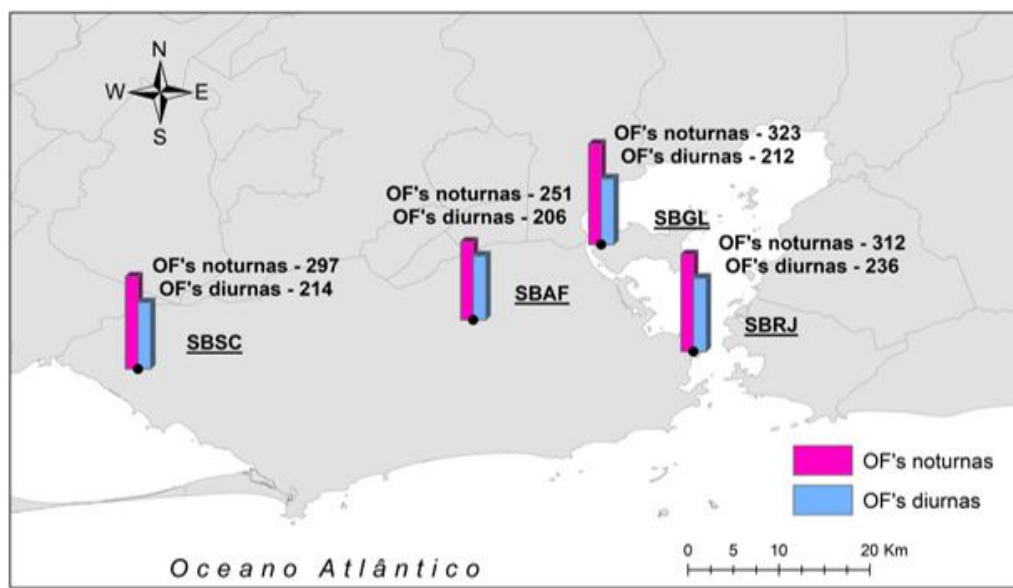


Figura 4.4: Total de dias durante episódios de OC's para cada ano, no período 1961 a 2018, e para cada índice extremo na RMRJ utilizando a temperatura média entre as estações meteorológicas de superfície SBAF, SBGL, SBRJ e SBSC.

Seguindo adiante, por meio da figura 4.5, abordando a questão das OF's na RMRJ, verifica-se que o total de eventos de OF's diurnas (detectados com o índice CTX10pct) fica entre 206 e 236 casos, com a média anual entre 3,55 e 4,07 de eventos por ano e desvio padrão anual entre 2,31 e 3,36, com pelo menos, 12 registros de casos em um único ano. Para as OF's diurnas, vale destacar que a estação SBRJ foi a que apresentou um caráter mais severo em relação as demais estações meteorológicas disponíveis para RMRJ, tendo registrado o total de 236 casos entre 1961 e 2018, média anual de 4,07casos por ano, além de exibir o maior número de eventos em um único ano com 17 ocorrências. No entanto, a maior variabilidade anual foi encontrada na estação SBGL, com desvio padrão anual igual a 3,36. Já para as OF's noturnas (detectadas com CTN10pct), o total de eventos entre as estações meteorológicas disponíveis ficou entre 251 e 323, com média

anual de casos entre 3,55 e 4,07 e desvio padrão anual entre 3,35 e 4,07, com todas as estações registrando, ao menos, o máximo de 18 casos em um único ano.



		Média anual de OF's	Desvio Padrão anual de OF's	Nº Máximo de OF's em um ano	Porcentagem de anos com OF's
SBAF	CTX10pct	3,55	2,69	13	93,22
	CTN10pct	4,33	4,02	18	86,44
SBGL	CTX10pct	3,66	3,36	15	86,44
	CTN10pct	5,57	3,37	20	89,83
SBRJ	CTX10pct	4,07	3,12	17	91,53
	CTN10pct	5,38	3,35	19	96,61
SBSC	CTX10pct	3,69	2,31	12	93,22
	CTN10pct	5,12	4,32	20	89,83

Figura 4.5: Características gerais das OF's detectadas, no período 1961 a 2018, em cada estação meteorológica de superfície localizada na RMRJ.

Para OF's diurnas e noturnas, dentre as estações meteorológicas da RMRJ, vale destacar a estação SBRJ e SBGL com os maiores valores totais de casos (236 e 323, respectivamente), os maiores valores médios anuais de (4,07 e 5,57, nesta ordem) eventos e com valores baixos de variabilidade anual (com desvio padrão igual a 3,12, para SBRJ, e 3,37, para SBGL). Este fato pode ser atribuído a localização destas estações meteorológicas estarem mais próximas de corpos hídricos, onde esperado maiores valores de umidade, que atua como conservante da temperatura, e por estarem mais sujeitas a circulação de brisas, cujos ventos podem causar uma redução das temperaturas ou, ao menos, indicar sensação térmica abaixo do valor real de temperatura. Esta explicação

também é pertinente a SBSC, apesar de exibir a maior variabilidade anual de OF's noturnas.

Em contrapartida, SBAF exibe os menores valores do total de eventos, menor média anual, desvio padrão anual, tanto para OF's diurnas quanto noturnas. Além disso, a estação SBGL também exibe valores relativamente baixos dos casos totais detectados e da média anual para OF's diurnas. Neste sentido, vale ressaltar que os locais destas estações estão em regiões da RMRJ que possuem maiores temperaturas (“Guia da Cid. do Rio Janeiro.”, 2016) e de fenômeno de Ilhas de Calor Urbano (PERES et al., 2018; SENA; FRANÇA; PERES, 2014), o que possivelmente afeta a área de SBAF durante todo o período do dia e a área de SBGL apenas o período diurno. Em linhas gerais, os eventos de frio extremo na RMRJ apresentam maior frequência, mais casos, mas com maior variabilidade em relação aos eventos de calor (figura 4.1).

Em relação a intensidade das OF's, pela figura 4.6, o máximo para OF's moderadas (eventos que duram 3 dias) é observado em SBRJ para o OF's diurnas e em SBGL para OF's noturnas (152 e 144 casos, respectivamente). O mesmo ocorre para OF's severas (que duram entre 3 e 6 dias), com o total de 152 eventos noturnos em SBGL e 89 eventos diurnos em SBRJ.

O máximo para OF's extremas (que duram mais de 6 dias), a estação SBGL registra o máximo de casos com OF's diurnas, totalizando 7 eventos. No entanto para OF's noturnas, o máximo ocorre em SBAF e em SBRJ, ambos com 30 casos, e, para a localidade da estação SBAF, onde é possível predominar o efeito da continentalidade, favorecendo o resfriamento radiativo mais facilmente, visto que a localização desta estação está mais distante do litoral (figura 1.1), além de que o resfriamento radiativo noturno pode ser mais influente nesta área em questão.

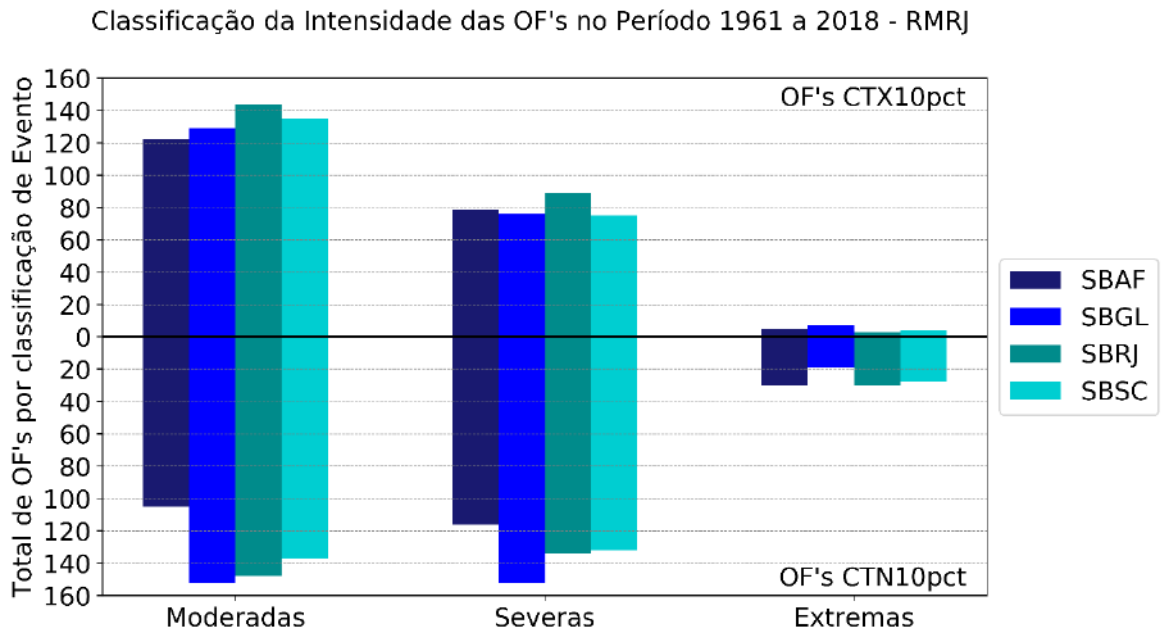


Figura 4.6: Características da Intensidade, no que tange a duração dos eventos das OF's detectadas em cada estação meteorológica de superfície localizada na RMRJ, para o período 1961 a 2018.

Para todas as estações, além da hipótese de resfriamento radiativo noturno, também é possível que ocorra a atuação constante de um fluxo de sul associados massas de ar frio de sistemas de alta pressão na retaguarda de sistemas frontais (vento de sul), transportando ar frio e úmido oceânico continuamente para a região sul e sudeste do Brasil (PEZZA; AMBRIZZI, 2005b), o que possivelmente colabora para valores muito baixos de T_{min}, ocasionando em OF's duradouras. De forma geral, todas as estações meteorológicas para a RMRJ, os eventos de OF's apresentam mais casos severos e extremos em comparação com os eventos de OC's (figura 4.2).

Curiosamente, é possível perceber uma forte atividade generalizada de OF's, tanto diurnas quanto noturnas e em todas as estações meteorológicas (figura 4.7), durante os meses de janeiro, março e abril, o que foge ao que era esperado de que a maior ocorrência destes eventos fosse concentrada durante os meses de inverno (junho, julho e agosto). No entanto, para a OF's noturnas percebe-se alta ocorrência, em geral, nos meses de maio e setembro, especialmente para as estações próximas de corpos hídricos como SBGL, SBSC e SBRJ.

Total de OF's para cada mês no Período 1961 a 2018 - RMRJ

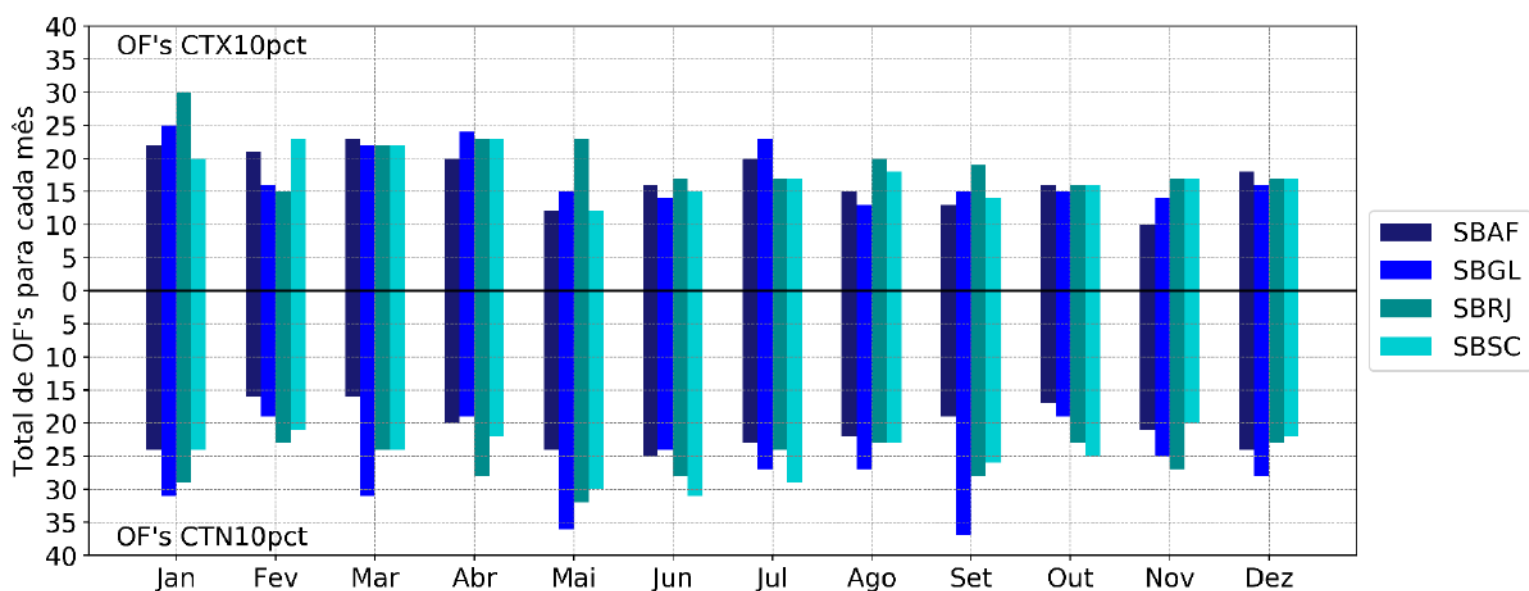


Figura 4.7: Total de OF's para cada mês no período de 1961 a 2018, para cada índice extremo e para cada estação meteorológica de superfície da RMRJ.

No que diz respeito às OF's diurnas (detectadas com Tmax e o índice CTX10pct), a estação SBAF registra máxima atividade nos meses de janeiro e março, e a mínima ocorrência durante os meses de maio e novembro. Já a estação SBGL tem registro máximo em janeiro e em março, e a mínima atividade nos meses de junho, julho e novembro. As máximas ocorrências na estação SBRJ são verificadas nos meses de janeiro, março e abril, sendo a mínima atividade conferida nos meses de fevereiro e outubro. Por fim, na estação SBSC, a máxima atividade ocorre nos meses de março e abril, sendo que setembro e maio são os meses com menos ocorrências destes eventos.

Já para OF's noturnas, a máxima atividade na estação SBAF ocorre nos meses de janeiro e maio, com mínimos registros nos meses de março e outubro. A estação de SBGL apresenta máxima ocorrência destes eventos com maior dispersão durante o ano, verificados pelos meses de janeiro, março, maio e setembro, sendo outubro e fevereiro com menos ocorrências registradas. Já a estação SBRJ, o maior registro de eventos ocorre nos meses de janeiro e maio e a mínima atividade é vista nos meses de outubro, dezembro e fevereiro. Enfim, para SBSC, os meses entre maio e julho exibem a maior quantidade casos registrados entre os meses e o mês de novembro compreende a mínima ocorrência deste evento.

Pela figura 4.8, em relação OF's diurnas, é possível conferir que, aparentemente, há maior ocorrência de casos ou OF's que persistam por mais dias entre os anos de 1961 e 1983, apesar de haver anos neste período que aponta para um valor mais baixo de total de dias em OF's. A partir de 1983, percebe-se uma tendência de redução da quantidade de eventos e/ou menor duração dos mesmos e que se segue até 2018, com exceção dos anos de 2008 e 2011 que exibem máximos relativos.

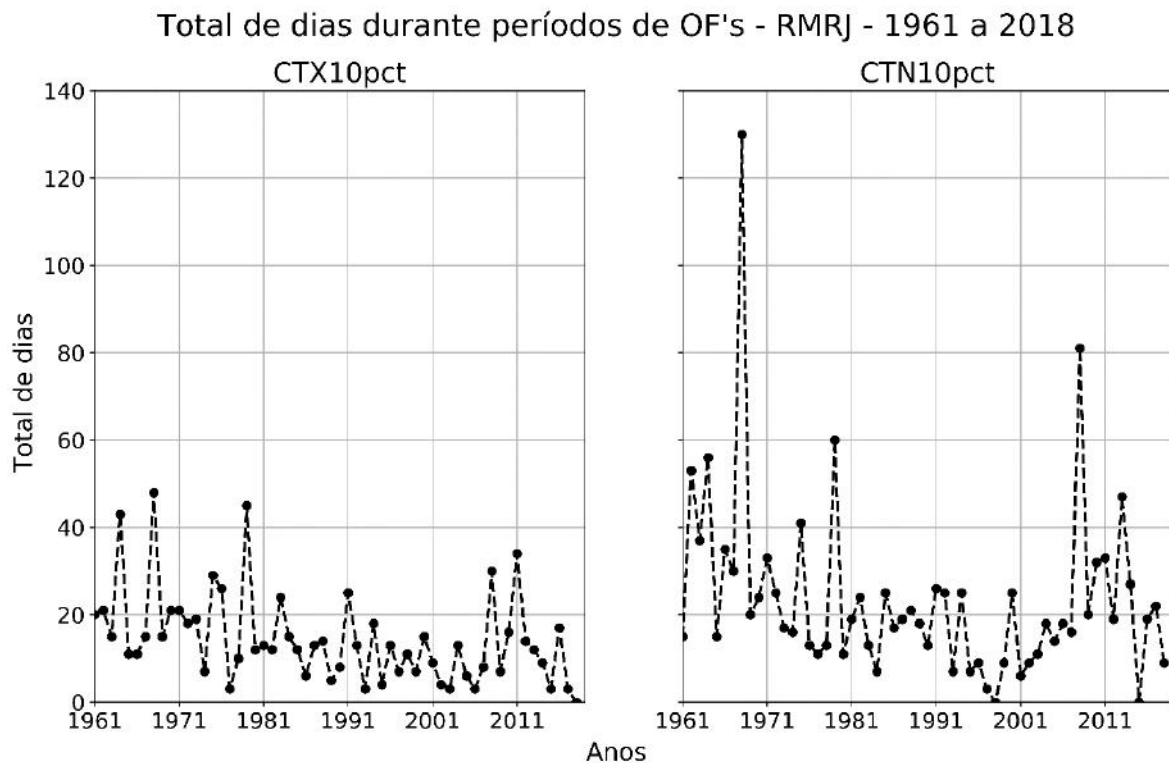


Figura 4.8: Total de dias durante episódios de OF's para cada ano, no período 1961 a 2018, e para cada índice extremo RMRJ, utilizando a temperatura média calculada entre as estações meteorológicas de superfície disponíveis na RMRJ.

Para as OF's noturnas, o período entre 1961 e 1979 segue o mesmo comportamento verificado para os casos obtidos de OF's diurnas, ou seja, visualmente, indicam maior atividade e/ou duração de OF's, destacando os anos de 1967 e 1979 com dois máximos dentro deste intervalo de anos, sendo o ano de 1968 com maior valor total de dias em OF's noturnas dentre toda a série de dados. Entre os anos de 1983 e 2001, há uma tendência aparente de redução do total de dias das OF's em geral, sugerindo uma redução do número de casos e/ou duração destes episódios de frio. No entanto, a partir do ano de 2001, há um aumento do total de dias em OF's noturnas que segue até o ano de 2013. Vale ressaltar que nos anos de 1998 e 2015, o número total de dias em eventos de frio

extremo exhibe valores relativamente muito abaixo, tanto para OF's diurnas quanto para as noturnas, coincidindo com anos intensos de El Niño e que, por estudos anteriores, pode ocasionar em um aumento das temperaturas na região sudeste do Brasil (COELHO et al., 2016; COELHO; UVO; AMBRIZZI, 2002; COLLINS; CHAVES; MARQUES, 2009; MARENGO; CAMARGO, 2008; RUSTICUCCI; VARGAS, 2002; SILVA et al., 2006), afetando, inclusive a RMRJ.

Vale ressaltar que a boa parte dos eventos de frio extremo foram registrados nos primeiros anos da série de dados em relação aos anos mais recentes, seguindo uma redução tímida dos casos ou duração dos eventos de frio extremos, seguindo o aumento médio observado das temperaturas para o Brasil (MARENGO; CAMARGO, 2008), especialmente, para o Estado do Rio de Janeiro (SILVA; DEREZYNSKI, 2014), além de que, foi observado que os Dias e Noites frias serão menos frequentes no século XXI para o Estado do Rio de Janeiro (DEREZYNSKI; SILVA; MARENGO, 2013), portanto é esperado que as OF's se tornem menos frequentes em cenários futuros para o município do Rio de Janeiro, principal cidade da RMRJ. Ainda assim, serão necessárias mais investigações, análises estatísticas e estudos meteorológicas para conferir e atestar os aumentos relativos ao número total de dias em período de OF's noturnas e diurnas no ano de 2008, de OF's noturnas no ano de 2013 e de OF's diurnas no ano de 2011. Vale destacar que durante 2008 e 2011 houve o registro de fenômenos de La Niña (NOAA, 2018), sendo que no ano de 2008 este fenômeno afetou áreas da Califórnia (MCCLATCHIE et al., 2008; NOAA, 2018) e no ano de 2011 foi registrado uma intensa La Niña (BOENING et al., 2012; NOAA, 2018). Porém no ano de 2013, apesar de haver anomalias negativas da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na região do Niño, não houve a caracterização de um evento de La Niña (NOAA, 2018). Diante do fato de que eventos de La Niña são capazes de provocar anomalias negativa da Temperatura do Ar no centro-sul da América do Sul (BARROS; GRIMM; DOYLE, 2002), é provável que o aumento relativo de OF's nos anos de 2008, 2011 e 2013, estejam ligados a condição de anomalias negativas da TSM na região do Niño (NOAA, 2018).

Infelizmente, não será possível uma comparação direta com estudos anteriores como foi feito para a caracterização das OC's, visto que não há uma referência bibliográfica que caracterize climaticamente os eventos de frio extremo para a RMRJ com dados observados. Contudo, há trabalhos que investigaram a ocorrência de episódios de

frio anormal na América do Sul (MARENGO et al., 2002; MÜLLER; BERRI, 2007; MÜLLER; FERRAZ; AMBRIZZI, 2009) em áreas da Região Sudeste (PEZZA; AMBRIZZI, 2005a), mas nenhum destes foram dedicados a caracterização climática destes eventos utilizando dados observados e critérios objetivos. Neste sentido, o presente trabalho, se mostra inovador, produzindo um novo tipo de informação para a região em questão.

4.2 Caracterização dos Eventos Extremos de Temperatura na RMSP

Nesta seção será procedida a análise de resultados de maneira similar ao que foi discutido e apresentado na seção 4.1 para caracterização de EET's na RMRJ, mas para a RMSP. No entanto, nesta região em questão há apenas uma estação disponível (nomeada por Mirante de Santana) e, por esta razão, não será possível a comparação entre os aspectos regionais destes eventos em questão.

Na tabela 4.1 está exposto as características gerais dos eventos de OC's diurnas e noturnas. Verifica-se que há maior ocorrência de episódios de OC's diurnas em relação a OC's noturnas (259 e 230 casos, respectivamente) e este comportamento também é para a média anual de OC's, que sugerem maior frequência de OC's diurnas em um ano em comparação com as OC's noturnas (4,47 e 3,97, respectivamente), além de apresentar uma porcentagem relativamente maior de anos com ocorrência de OC's diurnas em relação aos casos noturnos. Além do mais, tanto as OC's diurnas quanto as noturnas, há grande variabilidade anual observada, com desvio padrão superior a 3 casos por ano e para ambos os tipos de eventos extremo de calor.

Tabela 4.1: Características gerais das OC's e OF's, no período 1961 a 2018, detectadas para a estação meteorológica de superfície Mirante de Santana, localizada na RMSP.

Características Gerais dos Eventos Extremos de Temperatura na Estação Mirante de Santana - RMSP

	Total de Eventos	Média anual	Desvio Padrão anual	Nº Máximo de eventos em um ano	Porcentagem de anos
Ondas de Calor (OC's)					
CTX90pct	259	4,47	3,39	12	86,44
CTN90pct	230	3,97	3,22	11	83,05
Ondas de Frio (OF's)					
CTX10pct	203	3,50	2,39	11	91,53
CTN10pct	301	5,19	4,04	19	94,92

É possível conferir que na RMSP a frequência de ocorrência de OC's é superior em comparação com a RMRJ (figura 4.1), apesar de também apresentar alta variabilidade anual (desvio padrão anual superior a 3). Além do mais, na RMSP há maior presença de OC's severas e extremas (tabela 4.1) em comparação com a RMRJ (figura 4.2), estando em pleno acordo com GEIRINHAS et al. (2018a), o que possivelmente pode gerar cenários mais críticos para a população da RMSP.

Conferindo a ocorrência de OC's diurnas entre os meses do ano (figura 4.9), verifica-se que agosto, janeiro e março são os meses de máxima ocorrência e novembro é o mês com a menor incidência de eventos. Já para OC's noturnas, em outubro e janeiro há a maior ocorrência destes eventos, e em fevereiro e novembro há a mínima atividade deste tipo de episódio de calor em questão. Sendo que estes resultados estão parcialmente concordantes com o que foi estudado por GEIRINHAS et al. (2018a), no qual apresenta junho e julho como os meses de mínima ocorrência de OC's diurnas, janeiro e dezembro como os meses de máxima atividade de OC's noturnas, além de que outubro também é visto como um dos meses de mínimo registro de OC's noturnas.

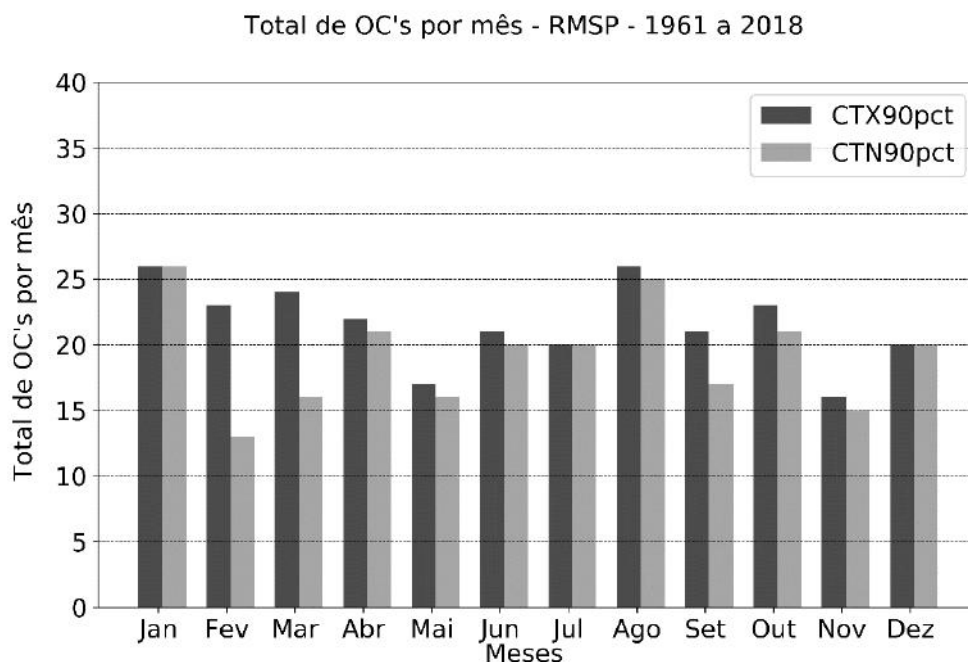


Figura 4.9: Total de OC's por mês e para cada índice extremo na RMSP, no período 1961 a 2018, utilizando estação Mirante de Santana como estação representativa para a região.

A figura 4.10 apresenta o total de dias em períodos de OC's, para ambos índices extremos de calor. Em ambos os índices (CTX90pct e CTN90pct) é fácil reparar uma tendência aparente positiva no aumento de dias totais em períodos de OC's, o que indica um aumento do número de OC's por ano e/ou aumento da duração destes eventos. Este resultado é bastante diferente do que foi obtido para a RMRJ (figura 4.4), onde não é possível atestar nenhuma tendência aparente. Além disso, este resultado aponta que para as OC's diurnas, os recordes de total de dias em período de OC's ocorreram nos anos de 2002, 2007 e em 2014, sendo o último ao coincidindo com umas das maiores secas observadas na região sudeste do Brasil associados a um sistema de alta pressão persistente (MARENGO et al., 2015), afetando inclusive o setor hidroelétrico brasileiro (ZAMBON; BARROS; YEH, 2016) e que ocasionou em uma grande crise hídrica principalmente no Estado de São Paulo (NOBRE et al., 2016). Já para as OC's noturnas, os dois maiores registros foram observados em 2011 e 2015 durante o período de seca comentado anteriormente.

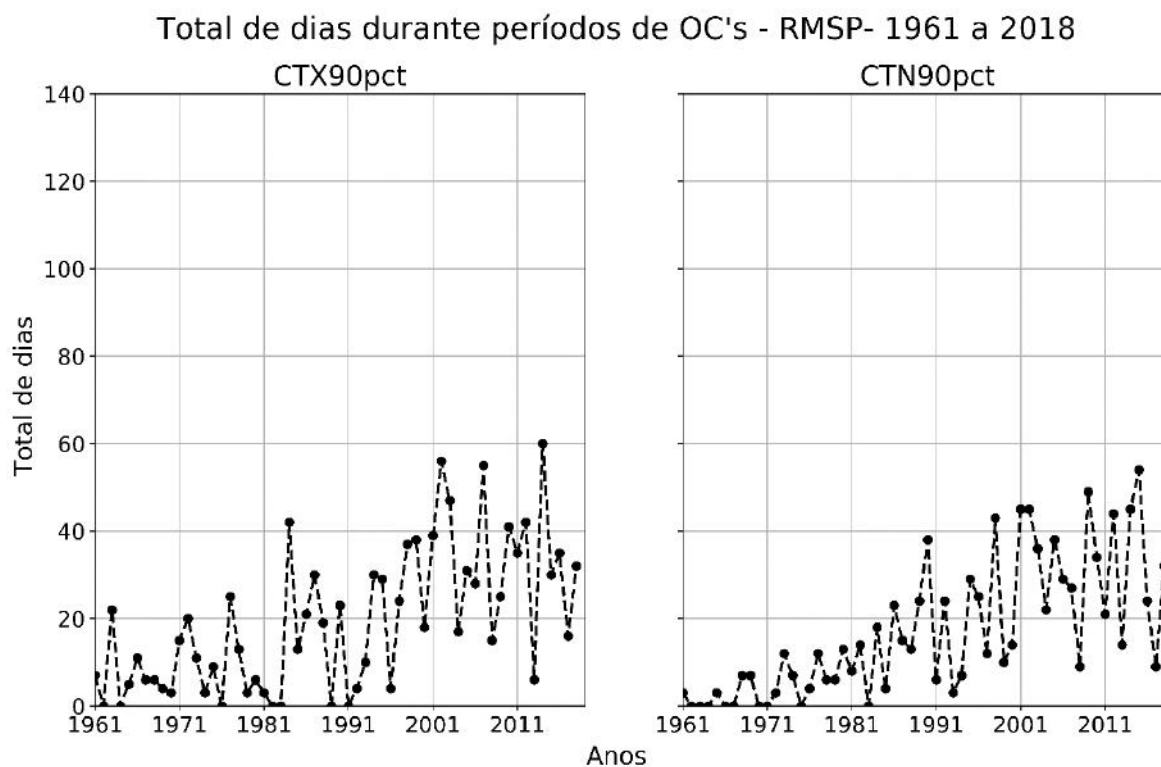


Figura 4.10: Total de dias durante episódios de OC's para cada ano, no período 1961 a 2018, e para cada índice extremo RMSP, utilizando a estação Mirante de Santana como estação representativa.

No que diz respeito a ocorrência de OF's, ainda por meio da tabela 4.1, possível verificar que OF's noturnas (detectadas com CTN10pct) ocorrem mais vezes e são mais frequentes, com total de 301 casos entre 1961 e 2018 e média anual de 5,19 eventos, apesar de alta variabilidade anual com desvio padrão de 4,04 episódios de frio por ano. Em geral, os valores para OF's diurnas são mais baixos, no entanto a sua variabilidade anual é menor com desvio padrão igual a 2,39 OF's por ano. É importante notar a maior presença de OF's entre 1961 e 2018, em que, ao menos, 90% dos anos há registro de episódios de frio extremo, no entanto para OC's há registro em, no máximo, 86,5% dos anos da série de dados.

Ao contrário do que foi observado para as OC's, as OF's na RMSP apresentam o comportamento de intensidade (tabela 4.2) bem similar ao que é observado nas estações meteorológicas da RMRJ (figura 4.6). Ou seja, tanto as OF's diurnas quanto as noturnas, são majoritariamente moderadas. Mas há maior registro de OF's noturnas severas e extremas em comparação a OF's diurnas.

Tabela 4.2: Características da Intensidade, no que tange a duração dos eventos, das OC's e OF's detectadas, no período 1961 a 2018, para a estação meteorológica de superfície Mirante de Santana, localizada na RMSP.

Características da Intensidade dos Eventos Extremos de Temperatura na Estação Mirante de Santana - RMSP

	Eventos de 3 dias	Eventos com duração entre 4 e 6 dias	Eventos com duração maior que 6 dias
Ondas de Calor (OC's)			
CTX90pct	123	105	31
CTN90pct	103	108	19
Ondas de Frio (OF's)			
CTX10pct	122	77	4
CTN10pct	139	137	25

Observando a figura 4.11, confere-se padrões de OF's diurnas similares aos apresentados para a RMRJ, ou seja, baixa ocorrência em meses como junho, agosto, setembro e novembro. O mês de julho apresenta um dos maiores valores de ocorrência deste evento em questão, além de que os meses mais quentes como janeiro, fevereiro, março e abril também apresentam uma atividade de OF's diurnas considerável. Ou seja, a maior parte dos casos ocorre no primeiro semestre do ano e, especialmente, entre fevereiro e abril, climatologicamente, era esperado maior atividade durante os meses de inverno, visto que é o período do ano em que normalmente registra-se os menores valores de temperatura. Já para as OF's noturnas, percebe-se que são mais concentradas no segundo semestre do ano, especialmente entre os meses de agosto e outubro, apesar de que janeiro também é um mês de um número relativamente alto de registro de OF's noturnas, fugindo ao que era esperado.

Em linhas gerais, os padrões de máximas e mínimas frequências em meses são similares ao que foi observado e comentado para a RMRJ (figura 4.7), o que sugere que estas regiões, certamente, estão sob influência dos mesmos mecanismos e/ou sistemas meteorológicos, provavelmente são massas de ar frio na retaguarda de sistemas frontais, que podem provocar os eventos de frio extremos em períodos do ano em que esperava-se menor atividade, por exemplo o mês de janeiro com uma quantidade expressiva de OF's noturnas.

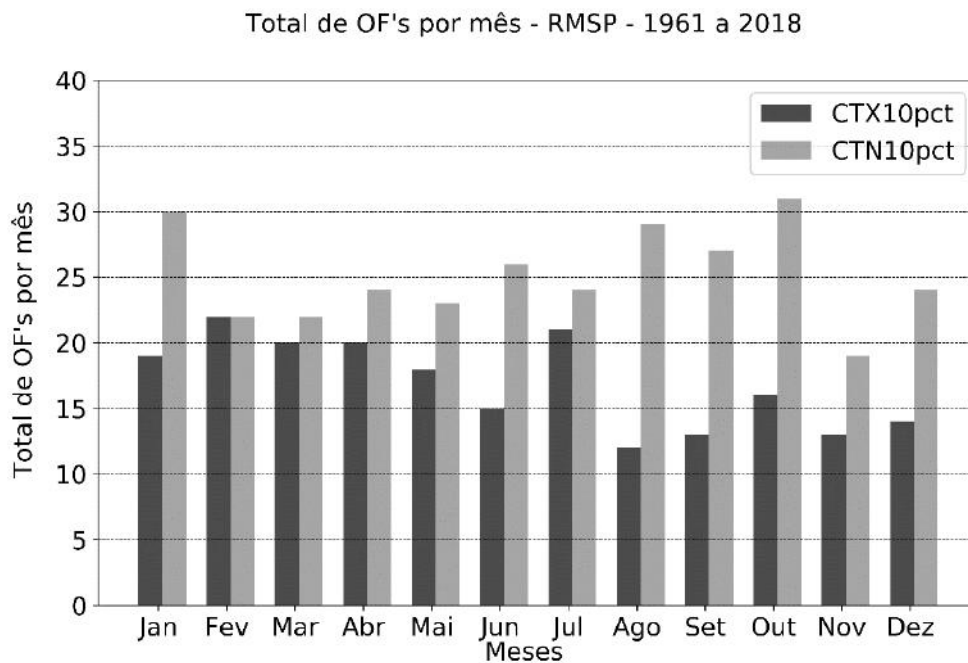


Figura 4.11: Total de OF's por mês e para cada índice extremo na RMSP, no período 1961 a 2018, utilizando estação Mirante de Santana como estação representativa para a região.

Em contrapartida ao que foi apresentado e discutido sobre a figura 4.11 para OC's, a figura 4.12 mostra uma clara tendência de redução do total de dias em período de OF's, tanto diurnas quanto noturnas, o que pode ser traduzido como a redução do número de eventos de frio extremo e/ou menor duração destes eventos. Para as OF's diurnas, os máximos ocorreram nos anos de 1979 e 1988 e para as OF's noturnas, as máximas atividades ocorreram nos anos de 1962, 1968, 1979 e 1994. É interessante notar a drástica redução de OF's noturnas nos anos de 1997, 1998 e 2015, sendo que para o último ano em questão também há redução das OF's diurnas, coincidindo que a ocorrência de El Niño's intensos e, sabe-se, que pode ocasionar o aumento da temperatura sobre a Região Sudeste do Brasil (COELHO et al., 2016; COELHO; UVO; AMBRIZZI, 2002; COLLINS; CHAVES; MARQUES, 2009; MARENGO; CAMARGO, 2008; RUSTICUCCI; VARGAS, 2002; SILVA et al., 2006).

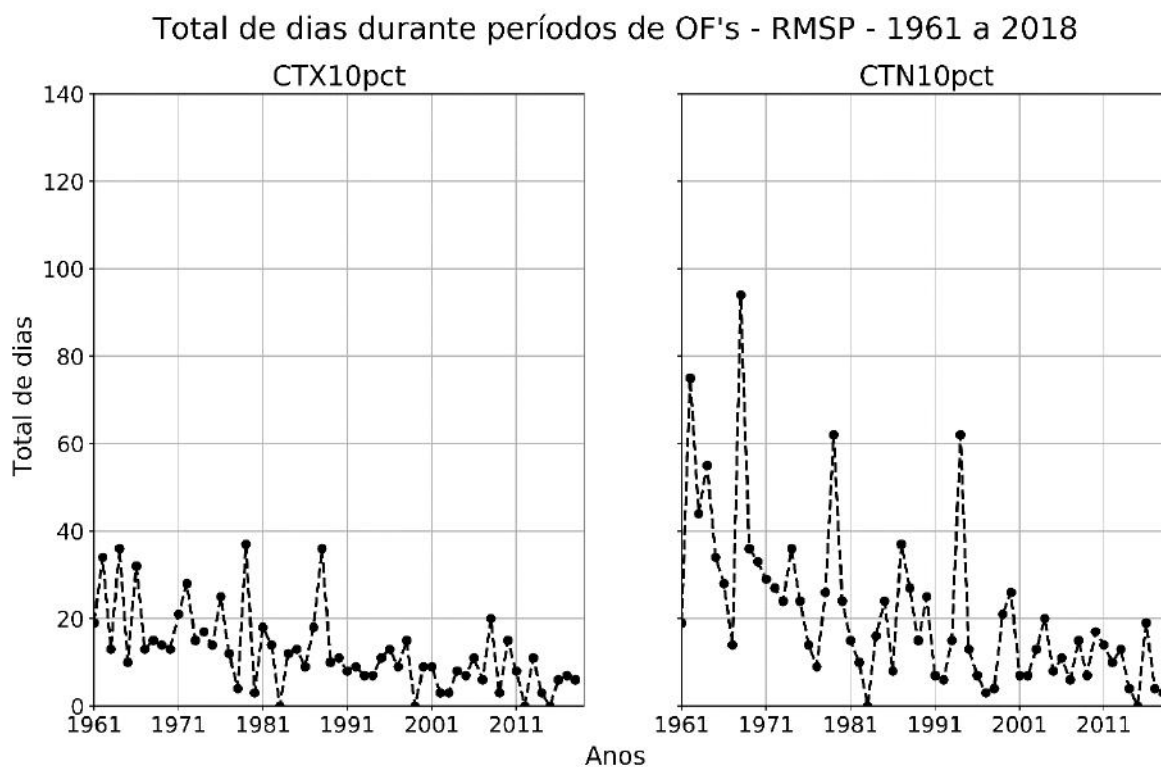


Figura 4.12: Total de dias durante episódios de OF's para cada ano e para cada índice extremo RMSP, no período 1961 a 2018, utilizando a estação Mirante de Santana como estação representativa.

De forma geral, os padrões do total de dias em período de OC's (figura 4.10) e de OF's (figura 4.12) na RMSP são coerentes com demonstram uma clara tendência do aumento do número de casos e/ou duração dos episódios de calor extremo e redução destes parâmetros para os eventos de frio extremo. Tendo em vista a vigente tendência do aumento da temperatura sobre o Brasil (MARENGO; CAMARGO, 2008), que os dias e noites quentes tendem a se tornarem mais frequentes na Região Sudeste do Brasil (VINCENT et al., 2005), além de quem em algumas áreas do Estado de São Paulo há evidências de que as temperaturas mínimas serão cada vez mais altas (BLAIN; PICOLI; LULU, 2009), similarmente ao que foi observado em estudos para a cidade do Rio de Janeiro (DERECZYNSKI; SILVA; MARENGO, 2013), os resultados do presente estudo estão em comum acordo com as pesquisas realizadas para região de estudo e proximidades. Futuramente, as OC's se tornaram mais frequentes, mas não há nenhuma mudança significativa para eventos de OF's para a América do Sul como um todo (CECCHERINI et al., 2016), contudo a RMSP exhibe, visualmente, uma clara tendência de redução dos eventos de frio extremo.

4.3 Estudo de caso 1: alterações na Taxa de Mortalidade em decorrência de Eventos Extremos de Calor no ano de 2010 na RMRJ

Nesta seção serão abordadas alterações da TM entre os dias 10 e 13 de janeiro de 2010 e entre os dias 2 e 10 de fevereiro de 2010, devido a ocorrência de duas OC's, nos períodos indicados anteriormente. A análise será feita com auxílio de gráficos da TM, de Tmax e Tmin, de gráficos de dispersão e de tabelas apontando com métricas estatísticas como: a média de óbitos observados no período, número de óbitos previstos para a estação do ano em que ocorreram estas alterações, valor médio do percentil 90 para a estação do ano em questão e excedente médio de óbitos durante o período extremo de calor.

Pela figura 4.13, é possível observar a ocorrência dos eventos de OC's que foram precursores para gerar condições adversas para a saúde pública da RMRJ no ano de 2010. A estação SBRJ (figura 4.13, letra a) apresenta os valores mais brandos de Tmax durante os períodos de OC's em questão, faixa de 35°C, inclusive detectando apenas o primeiro evento e com Tmin (OC noturna). As demais estações meteorológicas apresentaram valores muito elevados de Tmax e de Tmin, apontando majoritariamente para a ocorrência de duas OC's diurnas dentre os períodos listados anteriormente e este fato é refletido na temperatura máxima e mínima média calculada usando as estações meteorológicas disponíveis. Em relação ao primeiro evento ocorrido, entre 9 e 13 de janeiro de 2010, a estação SBAF (figura 4.13, letra c) exibiu valores de Tmax acima de 37°C, sugerindo que o epicentro local deste caso estava mais posicionado à norte/oeste da RMRJ. De maneira geral, SBGL (figura 4.13, letra b) e SBSC (figura 4.13, letra d) também registraram valores elevados de temperatura, com evento configurado com Tmax (OC diurna) em SBGL e com Tmin (OC noturna) em SBSC. Já para o segundo evento, ocorrido entre 2 e 10 de fevereiro de 2010, todas as estações registraram o caso em questão com Tmax, com os maiores valores registrados em SBGL (figura 4.13, letra b), na faixa de 37 a 40°C, e em SBAF (figura 4.13, letra c), na faixa de 37.5 a 40°C, apontando que o epicentro local desta OC estava, novamente, à norte/oeste da RMRJ.

Tmax e Tmin - RMRJ - 2010

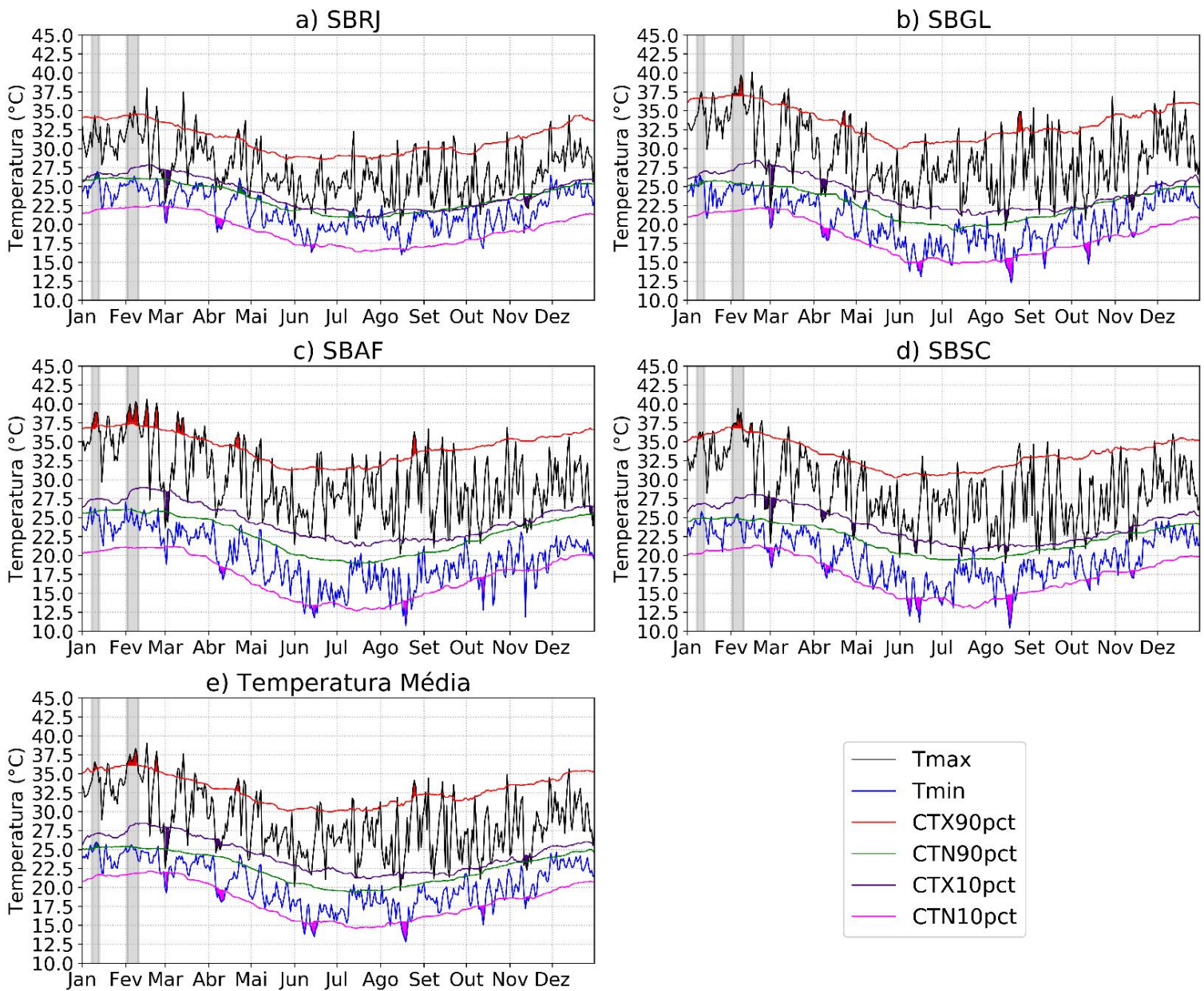


Figura 4.13: Comportamento de Tmax e Tmin no ano de 2010 em SBRJ (a), SBGL (b), SBAF (c), SBSC (d) e com a Temperatura Média (e) calculada entre as estações disponíveis para a RMRJ, destacados tarjas cinzas os EET's que ocorreram em janeiro e fevereiro de 2010. As áreas preenchidas com vermelho e em verde destacam a ocorrência de eventos de OC's (detectadas com CTX90pct e CTN90pct, respectivamente) e as áreas preenchidas com roxo e rosa destacam a ocorrência de OF's (detectadas com CTX10pct e CTN10pct, respectivamente).

Vale destacar que SBRJ (figura 4.13, letra a) só foi capaz de registrar o primeiro evento e com Tmin (OC noturna), com valores entre 25 e 27.5°C. Ademais, apresenta

valores mais “suaves” e menor amplitude de Tmax e Tmin ao longo do ano, o que concorda com a hipótese de circulação de brisas e do efeito da umidade oceânica devido a sua localização. É importante apontar que, mesmo que não tenha sido registrado OC noturna em todas as estações e nos dois casos analisados, todas as estações exibiram valores suficientemente altos de Tmin nestes períodos, até mesmo excedendo seu respectivo índice extremo (CTN90pct), mas sem caracterizar uma OC. Este tipo de comportamento da temperatura pode ser suficiente para intensificar o estresse térmico sobre a população em questão, visto que as noites permanecem suficientemente quentes para isto.

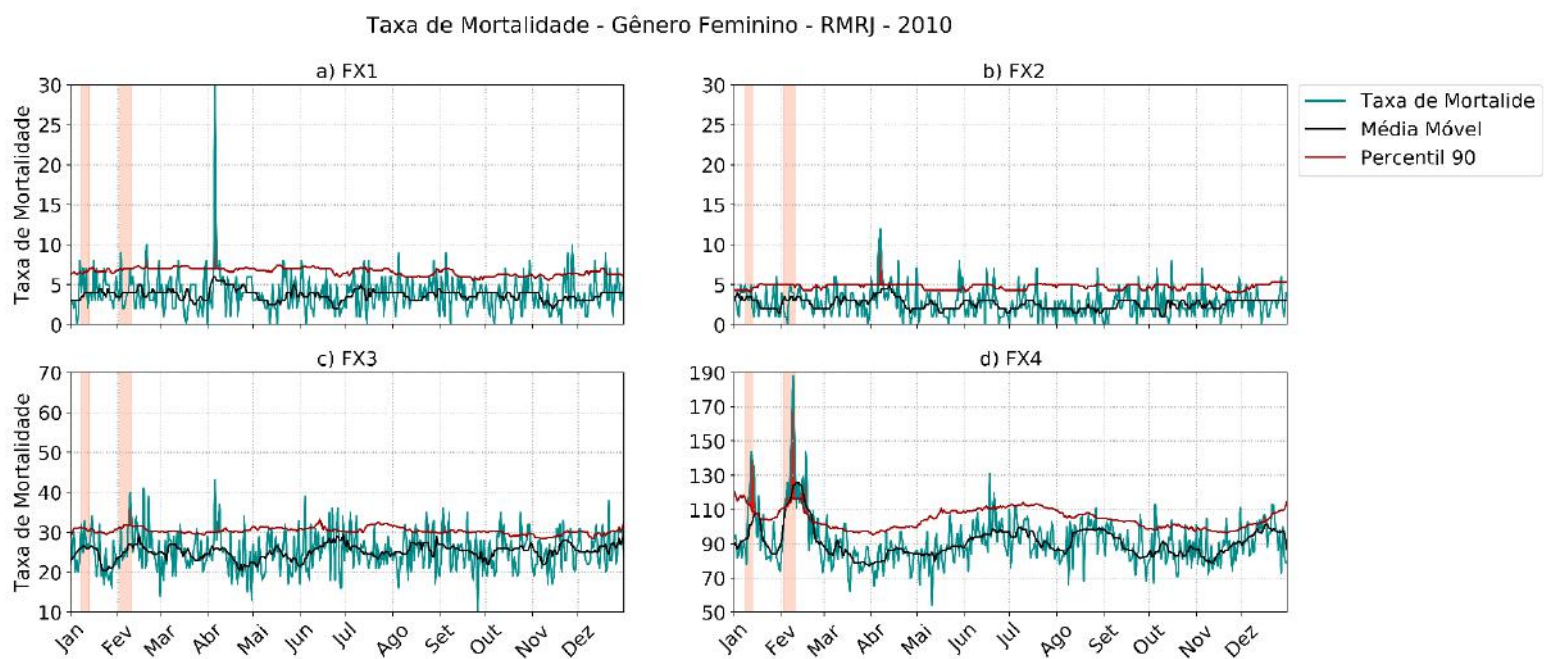


Figura 4.14: Comportamento da TM do gênero feminino na RMRJ durante o ano de 2010, separados por grupos de faixa etária: FX1 (a), FX2 (b), FX3 (c) FX4 (d). As tarjas laranja destacam os eventos calor extremo em questão. Preenchido em vermelho representam o excesso de mortalidade em relação ao seu respectivo percentil 90.

Analisando a figura 4.14, visualiza-se que durante os dois eventos em questão não provocam ou não estão associados a nenhum tipo de pico de TM para as faixas etárias FX1 e FX2 (figura 4.11, letras a e b, respectivamente) do gênero feminino. No entanto, há a presença de alterações nestes grupos de idade, como no início de abril de 2010 (figura 4.14, letra a e b), mas que não tem relação com os eventos de calor extremo em questão. Para o grupo FX3 (figura 4.14, letra c), é possível ligeiras alterações da TM, sobretudo

no segundo evento de OC, enfatizando que ocorrem com um lag (atraso) de dias em referência aos eventos em evidência. O mesmo tipo de comportamento é verificado para o grupo FX4, mas com alterações ainda mais marcantes.

Já para o gênero masculino (figura 4.15), também não há variações abruptas na TM para as faixas etárias FX1 e FX2 (figura 4.15, letras a e b, respectivamente) do gênero masculino. Também apresentam alterações, mas sem relação com EET's, como no início de abril de 2010 para os dois grupos de faixa etária (figura 4.15, letras a e b, respectivamente), assim como para o gênero feminino (figura 4.14, letras a e b, respectivamente), mas que não tem relação com os eventos de calor extremo em questão. Aliás, há a presença de outros picos para o grupo FX2 (figura 4.15, letra b), como no início de maio e no final de outubro e novembro, e que, assim como o a alteração relatada anteriormente, não tem relação visual com nenhum evento de temperatura extrema (figura 4.13).

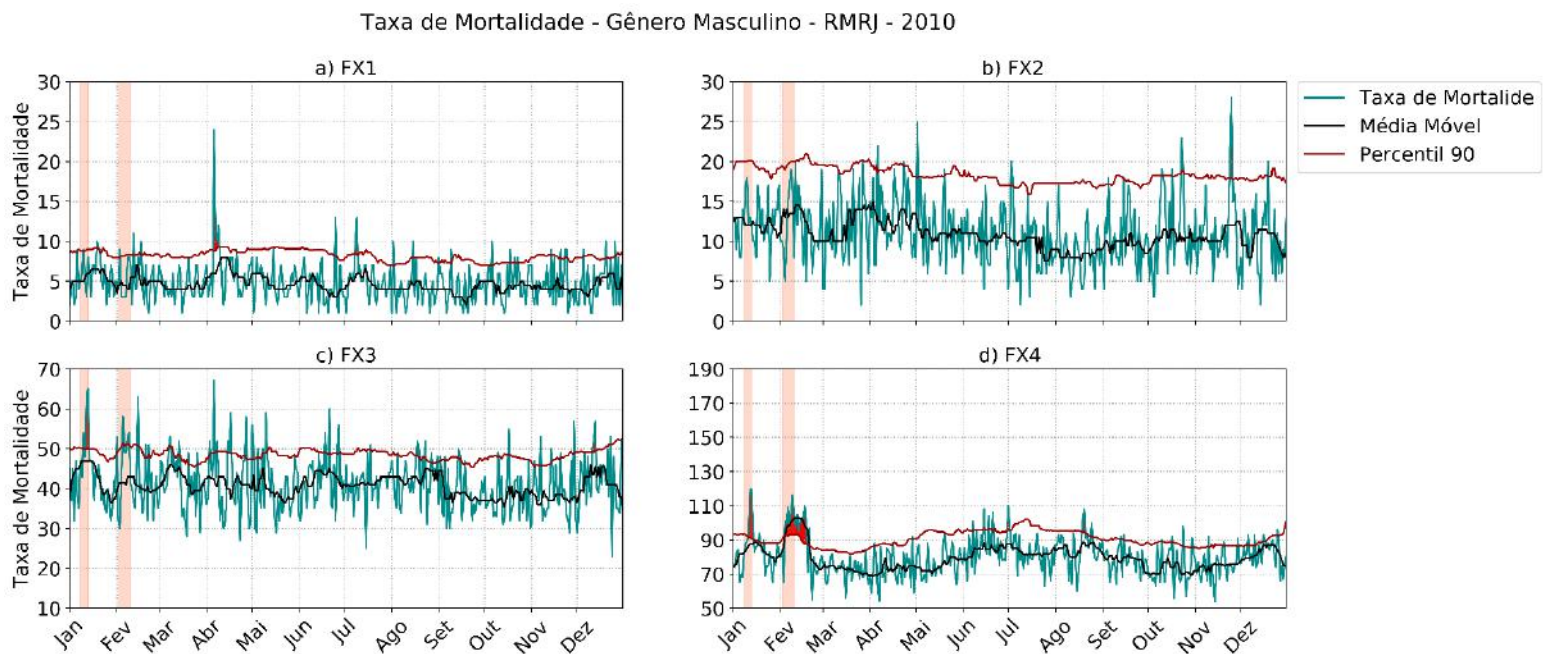


Figura 4.15: Comportamento da TM do gênero masculino na RMRJ durante o ano de 2010, separados por grupos de faixa etária: FX1 (a), FX2 (b), FX3 (c) FX4 (d). As tarjas laranja destacam os eventos calor extremo em questão. Preenchido em vermelho representam o excesso de mortalidade em relação ao seu respectivo percentil 90.

Em conformidade com o gênero feminino, o grupo FX3 masculino (figura 4.15, letra c), é possível observar ligeiras alterações da TM, um pouco mais marcantes que do gênero feminino durante o primeiro evento de OC, também com certo lag de dias relativamente ao início do evento em evidência. O grupo de idade FX4 (figura 4.15, letra d), expõe o mesmo tipo de comportamento é verificado para o grupo FX4 do gênero feminino (figura 4.10, letra d), mas com pico de TM mais brando no decorrer dos dias e, ao que tudo indica, com efeito do calor perdurando por mais tempo no segundo evento de OC, sugestionando a alta vulnerabilidade deste grupo em função do calor extremo.

Analisando a tabela 4.3, apesar dos valores dos grupos de faixa etária FX1 e FX2 (ambos os gêneros) apresentarem excesso médio de óbitos em alguns casos, para o período de estudo, a quantidade óbitos não é suficientemente elevada para tentar relacionar estes óbitos aos episódios de calor extremo.

Tabela 4.3: Características gerais da TM, por gênero e faixa etária, da RMRJ durante os eventos extremos de calor em análise ocorridos no ano de 2010. Destacado em vermelho os principais valores.

Média de óbitos ocorridos durante os Eventos Extremos de Temperatura analisados no ano de 2010			
(Média de Óbitos, Percentil 90 Médio e Porcentagem excedente em relação à média da respectiva Estação do Ano)			
Eventos Analisados no ano de 2010			
		OC - 08/01 a 13/01/2010	OC - 02/02 a 10/02/2010
Masculino	FX1	5,78 (5,50, 8,36, 4,98)	5,42 (5,50, 8,36, -)
	FX2	12,44 (13,35, 19,05, -)	13,25 (13,35, 19,05, -)
	FX3	51,33 (41,29, 49,71, 24,33)	43,25 (41,29, 49,71, 04,76)
	FX4	95,44 (74,74, 89,92, 27,71)	98,33 (74,74, 89,92, 31,57)
Feminino	FX1	4,78 (4,22, 6,70, 13,29)	4,08 (4,22, 6,70, -)
	FX2	3,33 (2,77, 4,78, 20,16)	3,08 (2,77, 4,78, 11,15)
	FX3	29,00 (24,55, 30,44, 18,12)	28,67 (24,55, 30,44, 16,76)
	FX4	112,89 (86,78, 107,87, 30,09)	128,42 (86,78, 107,87, 47,98)

Para o grupo de faixa etária FX3 do gênero masculino, verifica-se que a o valor médio diário de 49,17 de óbitos durante o primeiro evento de OC, excedendo em 24,33% o que é esperado para cada dia do verão. Já no segundo evento de OC, os valores foram mais brandos, com o total média de 43,25 por dia, com excesso de 4,76%, o que não é

um valor tão expressivo em relação ao primeiro caso e a diferença para o era esperado para este grupo de gênero e idade não é tão alta para pressupor alguma relação com o Evento Extremo de Calor ocorrido em fevereiro de 2010. Ou seja, aparentemente, o primeiro evento foi mais nocivo a este grupo em confronto com o segundo evento de OC.

Já para o grupo dos idosos (gênero masculino, faixa etária FX4), é possível observar um valores mais consistentes entre si para os dois eventos: no primeiro caso, há o valor médio de 95,44 óbitos por dia durante o período, superando em 27,71% o que é esperado em média para dia do verão, inclusive superando o percentil 90 médio para a mesma estação do ano (89,92); no segundo evento, há o valor esperado média diário de 98,33, com excesso de 31,57%, além de também superar o percentil 90 médio diário para a época do ano em evidência.

No que diz respeito ao gênero feminino, os valores para a faixa etária FX3 são muito próximos entre si, com 29,00 e 28,67 média diária de óbitos (para o primeiro e o segundo evento de OC, respectivamente), e, ambos os casos, há 18,12% e 16,76% de óbitos excedentes para os eventos (em relação ao primeiro e segundo evento de OC, nesta ordem), além de superar o percentil 90 médio diário para a mesma época do ano (30,44). Esta constatação sugere que esta faixa etária do gênero feminino é mais suscetível em comparação com a mesma faixa de idade do gênero masculino devido a alteração da TM nos dois eventos de calor extremo analisados, apesar de no primeiro caso, o gênero masculino detém um valor maior em referência ao gênero feminino.

Para as idosas (grupo de faixa etária FX4), os valores são ainda mais expressivos em ambos os eventos de calor identificados. Com valor médio diário de óbitos de 112,89 no primeiro e de 128,42 para o caso, sobejando amplamente o que era esperado para o verão em 30,09% no primeiro e, com destaque, 47,98% no segundo Evento de Calor Extremo. Vale ressaltar que os óbitos médios observados, em ambos os eventos de OC, também extrapolaram a média diária do percentil 90 para a estação do ano em questão. Dentre todos os grupos de gênero e faixa etária, as idosas demonstram ser as mais vulneráveis a estes eventos e que tem potencial para gerar um quadro de alta adversidade para a saúde pública da RMRJ.

Neste sentido, para conferir a relação dos óbitos com os valores de Tmax e Tmin foi elaborado gráficos de dispersão, que seguem abaixo. Para estes gráficos, serão

considerados apenas os grupos de faixa etária mais afetados, em ambos os gêneros, de acordo com a tabela 4.3, ou seja, será considerado apenas os grupos de faixa etária FX3 e FX4 de ambos os gêneros.

Na figura 4.16, para a faixa etária FX3 do gênero feminino (figura 4.16, letra a), é possível conferir uma conexão tímida no caso de Tmax, com alguns valores mais elevados de TM em decorrência de altos valores de Tmax. O mesmo tipo de comportamento ocorre ao investigar a associação com Tmin (figura 4.16, letra b).

Para o grupo de faixa etária FX4 do gênero feminino, há uma forte relação aparente com as variáveis de temperatura, onde é possível estimar, visualmente, que valores de Tmax a partir de 35°C e Tmin (figuras 4.16, letras c e d, respectivamente) a partir de 25°C são capazes de provocar alterações relevantes na saúde deste grupo. Além disso, em relação a Tmin (figura 4.16, letra d), é possível o ligeiro aumento da TM em virtude de temperaturas baixas, de forma que valores de Tmin a partir de 15°C possuem potencial para causar algum tipo de efeito anormal sobre a TM deste grupo de faixa etária e gênero.

Assim como para o gênero feminino, o grupo faixa etária FX3, do gênero masculino, demonstra uma associação mais expressiva entre os valores mais elevados de Tmax (figura 4.16, letra e) e de Tmin (figura 4.16, letra f) em comparação para que foi observado para o gênero feminino (figura 4.16, letras a e b, respectivamente). Este tipo de resultado nos indica que o grupo dos adultos (grupo de faixa etária FX3) do gênero masculino são mais vulneráveis que o mesmo grupo de faixa etária para o gênero feminino, no entanto isto não é conferido na tabela 4.3. Talvez, o que pode explicar este fato, é que o grupo de adultos do gênero masculino sejam mais suscetíveis a eventos de calor extremo pontuais, ou seja, dias e/ou quentes além do normal, mas sem caracterizar um período de OC (que perdure por 3 dias, ao menos). Dessa forma, através do que foi observado para as mulheres adultas, é razoável afirmar que os episódios de OC's em questão foram mais críticos em relação a dias e/ou noites quentes pontuais.

Taxa de Mortalidade vs. Temperatura - RMRJ - 2010

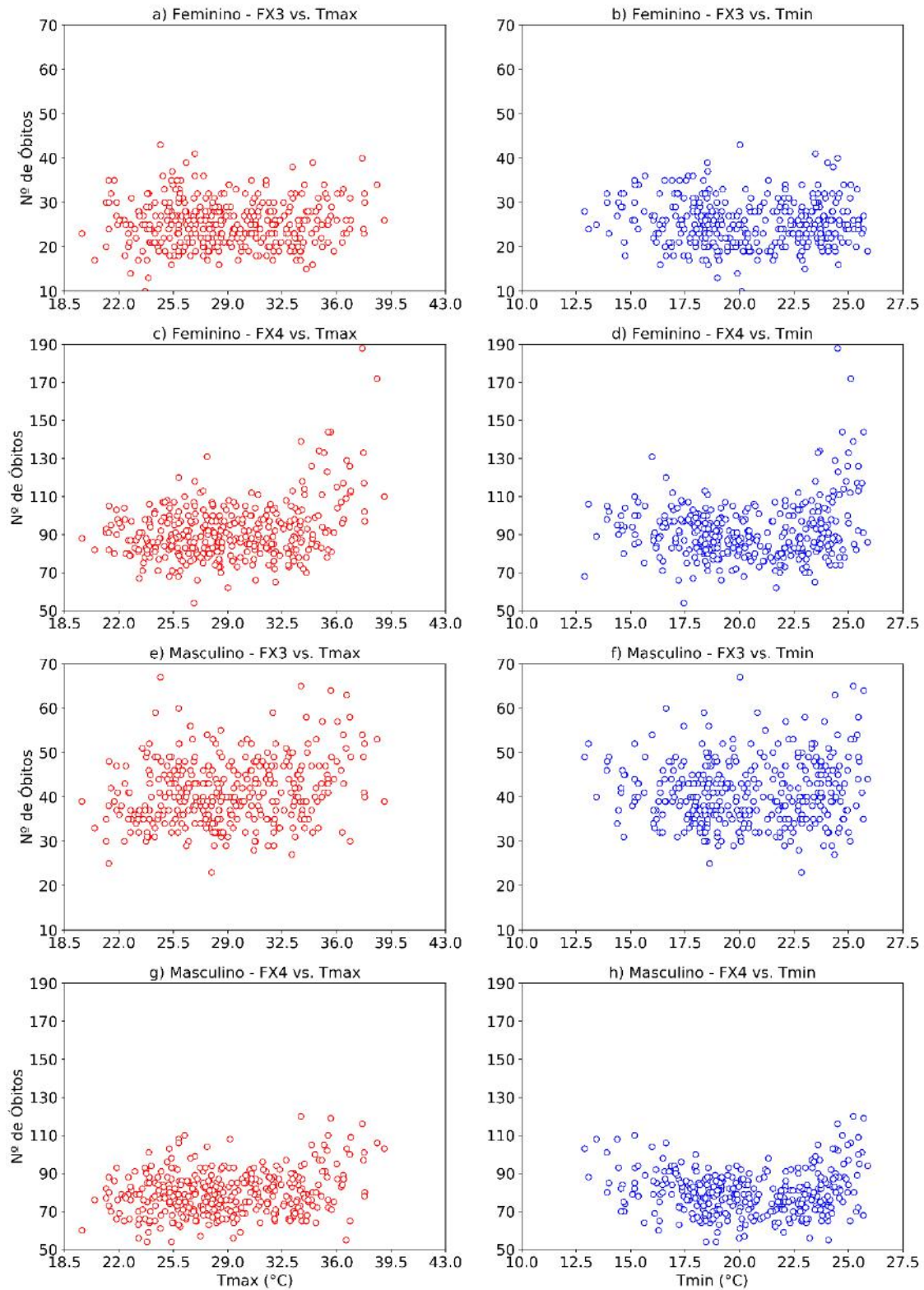


Figura 4.16: Gráfico de dispersão de óbitos do gênero feminino e masculino da RMRJ, para as faixas etárias mais afetadas de acordo com a tabela 4.3, considerando Tmax e Tmin durante o ano de 2010.

Para os idosos (grupo de faixa etária FX4, gênero masculino), segue o mesmo tipo de padrão conferido para as idosas, com relação considerável com as variáveis de Tmax e Tmin (figura 4.16, letras g e h, respectivamente), contudo não tão forte em comparação com as idosas (figura 4.16, letras c e d, respectivamente). Também é viável estimar, visualmente, um limiar de temperaturas que gere situações críticas para este grupo e que acompanha o que foi comentado para as idosas, ou seja, que valores de Tmax a partir de 35°C e Tmin a partir de 25°C (figura 4.16, letras g e h, nesta ordem). Aliás, no que tange a Tmin (figura 4.16, letra h), nota-se o aumento da TM em virtude de temperaturas baixas e, aparentemente, produzem uma relação mais concreta em virtude das idosas (figura 4.16, letra d), de forma que valores de Tmin a partir de 15°C possuem potencial para causar algum tipo de efeito anormal sobre a TM deste grupo de faixa etária e gênero.

Por fim, ainda sobre este resultado, é razoável que a TM dos grupos de faixa etária FX4 do gênero masculino e feminino (figuras 4.16, letras c, d, g e h) possui relação não linear, mas respondendo aos aumentos e quedas acentuadas de Tmax e Tmin com um padrão similar a função polinomial de segundo grau com concavidade para cima, onde os pontos máximos são conferidos pelos máximos de TM, sendo que as idosas possuem resposta mais clara ao calor (tanto com Tmax quanto com Tmin), enquanto que para os idosos, durante o ano de 2010, a relação é mais clara com Tmin.

4.4 Estudo de caso 2: alterações na Taxa de Mortalidade em decorrência de Eventos Extremos de Calor no ano de 2012 na RMRJ

Nesta seção será analisado dois casos OC's ocorridos no mês de dezembro no ano de 2012, o primeiro evento ocorreu entre os dias 5 e 9 e o segundo caso ocorreu entre os dias 25 a 28 do mês em questão. Ademais, será avaliado o impacto destes episódios de calor extremo sobre a TM de todos os grupos de gênero e faixa etária, avaliados de forma similar ao que foi feito para a seção 4.3.

Na figura 4.17, está destacado os dois eventos que foram precursores de alterações da TM na RMRJ. Para a estação SBRJ (figura 4.17, letra a), observa-se que os valores de Tmax e Tmin são menores em comparação com as estações restantes, seguindo o que foi comentado para o caso anterior (seção 4.3), apesar de, desta vez, ter detectado os dois eventos com Tmax (OC's diurnas) em questão, diferentemente do caso anterior. Estes

valores de temperatura mais brandos reforçam a hipótese de que a influência da circulação de brisas e a alta umidade local influenciam nestes valores. Neste sentido, como a estação de SBSC (figura 4.17, letra d) também está próxima de um grande corpo hídrico (figura 1.1) e que pode estar sujeito a estes mecanismos, apesar de exibir valores mais elevados de Tmax e Tmin em relação a SBRJ, sendo que só conseguiu detectar apenas o primeiro evento com Tmax.

Dos aspectos de Tmax e Tmin, durante o primeiro evento, SBAF (figura 4.17, letra c) exibiu os maiores valores, entre 35,5 e 38°C, seguido de SBGL (figura 4.17, letra b) com Tmax entre 35 e 37,5°C, sugerindo que o epicentro desta OC em questão ocorreu na porção mais ao norte da RMRJ. Isto pode ser confirmado analisando os máximos de Tmin durante os eventos de questão, onde SBGL (figura 4.17, letra b) exibe Tmin entre 25 e 28°C no primeiro evento e entre 25 e 27,5°C no segundo evento. Em comparação com SBAF (figura 4.17, letra c), percebe-se que Tmin assume valores mais brandos durante os casos analisados, o que indica uma presença mais bem definida da continentalidade, onde é possível ocorrer o resfriamento radiativo noturno.

Neste sentido, SBAF e SBGL estão localizadas (figura 3.1) em áreas fortemente afetadas por fenômenos de Ilhas de Calor Urbano conforme sugerido na seção 4.1, no entanto SBGL está mais próxima da Baía de Guanabara e os valores altos de temperatura durante o período diurno (Tmax) podem ser conversados/preservados em virtude da possível umidade relativa do ar mais alta que em SBAF, de maneira que isto também é refletido em Tmin de SBGL (figura 4.17, letra b), exibindo os maiores valores dentre todas as estações, inclusive sobre a Temperatura Média. Reforçando que além dos aspectos sinóticos que são necessários para o desenvolvimento de OC's comentados no Capítulo 1, também há características locais que certamente são influentes para gerar OC's mais fortes em pontos da RMRJ.

Tmax e Tmin - RMRJ - 2012

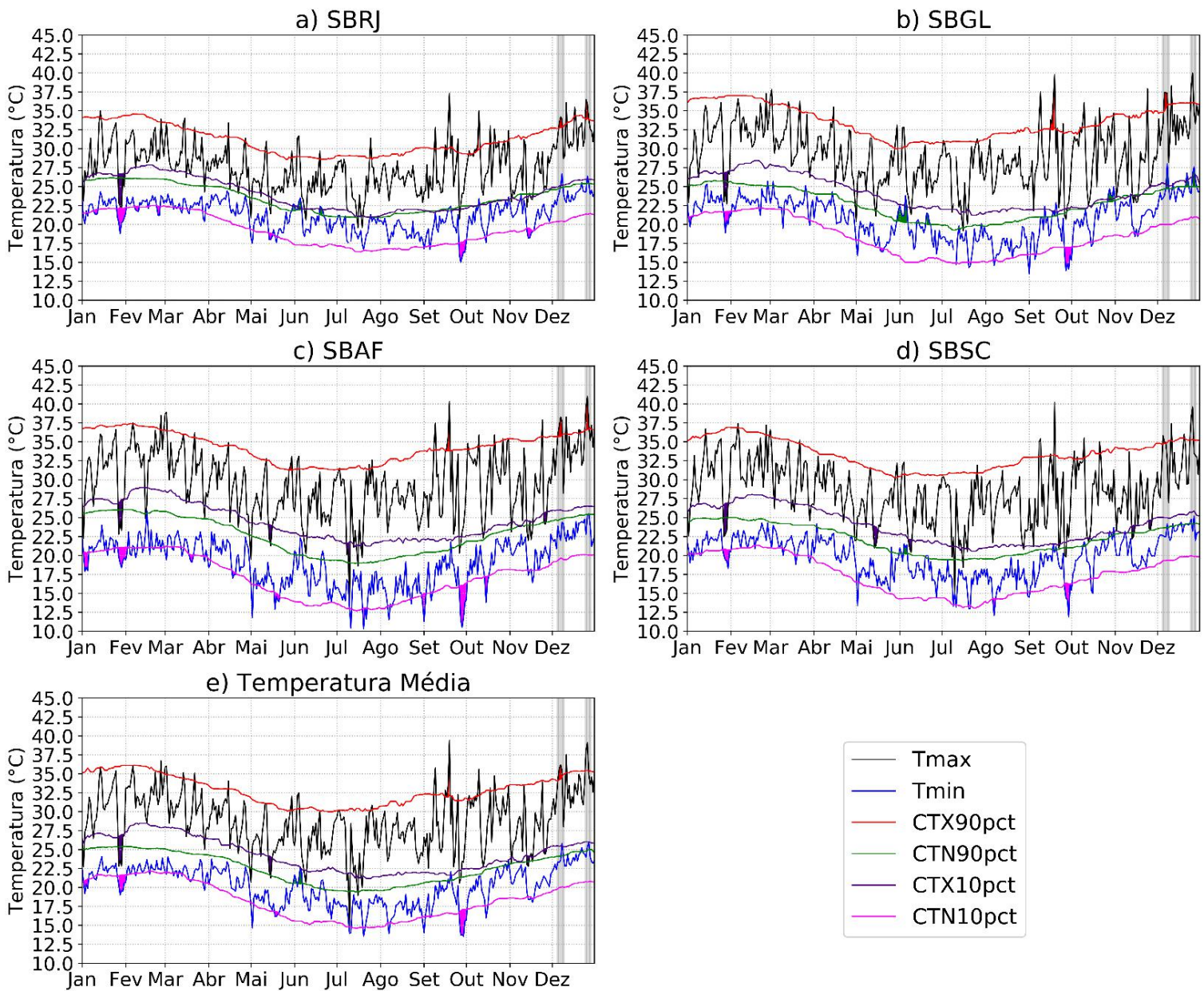


Figura 4.17: Comportamento de Tmax e Tmin no ano de 2012 em SBRJ (a), SBGL (b), SBAF (c), SBSC (d) e com a Temperatura Média (e) calculada entre as estações disponíveis para a RMRJ, destacados tarjas cinzas os EET's que ocorridos em janeiro e fevereiro de 2010. As áreas preenchidas com vermelho e em verde destacam a ocorrência de eventos de OC's (detectadas com CTX90pct e CTN90pct, respectivamente) e as áreas preenchidas com roxo e rosa destacam a ocorrência de OF's (detectadas com CTX10pct e CTN10pct, respectivamente).

Novamente, nem todas as estações detectaram os eventos em questão, e no que diz respeito a Tmin, mesmo que não tenha sido registrado OC noturnas em todas as estações

e durante os dois eventos estudados, todas as estações exibiram valores suficientemente altos de T_{min} nestes períodos, até mesmo excedendo seu respectivo índice extremo (CTN90pct). Reforçando que este tipo de comportamento da temperatura pode ser suficiente para intensificar o estresse térmico sobre a população da RMRJ, visto que as noites permanecem suficientemente quentes para isto e não proporciona um o alívio término noturno.

Por meio da figura 4.18, é possível conferir que para o gênero feminino e as faixas etárias de FX1 e FX2 (figura 4.18, letras a e b, nesta ordem), de maneira geral, os eventos de calor em questão não foram capazes de provocar fortes alterações na TM destes grupos em questão, com exceção de um pico de TM próximo ao final do primeiro evento no grupo de faixa etária FX1 (figura 4.18, letra a). Para estes grupos em especial, há outros picos de TM no decorrer do ano de 2012, mas que não podem ser atribuídos as OC's em análise. Para o grupo FX3 (figura 4.18, letra c), já há uma certa alteração da TM durante os eventos em debate, excedendo seu respectivo limiar extremo baseado no percentil 90 diário, sendo mais pronunciados para o primeiro caso. Há um pico relativo entre os eventos e, aparentemente, pode estar ligado a uma ligeira oscilação da temperatura entre os eventos (figura 4.17).

Concordando com o caso de 2010 comentado na seção anterior, o grupo de faixa etária FX4 (figura 4.18, letra d), das idosas, visualiza-se grandes anormalidades da TM (excedendo seu respectivo limiar extremo calculado com base no percentil 90 diário) em ambos os casos de OC. De forma que, para o segundo caso, esta alteração da TM é mais pronunciada, seguindo o mesmo padrão encontrado no primeiro caso de estudo no ano de 2010, ou seja, em OC's seguidas, o segundo evento parece ser mais nocivo em confronto ao primeiro. Além do mais, também reforça a afirmativa de suscetibilidade deste grupo de gênero e faixa etária.

Taxa de Mortalidade - Gênero Feminino - RMRJ - 2012

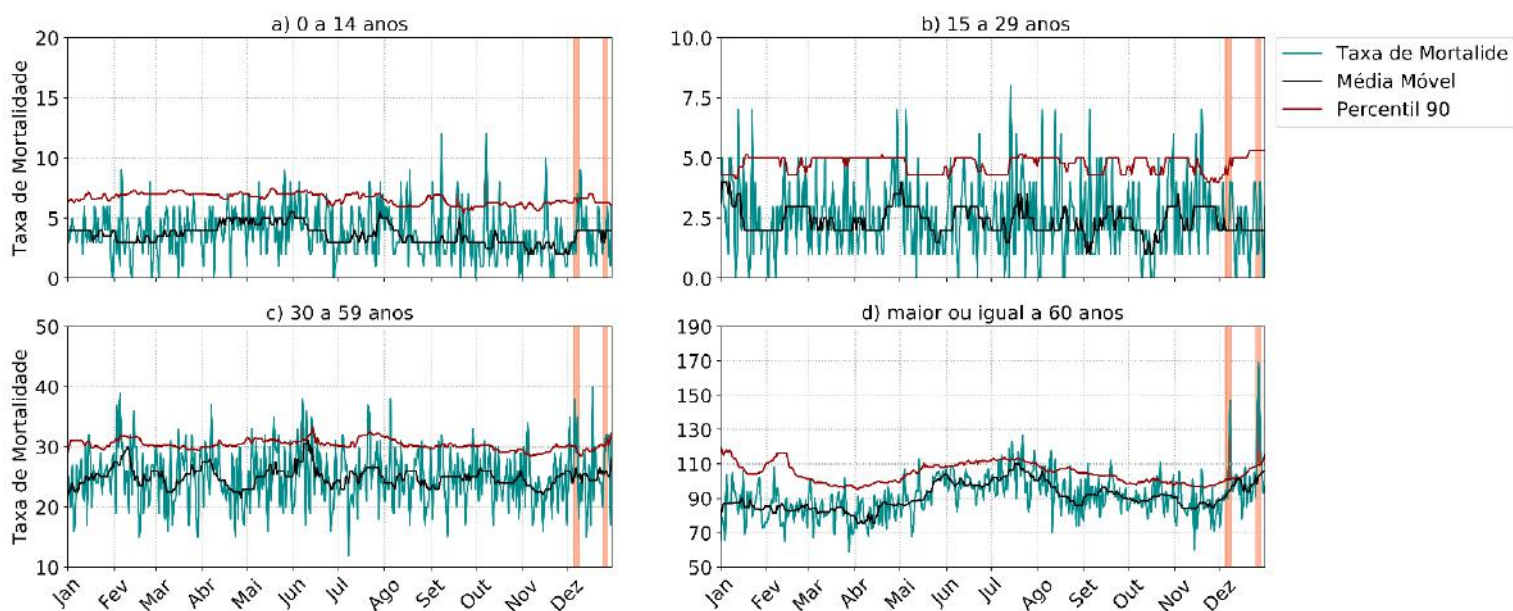


Figura 4.18: Comportamento da TM do gênero feminino na RMRJ durante o ano de 2012, separados por grupos de faixa etária: FX1 (a), FX2 (b), FX3 (c) FX4 (d). As tarjas laranja destacam os eventos calor extremo em questão. Preenchido em vermelho representam o excesso de mortalidade em relação ao seu respectivo percentil 90.

Analisando o gênero masculino, através da figura 4.19, para os grupos de faixa etária FX1 e FX2 (figura 4.19, letras a e b, respectivamente), exibem padrão similar ao que foi observado para estes mesmos grupos de faixa etária, mas para o gênero feminino (figura 4.18, letras a e b). Ou seja, não há modificações expressivas da TM durante os casos extremos de temperatura em questão. Em contrapartida, há um pico relativo de TM entre os dois eventos e talvez pode estar relacionado com a oscilação de Tmax (figura 4.17), assim como foi observado para o grupo FX3 do gênero feminino (figura 4.7, letra c). Para o grupo de faixa etária FX3, assim como o mesmo grupo de faixa etária, porém para o gênero masculino (figura 4.18, letra c), há picos de TM durante os casos de calor extremo em questão.

Taxa de Mortalidade - Gênero Masculino - RMRJ - 2012

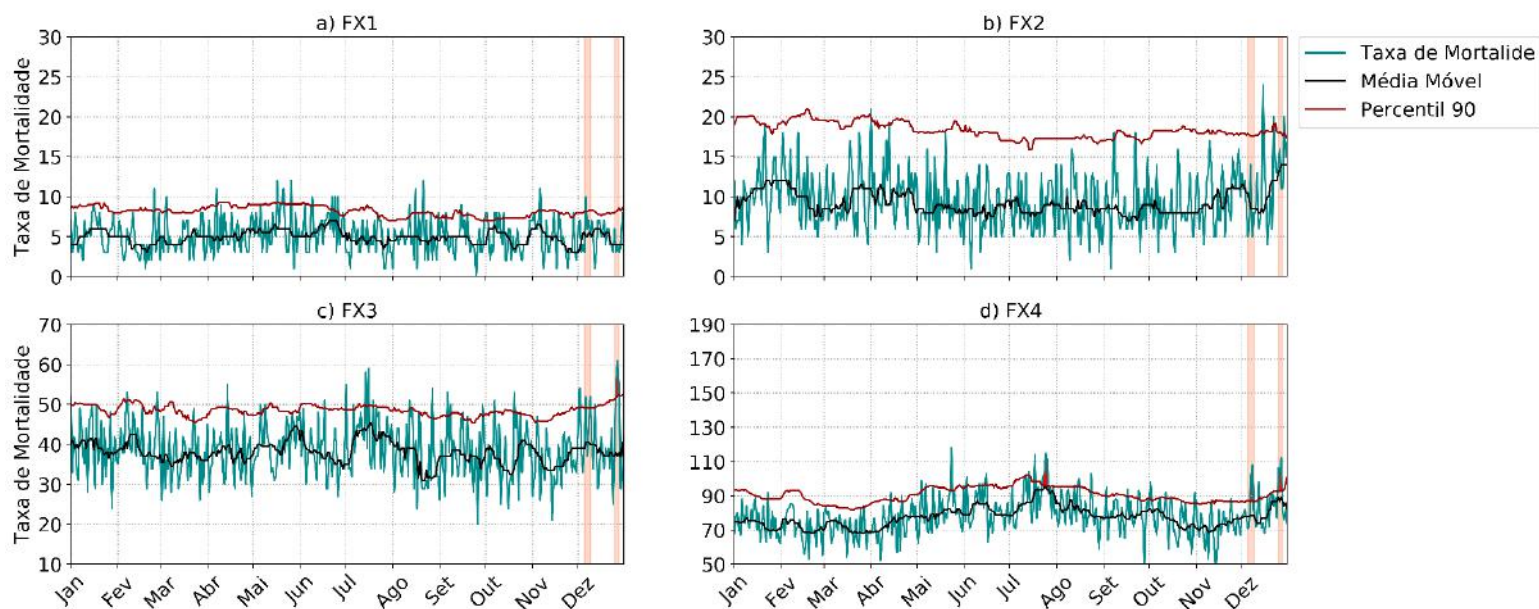


Figura 4.19: Comportamento da TM do gênero masculino na RMRJ durante o ano de 2012, separados por grupos de faixa etária: FX1 (a), FX2 (b), FX3 (c) FX4 (d). As tarjas laranja destacam os eventos calor extremo em questão. Preenchido em vermelho representam o excesso de mortalidade em relação ao seu respectivo percentil 90.

Em linhas gerais, o grupo de faixa etária FX4 do gênero masculino (figura 4.19, letra d), os idosos, apresenta o mesmo comportamento visto para o mesmo grupo de faixa etária, mas para o gênero feminino. Ou seja, há picos da TM durante os dois eventos de calor extremo em análise e que excedem o limiar extremo baseado no percentil 90 diário, apontando para a situação crítica gerado por estes eventos, no entanto não atinge os valores expressivos conferidos para as idosas (figura 4.18, letra d). Outro padrão interessante é o grande pico, que se estende por mais dias do aqueles apontados previamente, no meio para o final do mês de julho e que, talvez, está relacionado com a subida acentuada de Tmax e Tmin após um evento de frio extremo detectado em todas as estações no início do mês de julho (figura 4.17) e, é importante reparar que as idosas também exibem alterações de TM neste período, mas mais tímidas em comparação com os idosos. Contudo este pico de TM para o grupo dos idosos não será incorporado como objeto de análise para o presente estudo e ficará como objeto de estudo para novas pesquisas.

Tabela 4.4: Características gerais da TM, por gênero e faixa etária, da RMRJ durante os eventos extremos de calor em análise ocorridos no ano de 2012. Destacado em vermelho os principais valores.

		Eventos Analisados	
		OC - 05/12 a 09/12/2012	OC - 25/12 a 28/12/2012
Masculino	FX1	5 <u>h</u> ,50 (5,50, 8,36, -)	4,71 (5,50, 8,36, -)
	FX2	8,13 (13,35, 19,05, -)	14,86 (13,35, 19,05, 14,14)
	FX3	43,88 (41,29, 49,71, 6,27)	44,57 (41,29, 49,71, 07,96)
	FX4	84,50 (74,74, 89,92, 13,06)	90,43 (74,74, 89,92, 20,99)
Feminino	FX1	4,63 (4,22, 6,70, 09,67)	3,57 (4,22, 6,70, -)
	FX2	2,25 (2,77, 4,78, -)	2,14 (2,77, 4,78, -)
	FX3	27,00 (24,55, 30,44, 09,97)	27,57 (24,55, 30,44, 12,30)
	FX4	106,75 (86,78, 107,87, 23,02)	115,71 (86,78, 107,87, 33,35)

Através da tabela 4.4, é perceptível que para o gênero masculino e os grupos de faixa etária FX1, FX2, e FX3, não sofreram grandes consequência em função do calor extremo, apesar de o valor média diário durante o segundo evento para o grupo FX2 ultrapassa o valor esperado médio para cada dia do verão em 14,14% e, nos dois de OC's de 2012, o grupo FX3 deste gênero apresenta excesso em relação ao que é esperado para o período de verão, todavia estes números são muito próximos entre si e não é razoável fazer a conexão deste superávit de TM com o calor extremo.

Para este gênero, novamente os idosos (grupo de faixa etária FX4 do gênero masculino) lideram, em pleno acordo com o primeiro estudo de caso discutido na seção anterior. Sendo que no primeiro evento registrou-se o valor médio diário de 84,50 e, no segundo evento, de 90,43, extrapolando o que era esperado durante o período, em 13,06% no primeiro evento e em 20,99% no segundo evento, de maneira que apenas no segundo evento a TM excede o percentil 90 médio para cada dia do verão (89,92), o que sugere maior severidade deste evento.

Para o gênero feminino, pela tabela 4.4, assim como gênero masculino e para os casos da seção anterior, os grupos de faixa etária FX1 e FX2 não apresentam modificações expressivas na TM e que tenha alguma relação com o calor extremo. O grupo FX3

também não apresenta valores tão elevados, com excesso de 9,97% no primeiro evento e no segundo caso, há 12,30% de óbitos excedentes, mas a média de óbitos ocorridos diariamente durante os períodos de OC's e a média da Taxa de Mortalidade esperada para cada dia do verão são muito próximos entre si, não é possível atribuir este fato ao fato da ocorrência do calor extremo.

Como esperado, as idosas (grupo de faixa etária FX4) registram as maiores modificações da TM durante os eventos de calor, em conformidade com os resultados comentados na seção anterior. Durante o primeiro evento de OC, o valor médio diário corresponde a 106,75 óbitos e no segundo evento de OC, o valor médio diário de óbitos é igual a 115,71. Em ambos os casos, há 23,02% no primeiro evento e em 33,35% no segundo evento de óbitos excedentes. Entretanto, apenas no segundo caso o valor médio diário de óbitos (115,71) é maior que o percentil 90 médio para cada dia do verão (107,87).

Investigando mais a fundo as relações da TM com Tmax e Tmin, pela figura 4.20, para o gênero feminino, para o grupo de faixa etária FX3, há uma relação tímida entre alteração da TM em função de valores elevados de temperatura, porém mais nítida com Tmin (figura 4.20, letra b) em comparação com Tmax (figura 4.20, letra a).

Taxa de Mortalidade vs. Temperatura - RMRJ - 2012

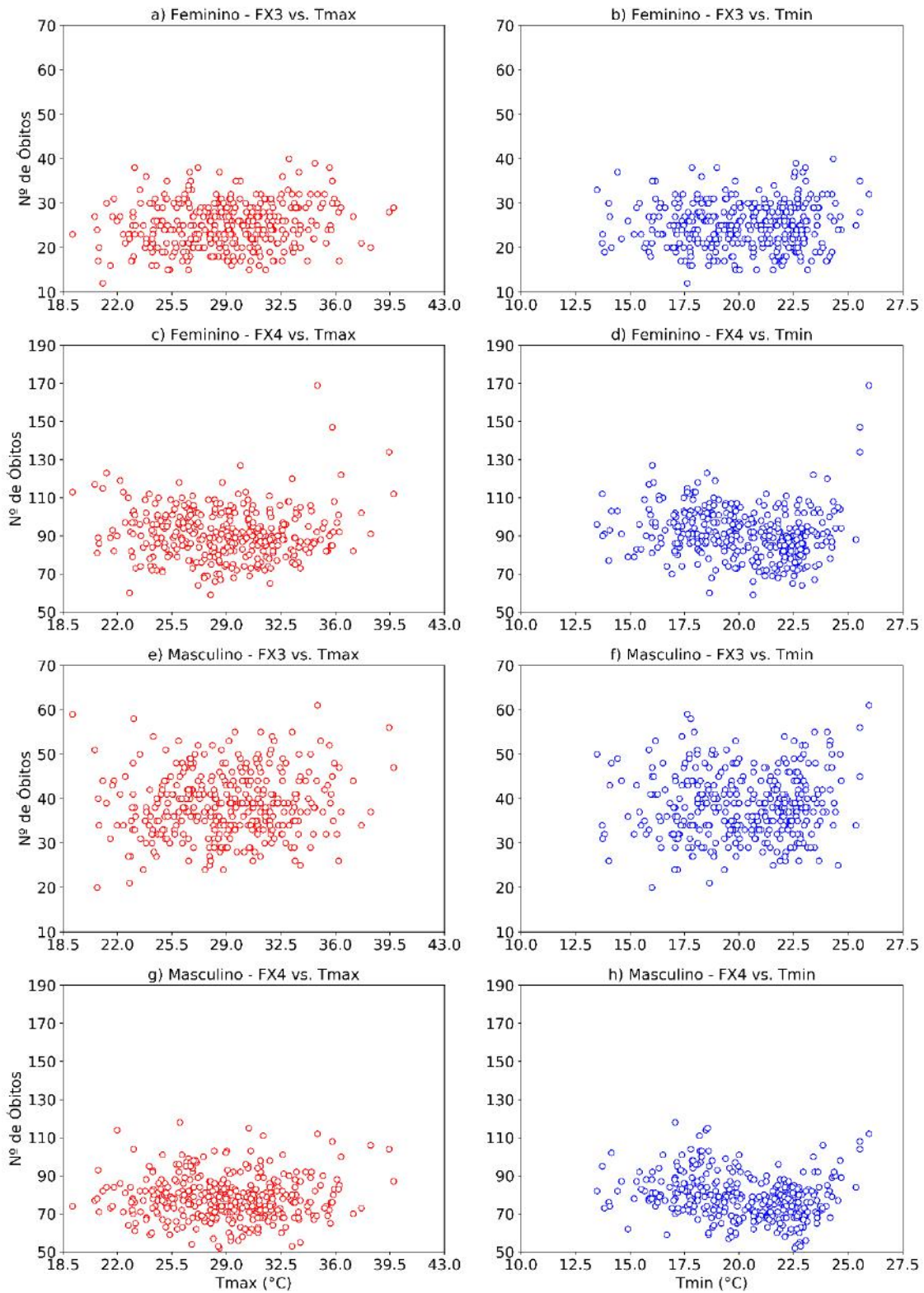


Figura 4.20: Gráfico de dispersão de óbitos do gênero feminino e masculino da RMRJ, para as faixas etárias mais afetadas de acordo com a tabela 4.4, considerando Tmax e Tmin durante o ano de 2012.

Mais uma vez, o grupo das idosas (mulheres do grupo de faixa etária FX4) apresenta relação evidente e concreta das alterações de TM conforme há o aumento de T_{min} e T_{max} (figura 4.20, letras c e d, nesta ordem). Além de indicar uma certa associação entre a queda de T_{max} e T_{min} e o aumento da TM, contudo é mais brando quando comparado com o aumento dos valores das respectivas variáveis. Neste sentido, valores de T_{max} a partir de 35°C e de T_{min} a partir de 25°C são capazes de produzir condições alarmantes para a saúde pública da idosas da RMRJ. Estes resultados estão coerentes e são bem similares ao que foi apresentado na seção anterior para as idosas, inclusive a relação aparente seguindo uma função polinomial, mas neste caso a cauda direita sofre uma subida bem mais acentuada.

Para o grupo masculino, no que diz respeito ao grupo de faixa etária FX3, aparentemente, há uma tímida relação entre as modificações da TM e o aumento de T_{max} e de T_{min} (figura 4.20, letra e e f, respectivamente), além de que também há uma alteração mais tímida da TM em associação a valores de T_{max} e T_{min} mais baixos, indicando que possivelmente há influência do frio sobre o grupo em questão.

Por fim, os idosos, há a repetição de padrões observados anteriormente com as idosas em todos os casos analisados e com os idosos dos casos da seção anterior. Ou seja, nota-se um padrão de aumento da TM em decorrência do aumento de T_{max} e de T_{min} (figura 4.20, letras g e h, respectivamente). Sendo que para T_{min}, a relação é ainda mais evidente e consistente. Assim como anteriormente, é viável estabelecer que valores de T_{max} a partir de 35°C e T_{min} a partir de 25°C são capazes de produzir situações críticas de saúde pública para os idosos da RMRJ. Também nota-se, novamente, o aumento da TM em virtude de temperaturas baixas (figura 4.20, letra h) e, aparentemente, produzem uma relação mais concreta para as idosas (figura 4.20, letra d), de forma que valores de T_{min} a partir de 17°C durante o ano de 2012 possuem potencial para causar situações adversas para este grupo.

4.5 Estudo de caso 3: alterações na Taxa de Mortalidade em decorrência de Eventos Extremos de Calor e de Frio no ano de 2016 na RMRJ e na RMSP

Esta seção será dedicada a investigar um comportamento diferente do que já foi apresentado nas seções anteriores relativas a ocorrências de OC's na RMRJ. Neste caso,

será avaliado a ocorrência de OC's na RMRJ e RMSP que são precedidas de um evento de OF e, em um espaço de cerca de 15 dias, há a ocorrência de outro evento de OF em ambas as regiões de estudo. Este quadro gerou alterações relevantes na TM da RMRJ e RMSP, devido principalmente as grandes oscilações de temperatura observadas. As análises serão procedidas da mesma forma que foi apresentado nas seções anteriores (seções 4.3 e 4.4).

Na RMRJ, o primeiro evento extremo foi uma OC que ocorreu entre 12 e 27 de abril de 2016, o segundo evento foi uma OF que teve início no dia 28 de abril e término no dia 04 de maio de 2016 e o último evento de análise foi outra OF que ocorreu entre os dias 7 e 18 de junho de 2016. Na RMSP, o primeiro evento foi uma OC sucedeu entre os dias 6 e 26 de abril de 2016, o segundo evento, uma OF, aconteceu entre os dias 28 de abril e 2 de maio de 2016, e, por fim, o último evento, que também foi uma OF, ocorreu entre os dias 9 e 16 de junho de 2016.

Pela figura 4.21, é possível observar os aspectos gerais destes 3 eventos na RMRJ. Inicialmente, vale destacar que todos os eventos em questão foram detectados em todas as estações meteorológicas disponíveis para a região em questão e isto se reflete no comportamento médio da temperatura entre estas. Ou seja, os 3 eventos tiveram um aspecto mais homogêneo, sugerindo que prevaleceu um possível quadro sinótico. Todavia, ainda há aspectos locais que diferem uma estação da outra. Neste sentido, a estação SBRJ (figura 4.21, letra a), novamente, apresenta os valores extremos de Tmax e Tmin mais brandos em comparação com as demais estações e isto pode ser atribuído ao fator de proximidade com a área litoral e, teoricamente, circulação de brisas mais intensa, suavizando e impedindo valores muito elevados ou muito abaixo das temperaturas. Em relação ao primeiro evento extremo, as estações que registraram os maiores valores de Tmax foram SBSC (figura 4.21, letra d), com valores variando entre 33 e 37°C, e SBAF (figura 4.21, letra c), com valores variando entre 34,5 e 36°C. Vale ressaltar que a OC foi mais duradoura na estação SBSC, indicando maior grau de intensidade em relação as demais.

Tmax e Tmin - RMRJ - 2016

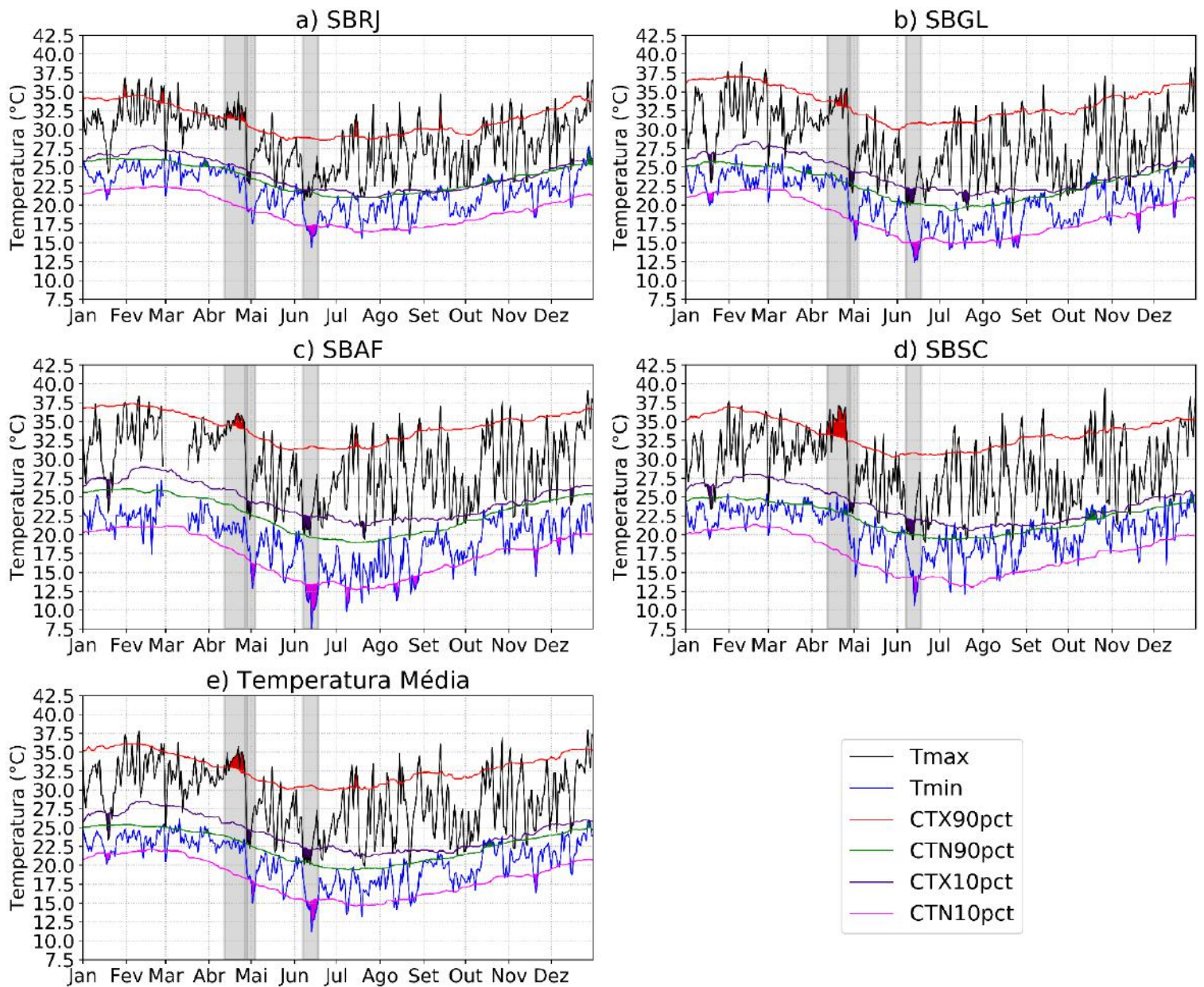


Figura 4.21: Comportamento de Tmax e Tmin no ano de 2016 em SBRJ (a), SBGL (b), SBAF (c), SBSC (d) e com a Temperatura Média (e) calculada entre as estações disponíveis para a RMRJ, destacados tarjas cinzas os EET's que ocorridos em abril, maio e junho de 2016. As áreas preenchidas com vermelho e em verde destacam a ocorrência de eventos de OC's (detectadas com CTX90pct e CTN90pct, respectivamente) e as áreas preenchidas com roxo e rosa destacam a ocorrência de OF's (detectadas com CTX10pct e CTN10pct, respectivamente).

Outro ponto interessante a se notar é que houve uma forte amplitude térmica diária de, pelo menos, 11°C em SBAF durante o evento de OC comentado e, nas outras estações, esta amplitude térmica foi menor o que pode ser relacionado ao fato de proximidade com corpos hídricos que colaboram para uma umidade relativa alta, que por sua vez, atua como conservante de calor.

Durante o segundo evento extremo de temperatura, a OF ocorrida entre abril e maio de 2016, todas as estações apresentam valores de Tmax na faixa de 22,5°C, porém, mais uma vez, a estação de SBAF figura lugar de destaque, onde exhibe os menores valores de Tmin, entre 12,5 e 15°C, além de exibir a maior amplitude térmica diária da ordem de, ao menos, 7,5°C. Sendo SBRJ com menor amplitude térmica diária, da ordem de, ao menos, 5°C e, junto com a estação SBSC e SBGL (figura 4.21, letras b e d, respectivamente), manteve Tmin acima de 14°C, sendo SBGL com os menores valores de Tmin entre estas estações.

No terceiro evento, a OF ocorrida em junho de 2016, a estação SBAF exhibe os menores valores de Tmin, entre 9 e 13°C, e maior amplitude térmica diária de, pelo menos, 9°C. As estações SBGL e SBSC exibiram os menores valores de Tmax, entre 19,5 e 21°C, sendo SBRJ com os maiores valores de Tmax, entre 21 e 22,5°C, de Tmin, entre 14,5 e 17°C e menor amplitude térmica diária de, pelo menos, 5,5°C. Este resultado de SBRJ corrobora com todas as afirmativas sobre as características locais que prevalecem e atuam conservando a temperatura. Vale ressaltar que estes eventos de OF's foram combinados entre episódios de frio extremo detectados com Tmax e/ou Tmin e ocorram simultaneamente ou um precedendo o outro, de forma que há uma continuidade entre os eventos extremos de frio.

Sobre a RMSP, o comportamento de Tmax e de Tmin está explicitado na figura 4.22. Infelizmente para esta região, não será possível comparar os possíveis aspectos locais que afetem a OC e as OF's, visto que só há uma estação disponível para o presente estudo. Em relação ao primeiro evento extremo de temperatura, a OC de abril de 2016 que é composta por duas OC's subsequentes, além da ocorrência simultânea de uma OC registrada com Tmin, os valores de Tmax ficam entre 29,5 e 33,5°C, chegando a representar uma diferença de mais de 2,5°C em relação ao respectivo percentil 90 (CTX90pct) durante certos dias da OC. Em sequência, há ocorrência de um evento de

OF, entre os meses de abril e maio de 2016, registrado com T_{min} com valores em 10 e 12,5°C. E, por fim, o terceiro evento de análise que consiste na ocorrência simultânea de OF's que foram detectadas com T_{max} e T_{min} durante o mês de junho, com T_{max} variando entre 17 e 18,5°C e T_{min} variando entre 2 e 9°C.

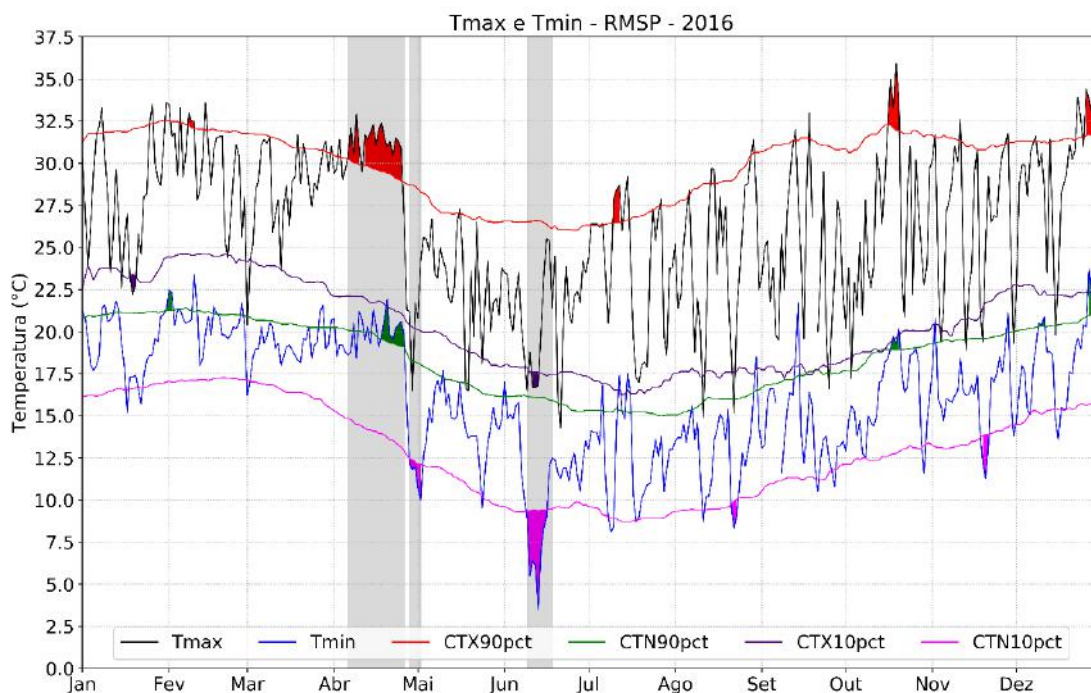


Figura 4.22: Comportamento de T_{max} e T_{min} no ano de 2016 na estação meteorológica de superfície Mirante de Santana, localizada na RMSP. Os eventos de OC e OF's ocorridos em abril, maio e junho de 2016 estão destacados com tarjas cinzas. As áreas preenchidas com vermelho e em verde destacam a ocorrência de eventos de OC's (detectadas com CTX90pct e CTN90pct, respectivamente) e as áreas preenchidas com roxo e rosa destacam a ocorrência de OF's (detectadas com CTX10pct e CTN10pct, respectivamente).

Neste sentido, em seguida será analisado a TM de cada grupo de faixa etária de gênero. Começando pela RMRJ e pelo gênero feminino, na figura 4.23 está a TM para cada grupo de faixa etária durante o ano de 2016. Assim como foi observado para os estudos de casos das seções 4.3 e 4.4, os grupos de faixa etária FX1 e FX2 (figura 4.23, letras a e b, respectivamente) não revelam grandes anormalidades em suas respectivas TM's durante os três casos extremos de calor e de frio. Entretanto há picos de TM para estas faixas etárias ao longo do ano de 2016, mas que não parecem ter relação direta com a ocorrência de fenômenos extremos de temperatura. Já para o grupo FX3 (figura 4.23,

letra c), há ligeiras modificações da TM durante os eventos em questão, com os maiores picos durante o evento de OC de abril e durante o segundo evento de OF em junho de 2016.

Seguindo adiante, como era esperado, o grupo de faixa etária FX4 (figura 4.23, letra d), das idosas, é o que mostra as maiores perturbações na TM e isto ocorre durante todos os eventos e após os dois eventos de OF's separados como objeto de estudo, o que pode sugerir que a influência dos fenômenos anormais de frio sejam prolongados por mais dias após o término dos respectivos eventos. Além disso, também se percebe estas oscilações na TM deste grupo de faixa etária e que aparentemente seguem as variações de temperatura que ocorrem entre o final de setembro e início de outubro verificado em todas as estações meteorológicas (figura 4.21), mas que não caracterizam eventos OC's e OF's.

Taxa de Mortalidade - Gênero Feminino - RMRJ - 2016

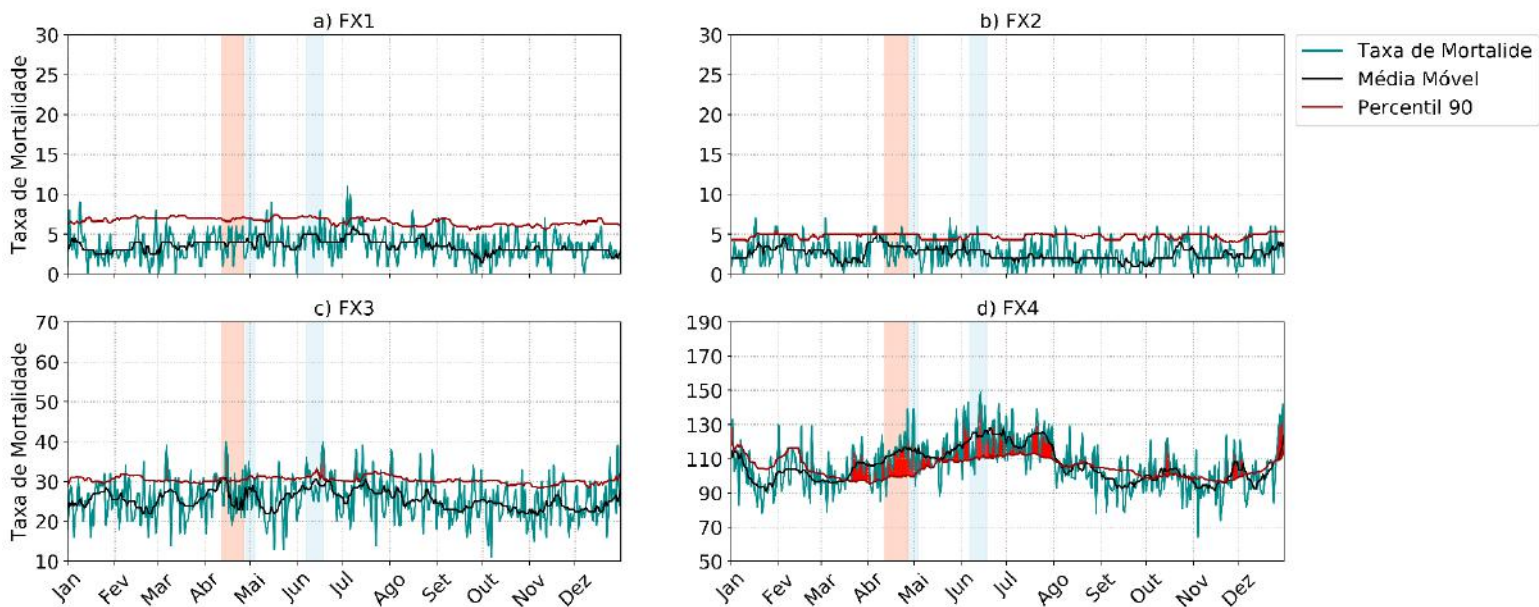


Figura 4.23: Comportamento da TM do gênero feminino da RMRJ durante o ano de 2016, separados por grupos de faixa etária: FX1 (a), FX2 (b), FX3 (c) FX4 (d). As tarjas laranja destacam os eventos calor extremo e as tarjas azuis destacam os eventos de frio extremo em questão. Preenchido em vermelho representam o excesso de mortalidade em relação ao seu respectivo percentil 90.

No que diz respeito ao gênero masculino da RMRJ, a figura 4.24 exhibe a TM de todas as faixas etárias durante o ano de 2016. Outra vez, fica claro que os grupos mais

jovens, FX1 e FX2 (figura 4.24, letras a e b, respectivamente) não são afetados
 relevantemente pelo calor extremo e, agora, também fica evidente que não há conexão
 entre a TM destes grupos com o frio extremo. De maneira geral, o grupo de FX3 (figura
 4.24, letra c), similarmente a todos os estudos de caso anteriores, apontam para uma
 associação fraca ou quase inexistente entre as alterações de TM e os valores mais elevados
 de temperatura. O grupo FX4 (figura 4.24, letra d) é o único grupo de faixa etária que
 apresenta uma resposta mais clara a estes tipos de evento e é possível observar que TM
 excede seu respectivo limiar extremo, baseado no percentil 90 diário, durante todos os
 eventos em estudo e após os episódios de frio extremo, principalmente para o segundo
 evento de OF ocorrido no mês de junho, assim como foi descrito para o gênero feminino
 e mesma faixa etária (figura 4.23, letra d)

Taxa de Mortalidade - Gênero Masculino - RMRJ - 2016

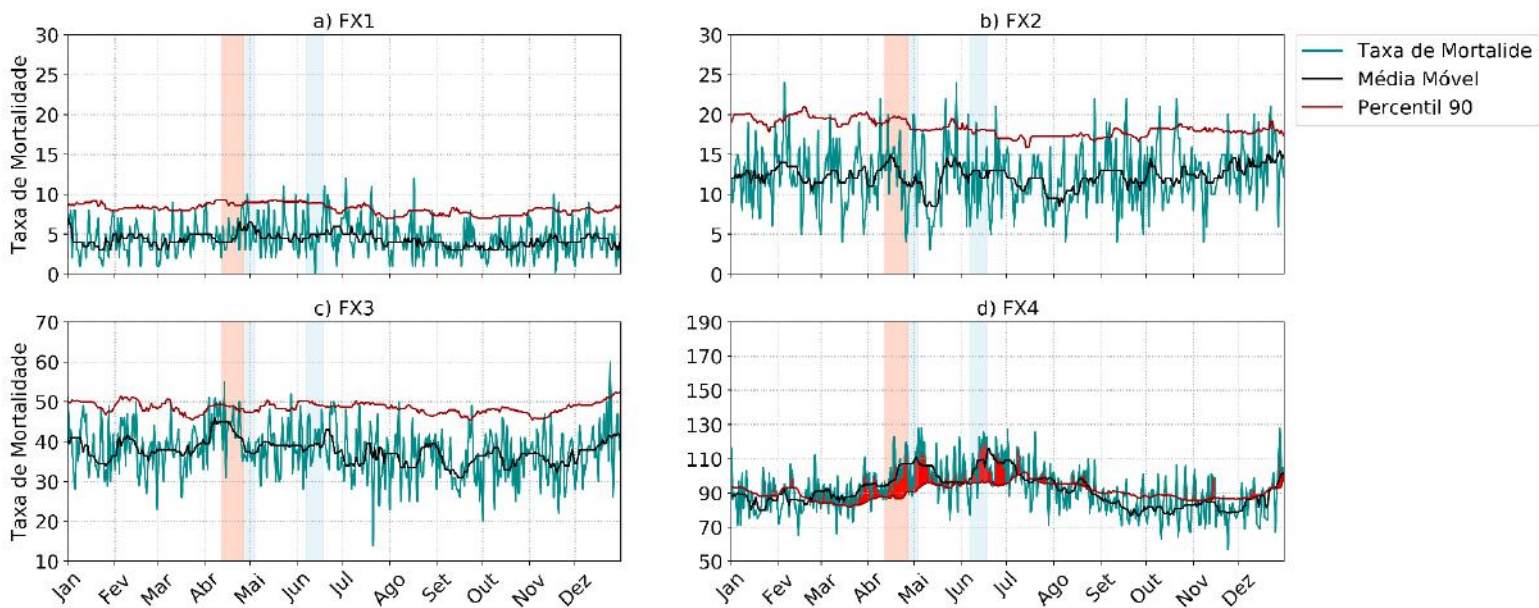


Figura 4.24: Comportamento da TM do gênero masculino da RMRJ durante o ano de
 2016, separados por grupos de faixa etária: FX1 (a), FX2 (b), FX3 (c) FX4 (d). As
 tarjas laranja destacam os eventos calor extremo e as tarjas azuis destacam os eventos
 de frio extremo em questão. Preenchido em vermelho representam o excesso de mortalidade
 em relação ao seu respectivo percentil 90.

Analisando a tabela 4.5, relativa a RMRJ, os padrões são bem marcados e coerentes
 com tudo que já foi discutido e apresentado no presente trabalho. De maneira que, para
 ambos os gêneros, os grupos de faixa etária FX1 e FX2 não apresentam alterações ou são

inexpressivas em comparação com a média do valor esperado para o outono e para inverno, para que seja suficiente, talvez, relacionar com os EET's em evidência. Em relação ao grupo de faixa etária FX3, apenas para o gênero feminino possui excesso de óbitos e durante os episódios de OF's. Sendo que durante a primeira OF excede há o excesso de 15,53% óbitos, e no segundo caso de 22,07% além do que era esperado.

Como esperado, os idosos e idosas (grupo de faixa etária FX4) desempenham maneira geral papel principal nos resultados apresentados neste estudo e estão padrão segue, inclusive, para os casos, mas com a informação adicional de que os idosos, de forma geral, se mostraram mais suscetíveis aos eventos de frio extremo em comparação com as idosas.

Tabela 4.5: Características gerais da TM, por gênero e faixa etária, da RMRJ durante os eventos extremos de calor em análise ocorridos no ano de 2016. Destacado em vermelho os principais valores.

Média de óbitos ocorridos na RMRJ durante os Eventos Extremos de Temperatura analisados no ano de 2016 (Média de Óbitos, Percentil 90 Médio e Porcentagem excedente em relação à média da respectiva Estação do Ano)				
		Eventos Analisados		
		OC - 16/04 a 27/04/2016	OF - 28/04 a 04/05/2016	OF - 07/06 a 18/06/2016
Masculino	FX1	5,12 (5,74, 8,73, -)	5,50 (5,74, 8,73, -)	5,59 (5,36, 8,09, -)
	FX2	12,69 (13,39, 18,99, -)	13,17 (13,39, 18,99, 4,17)	10,94 (11,91, 17,37, -)
	FX3	42,56 (40,32, 48,21, 05,57)	37,33 (40,32, 48,21, -)	39,94 (40,47, 48,81, -)
	FX4	103,13 (74,04, 88,45, 39,29)	108,75 (74,04, 88,45, 46,89)	106,29 (80,75, 95,83, 31,64)
Feminino	FX1	3,75 (4,46, 6,99, -)	3,83 (4,46, 6,99, -)	4,65 (4,14, 6,63, 12,28)
	FX2	3,13 (2,83, 4,79, 10,36)	2,67 (2,83, 4,79, -)	2,65 (2,71, 4,78, -)
	FX3	26,88 (24,38, 30,41, 10,23)	28,17 (24,38, 30,41, 15,53)	30,59 (25,06, 30,90, 22,07)
	FX4	113,75 (82,49, 101,07, 37,89)	113,17 (82,49, 101,07, 37,18)	123,71 (90,52, 109,75, 36,65)

Para os idosos, a média de óbitos ocorridos em cada dia é igual a 103,13 falecimentos no primeiro evento, 108,75 no segundo evento, OF ocorrida após a OC, e 106,29 no terceiro caso (segundo caso de OF). Em todos os casos, ocorre excesso de óbitos, com 39,29% no evento de OC ocorrido em abril, 46,89% para o primeiro evento de OF ocorrido entre abril e maio, e 31,64% para o segundo evento de OF ocorrido em junho.

No diz respeito às idosas, a ocorrência média de óbitos em cada dia durante o evento de OC é igual a 113,75, 113,17 no primeiro caso de OF, e 123,71 no segundo evento de OF. Assim como para os idosos, foi registrado excesso de óbitos em 37,89% durante a OC ocorrida em abril, 37,18% durante o primeiro evento de OF ocorrido entre abril e maio e 36,65% para o segundo caso de OF do mês de junho. Ademias, os idosos e idosas superaram seus respectivos limares extremo (baseados no percentil 90) em todas ocasiões.

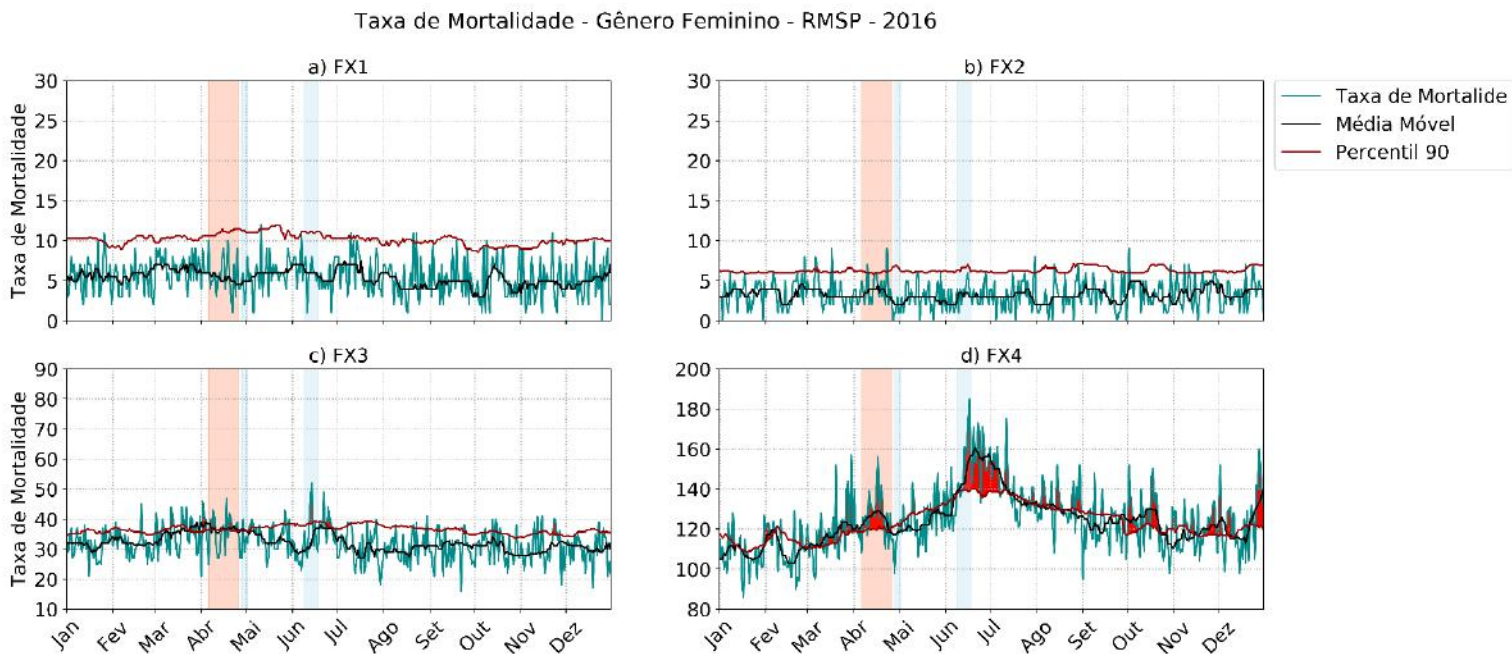


Figura 4.25: Comportamento da TM do gênero feminino da RMSP durante o ano de 2016, separados por grupos de faixa etária: FX1 (a), FX2 (b), FX3 (c) FX4 (d). As tarjas laranja destacam os eventos calor extremo e as tarjas azuis destacam os eventos de frio extremo em questão. Preenchido em vermelho representam o excesso de mortalidade em relação ao seu respectivo percentil 90.

Assim como para o gênero feminino da RMRJ, visualizando a figura 4.25, apenas os grupos de faixa etária FX3 e FX4 da RMSP demonstram alterações aparentes da TM em função da ocorrência do caso de calor e do segundo caso frio extremo. Sendo que, fica mais claro para FX3 (figura 4.25, letra c) durante o segundo evento de OF no mês de junho, bem como para FX4 (figura 4.25, letra d) e que ainda exibe alterações relevantes por um período de tempo após o término deste evento, com ambos os grupos de faixa etária excedendo seus respectivos limiares extremos (fundamentados no percentil 90).

Seguindo o que foi debatido para gênero feminino da RMSP, por meio da figura 4.26 percebe-se que apenas os grupos de faixa etária FX3 e FX4 exibem alterações aparentes da TM em decorrência do episódio de calor e do segundo caso frio extremo. Para FX3 (figura 4.26, letra c), fica mais evidente durante o período da OC ocorrida no mês de abril e há um pico durante o segundo caso de OF no mês de junho. O grupo dos idosos, grupo de faixa etária FX4 (figura 4.26, letra d), alterações mais relevante e por um período de tempo após o término da OF de junho, com ambos os grupos de faixa etária excedendo seus respectivos limiares extremos (fundamentados no percentil 90).

Taxa de Mortalidade - Gênero Masculino - RMSP - 2016

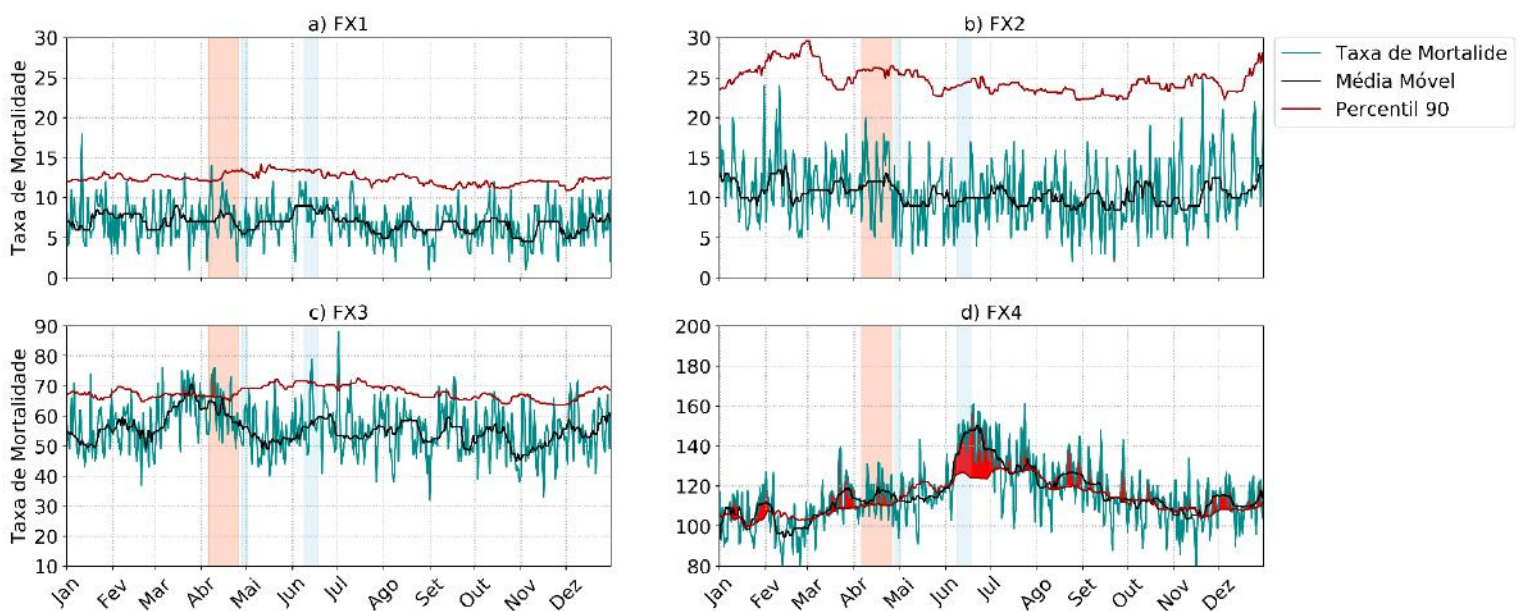


Figura 4.26: Comportamento da TM do gênero masculino da RMSP durante o ano de 2016, separados por grupos de faixa etária: FX1 (a), FX2 (b), FX3 (c) FX4 (d). As tarjas laranja destacam os eventos calor extremo e as tarjas azuis destacam os eventos de frio extremo em questão. Preenchido em vermelho representam o excesso de mortalidade em relação ao seu respectivo percentil 90.

É interessante notar que durante o primeiro caso de frio, há uma queda na TM para as faixas etárias FX3 e FX4, para ambos os gêneros (figura 4.25 e 4.26, letras c e d), o que talvez pode ser entendido como um alívio térmico após o período de calor intenso.

Através da tabela 4.6, assim como foi conferido pelas figuras 4.27 e 4.28, os grupos de faixa etária FX1 e FX2, em ambos os gêneros, não demonstram nenhum excesso de

óbitos em relação a cada episódio extremo de temperatura analisado, inclusive o grupo de faixa etária FX3 do gênero masculino, que só apresenta alteração no caso da OC de abril, mas que é inexpressivo. Este resultado está em pleno acordo com tudo que já foi discutido em todos os estudos de caso e revela os grupos em questão da RMSP se comportam de maneira similar aos mesmos grupos para a RMRJ.

Em conformidade com os resultados da RMRJ (tabela 4.5), também há alterações para o grupo FX3 do gênero feminino e nos 3 casos analisados. Dessa forma, há o excesso de TM em 16,61% durante o evento de OC ocorrido em abril, 15,18% durante o primeiro evento de OF ocorrido entre abril e maio e 17,72% durante o segundo evento de OF ocorrido no mês de junho. Portanto, é razoável afirmar que, diante de todos os episódios aqui estudados, este grupo é relativamente vulnerável a eventos de calor e de frio, tanto para a RMSP quanto para a RMRJ.

Outra vez, os idosos e idosas são os mais afetados e suscetíveis a estes eventos. Para os idosos, a média diária de óbitos durante o evento de OC de abril equivale a 114,96, já para o primeiro evento de OF, ocorrido entre abril e maio, é igual a 111,40 e no segundo evento de OF no mês de junho exibe o maior valor com a média de 146,33 óbitos por dia. Novamente, em todos os episódios em questão, estes valores extrapolam os valores médios do que é esperado dia-a-dia para o outono e para o inverno. Neste sentido há um excesso de óbitos em valores expressivos, de 26,62% no primeiro caso, 22,70% no segundo caso e o maior valor foi observado no terceiro caso com 42,41%.

Tabela 4.6: Características gerais da TM, por gênero e faixa etária, da RMSP durante os eventos extremos de calor em análise ocorridos no ano de 2016. Destacado em vermelho os principais valores.

Média de óbitos ocorridos na RMSP durante os Eventos Extremos de Temperatura analisados no ano de 2016 (Média de Óbitos, Percentil 90 Médio e Porcentagem excedente em relação à média da respectiva Estação do Ano)

		Eventos Analisados		
		OC - 06/04 a 26/04/2016	OF - 28/04 a 02/05/2016	OF - 09/06 a 16/06/2016
Masculino	FX1	7,63 (8,95, 12,88, -)	5,90 (8,95, 12,88, -)	8,33 (8,74, 12,69, -)
	FX2	11,79 (16,04, 25,33, -)	9,00 (16,04, 25,33, -)	9,73 (14,95, 23,68, -)
	FX3	60,46 (58,16, 67,97, 03,95)	57,60 (58,16, 67,97, -)	58,47 (59,46, 69,76, -)
	FX4	114,96 (90,79, 112,03, 26,62)	111,40 (90,79, 112,03, 22,71)	146,33 (102,75, 124,14, 42,42)
Feminino	FX1	5,58 (7,32, 10,87, -)	4,80 (7,32, 10,87, -)	5,47 (6,94, 10,27, -)
	FX2	3,67 (3,82, 6,21, -)	2,30 (3,82, 6,21, -)	3,33 (3,89, 6,30, -)
	FX3	35,33 (30,30, 36,76, 16,61)	34,90 (30,30, 36,76, 15,18)	36,87 (31,32, 37,92, 17,72)
	FX4	124,71 (95,76, 120,60, 30,23)	119,10 (95,76, 120,60, 24,37)	154,87 (108,74, 134,71, 42,42)

Já para as idosas, a média diária de óbitos durante o evento de OC de abril equivale a 124,71, no primeiro evento de OF, ocorrido entre abril e maio, este valor é igual a 119,10 e no segundo evento de OF no mês de junho há, em média, 154,87 óbitos por dia e exhibe o maior valor, bem como para os idosos. Assim como os idosos da RMSP, há um excedente de óbitos com valores relevantes, e muito próximos do que foi observado para os idosos, de 30,03% no primeiro caso, 24,37% no segundo caso e o maior excedente também foi verificado no terceiro caso com 42,42%, em conformidade com o que foi verificado para os idosos.

A fim de atestar as relações entre TM e as temperaturas (Tmax e Tmin) para a RMRJ, os gráficos de dispersão a seguir serão analisados em conjunto. Para o grupo de faixa etária FX3 do gênero feminino (figuras 4.27, letras a e b), as relações parecem ser mais concretas com Tmin, onde é possível conferir um ligeiro aumento da TM em função de Tmin com valores muito elevados (cerca de 23°C) ou muito baixos (cerca de 15°C). Este mesmo tipo de comportamento é observado para o mesmo grupo de faixa etária, mas para o gênero masculino (figura 4.27, letras e e f) que também exhibe uma associação mais bem definida com Tmin, até mesmo em comparação com o gênero feminino (figura 4.57,

letra b), sendo, neste caso, com alterações da TM bem aparentes em decorrências dos valores mais elevados ou baixos de Tmin.

As associações mais fortes e evidentes ficam para as idosas (figuras 4.27, letras c e d) e para os idosos (figura 4.27, letra g e h), como era esperado e seguindo o que já foi apresentado nas seções 4.3 e 4.4. Sendo que para as idosas as relações são bem claras tanto com Tmax quando Tmin, mas especialmente com Tmin. Tanto para as idosas quanto para os idosos é possível estimar limiares de Tmax, a partir de 35°C e a abaixo de 25°C, e de Tmin, a partir de 25°C e abaixo de 15°C, em que é possível que haja alterações de TM.

Para a RMSP, o grupo FX3, para ambos os gêneros, tanto para Tmax quanto para Tmin, há uma relação entre o aumento e a queda de Tmax e Tmin, sendo muito mais evidente para os valores mais baixos destas variáveis (figura 4.28, letras a, b, e e f). É possível conferir que valores de Tmin abaixo de 10°C geram potencial para agravar as condições de saúde. Vale observar que o grupo FX3 do gênero masculino não demonstrou nenhum tipo de alteração para os eventos que foram analisados, mas que apresentam alguma relação com a queda dos valores de Tmax e Tmin (figura 4.28, letra e e f). Possivelmente pode ser que neste caso a ocorrência de dias e/ou noites frias (mesma definição de dias e noites quentes comentada anteriormente, mas para valores muito baixos de Tmax e/ou Tmin sem caracterizar evento de OF) seja mais dominante.

Conforme esperado, as idosas (figura 4.28, letra c e d) e os idosos (figura 4.28, letra g e h) exibem as relações mais fortes e claras. Sendo que estas relações são mais claras com os valores mais baixos de Tmax e de Tmin, mas especialmente de Tmin. No entanto, não exclui o fato de que valores suficientemente altos de Tmax também gera um potencial agravante para a saúde pública dos idosos e idosas. Tanto para as idosas quanto para os idosos é possível estimar limiares de Tmax, a partir de 30°C e a abaixo de 20°C, e de Tmin, a partir de 20°C e abaixo de 10°C, em que é possível que haja alterações de TM.

Taxa de Mortalidade vs. Temperatura - RMRJ - 2016

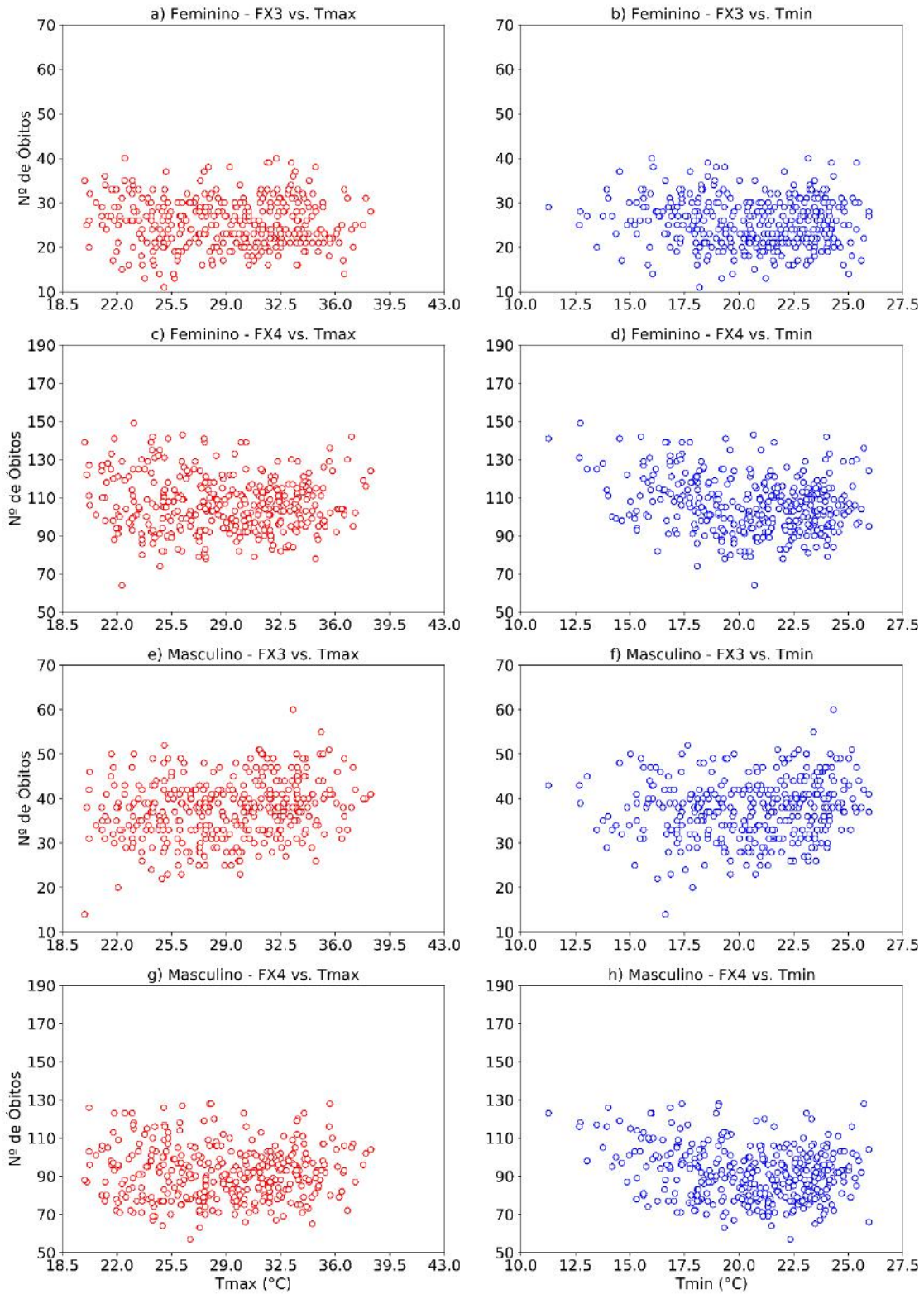


Figura 4.27: Gráfico de dispersão de óbitos do gênero feminino e masculino da RMRJ, para as faixas etárias mais afetadas de acordo com a tabela 4.5, considerando Tmax e Tmin durante o ano de 2016.

Taxa de Mortalidade vs. Temperatura - RMSP - 2016

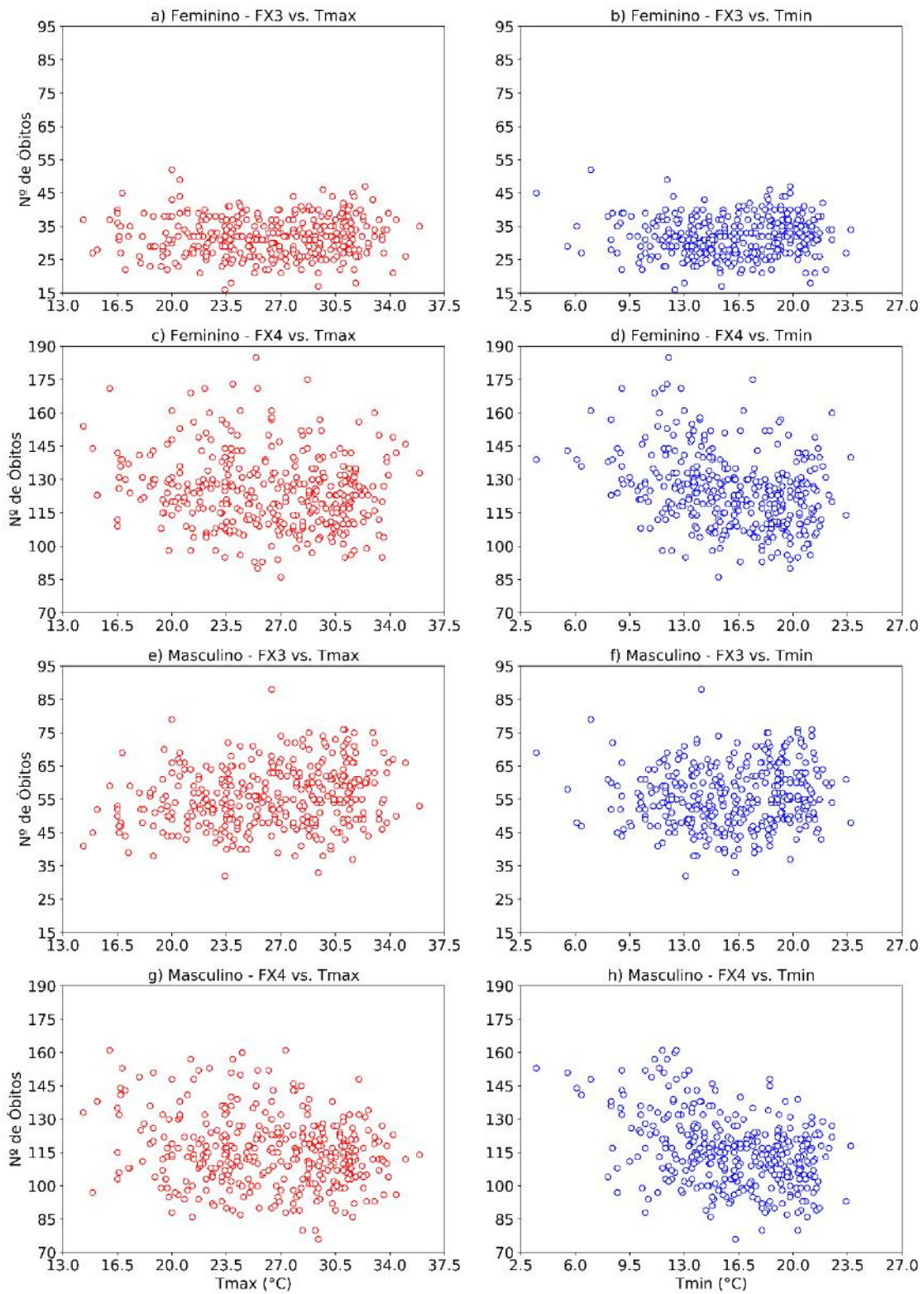


Figura 4.28: : Gráfico de dispersão de óbitos do gênero feminino e masculino da RMSP, para as faixas etárias mais afetadas de acordo com a tabela 4.6, considerando Tmax e Tmin durante o ano de 2016.

Por fim, é razoável afirmar que os idosos e idosas da RMRJ e da RMSP são os mais vulneráveis aos eventos de calor e de frio extremo, sobretudo de frio extremo, inclusive seguindo a forma de uma relação não linear, igualmente para os casos verificados na RMRJ nas seções 4.3 e 4.4, porém com cauda esquerda mais acentuada em relação a cauda direita, indicando a severidade e efeito do frio sobre esses grupos em especial.

4.6 Estudo de caso 4: relação entre óbitos ocorridos no IPPSC e eventos extremos de calor e frio

Esta seção será dedicada a análise do impacto dos eventos extremos de calor como OC's, Hot Days e Hot Nights (HD's e HN's, respectivamente), e de frio, como OF's, Cold Days e Cold Nights (CD's e CN's, respectivamente), sobre a ocorrência de óbitos na unidade prisional Instituto Plácido de Sá Carvalho (IPPSC), localizado na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro (RMRJ).

Inicialmente, foi elaborado um levantamento de óbitos por faixa etária e entre as estações do ano (figura 4.29) para o período de 2008 a 2018. Nota-se que não há destaque para um grupo específico de faixa etária. No entanto, as estações de transição (outono e primavera) detém maior parte do registro de óbitos e pode estar diretamente ao fato de que nestas épocas do ano é comum ocorrer variações acentuadas da temperatura entre um dia e outro. Como elevações bruscas da temperatura, assim como quedas acentuadas por ainda haver atuação de massas de ar polar (frias e úmidas) associadas à passagem de frentes frias.

Total de óbitos por estações do ano e grupo de idade - IPPSC (RJ)- 2008 a 2018

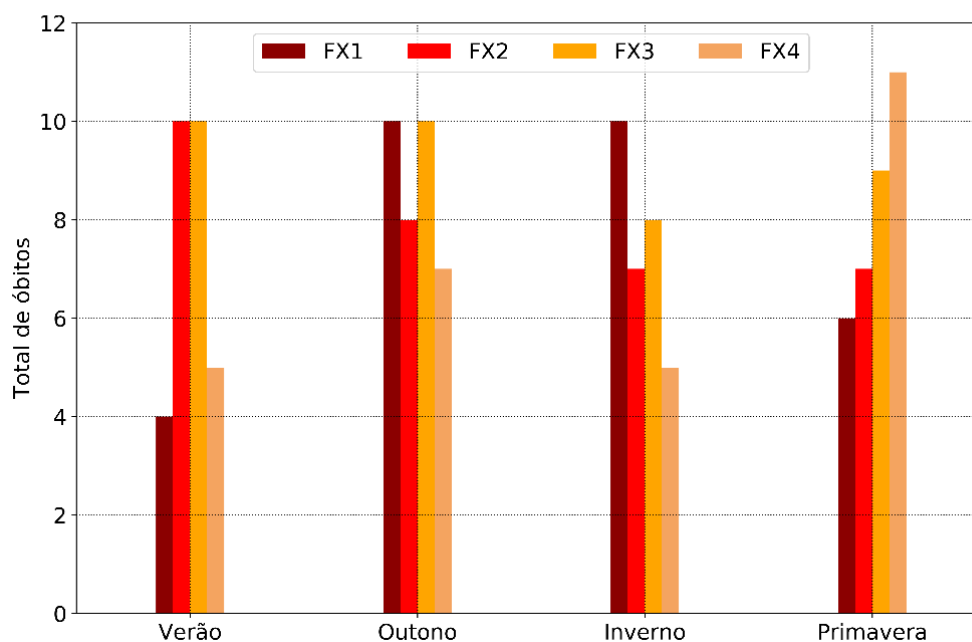


Figura 4.29: Análise dos óbitos na unidade penitenciária IPPSC entre 2008 e 2018, por estação do ano e por grupos de faixa etária (FXD1 - 18 a 30 anos; FXD2 - 30 a 45 anos; FXD3 - 45 a 60 anos; FXD4 - maior ou igual a 60 anos).

Para os eventos de calor em geral (OC's, HD's e HN's), os grupos de faixa etária FXD1 e FXD4 acumulam o total de 5 óbitos, sendo FXD2 com 6 óbitos e para FXD3 há o total de 7 óbitos (Tabela 4.7). A estação da primavera foi a mais letal, com 10 mortes registradas durante este período, em seguida há o total de 6 casos durante o inverno, 5 no verão e 2 no outono. O fato de FXD2 e FXD3 serem os grupos de faixa etária com maiores registros chama atenção e não era esperado, a expectativa é que houvesse um acumulado maior no grupo dos FXD4, onde foi conferido na Revisão Bibliográfica (Capítulo 2) que os mais velhos, com questões fisiológicas mais complexas ligadas ao envelhecimento, são mais vulneráveis ao calor extremo, com maior risco para aqueles que apresentam condições de saúde pré-existent (sobretudo, os indivíduos com problemas cardíacos, respiratórios e distúrbios metabólicos). Em resumo, 23 mortes foram contabilizadas e relacionadas a períodos extremos de calor, o que corresponde, aproximadamente, a 18,11% dos dados de mortalidade.

Tabela 4.7: Total de óbitos relacionados a eventos de calor no IPPSC (OC's, HD's e HN's), por estação do ano e por faixa etária.

Total de Óbitos Relacionados a Períodos de Calor Extremo (OC's, HD's e HN's)					
	FXD1	FXD2	FXD3	FXD4	Total
Verão	-	2 (0, 2, 0)	2 (0, 2, 0)	1 (0, 1, 0)	5
Outono	1 (0, 1, 0)	-	1 (0, 0, 1)	-	2
Inverno	2 (0, 1, 1)	-	3 (0, 1, 2)	1 (0, 1, 0)	6
Primavera	2 (0, 2, 0)	4 (1, 2, 1)	1 (0, 1, 0)	3 (1, 2, 0)	10
Total	5	6	7	5	-

Ao longo do período de dados, apenas 2 óbitos ocorreram em ou próximo de períodos de OC's, com um registro para o grupo FXD2 e outro para FXD4. Para os HD's, há equilíbrio entre o número de fatalidades registradas em relação ao grupo de idade, com 4 óbitos para cada um dos grupos de faixa etária analisados. Ao total, há 16 óbitos que podem estar relacionados diretamente com a ocorrência de HD's e, novamente, a maior parte dos registros aconteceu na estação da primavera com 7 mortes. Já para HN's, o grupo FXD3 se destaca com 3 falecimentos registros em relação aos demais grupos, de maneira que há apenas um óbito para FXD1 e FXD2 e nenhum para FXD4. No total, 5 mortes podem estar ligadas a ocorrência de HN's.

Analisando as figura 4.30, é possível observar que a maioria desses óbitos atribuídos a períodos extremos de calor ocorrem após uma sequência de dias com variações acentuadas das temperaturas, por exemplo: em julho de 2009 (figura 4.30, letra b); janeiro e em julho de 2010 (figura 4.30, letra c); em novembro de 2013 (figura 4.30, letra f), seguido de declínio expressivo de Tmax; em setembro e outubro de 2014 (figura 4.30, letra g); em outubro de 2015 (figura 4.30, letra h); em janeiro, maio, outubro e novembro de 2016 (figura 4.30, letra i); em dezembro de 2017 (figura 4.30, letra j); em julho e outubro de 2018 (figura 4.30, letra k), destacando a OC ocorrida com Tmin durante outubro com elevações acentuadas das temperaturas. Em 2016, houve o maior número de casos com 6 óbitos (figura 4.30, letra i), sendo 4 casos ocorridos em relação a HD's, e o mínimo em 2009 e em 2017 (figura 4.30, letras b e j, respectivamente) com apenas um caso em cada ano.

Tabela 4.8: Total de óbitos relacionados a eventos de frio no IPPSC (OF's, CD's e CN's), por estação do ano e por faixa etária.

Total de Óbitos Relacionados a Períodos de Frio Extremo (OC's, HD's e HN's)					
	FXD1	FXD2	FXD3	FXD4	Total
Verão	-	6 (3, 3, 0)	5 (4, 1, 0)	2 (0, 0, 2)	13
Outono	6 (3, 3, 0)	4 (2, 0, 2)	8 (3, 0, 5)	5 (3, 0, 2)	23
Inverno	6 (4, 2, 0)	3 (1, 1, 1)	4 (3, 1, 0)	2 (2, 0, 0)	15
Primavera	2 (0, 1, 1)	2 (0, 0, 2)	5 (1, 2, 2)	7 (3, 1, 3)	16
Total	14	15	22	16	-

Relativamente aos eventos de frios (tabela 4.8), observa-se uma presença mais marcante do grupo FXD4 em comparação com os casos de eventos de calor extremo (tabela 4.7). Para eventos de frio extremo (OF's, CD's, CN's), o grupo FXD3 foi o mais afetado com 22 óbitos registrados, seguido por FXD4 com 16, FXD2 com 15 e FXD1 com 14 casos contabilizados. Similarmente ao que foi observado entre os eventos de calor (OC's, HD's, HN's), as estações de transição retêm maior número de casos: outono com 23 óbitos; primavera com 16; inverno com 15 e o verão com 13 dos casos. Em suma, 67 mortes foram totalizadas e relacionadas a períodos extremos de frio, o que corresponde, aproximadamente, a 52,75% dos dados de mortalidade.

Para os eventos de OF's, há a ocorrência de 32 óbitos (tabela 4.8), sendo 3 para OF's detectadas com Tmax e 29 para Tmin. Com maior registro durante o ano de 2016 com 13 casos e mínimo no ano de 2009 com um único caso de morte (figura 4.30, letras i e b respectivamente). O grupo FXD3 detém maior número de casos, com 11 fatalidades, seguido do grupo FXD4 com 8, FXD1 com 7 e FXD2 com 6 óbitos. Nota-se que a maior parte das mortes ocorre durante o outono com 11 óbitos, em seguida vem o inverno com 10 casos, o verão com 7 fatalidades e, por fim, a primavera com 4 registros.

Para os CD's, há o total de 15 mortes relacionadas (tabela 4.8), destacando os grupos FXD1 com 6 óbitos, 4 mortes para FXD2 e FXD3 e apenas 1 para FXD4. Em relação a ocorrência de mortes dentre as estações do ano, nota-se um certo balanceamento, com 4 falecimentos para o verão, inverno e primavera, e 3 para o outono, ou seja, não há uma estação que se sobressai. O ano com mais mortes contabilizadas foi 2016 com 4

casos (figura 4.30, letra i) e com mínimo de casos em 2018 (figura 4.30, letras h e k, respectivamente), com apenas 2 óbitos.

Já CN's totaliza 20 mortes, ressaltando valores similares entre os grupos de faixa etária com 7 fatalidades para FXD3 e FXD4, 5 para FXD2 e FXD1 com apenas 1 caso. Ao analisar as estações do ano, destaca-se o outono com 9 casos e a primavera com 8 óbitos, seguido pelo verão com 2 óbitos e o inverno com um único registro. Dentre os anos, maior parte dos casos se concentra durante os anos de 2012 e 2016 (figura 4.30, letras e e i, respectivamente) com 4 óbitos em cada e mínimo em 2009, 2011 e 2014, com apenas 1 único caso (figura 4.30, letras b, d e g).

Intuitivamente, esperava-se que, para eventos de frio extremo, o maior número de mortes acontecesse durante o inverno, pois é a estação do ano em que, climatologicamente, há uma queda da temperatura média e que massas de ar frias polares, associadas a passagem de frentes frias conseguem afetar mais a região de estudo. No entanto, como comentado anteriormente, variações bruscas de temperatura são mais comuns em estações de transição (primavera e outono) em que têm características tanto de verão quanto de inverno, ou seja, nestes mesmos períodos do ano pode acontecer de haver extremos opostos entre dias de calor intenso (característica de verão) e dias de frio intenso (característica de inverno). Como por exemplo, um dia X muito quente, excedendo o limiar extremo de calor, e no dia X+1, após a passagem de uma frente fria, ocorre uma queda brusca dos valores de temperatura, estando abaixo do limiar de frio extremo. Este tipo de alterações repentinas nos valores de temperatura dia-a-dia pode gerar potencial para alterar o bem-estar de indivíduos, principalmente daqueles com condições de saúde pré-existent (com problemas cardíacos, respiratórios e de distúrbios metabólicos).

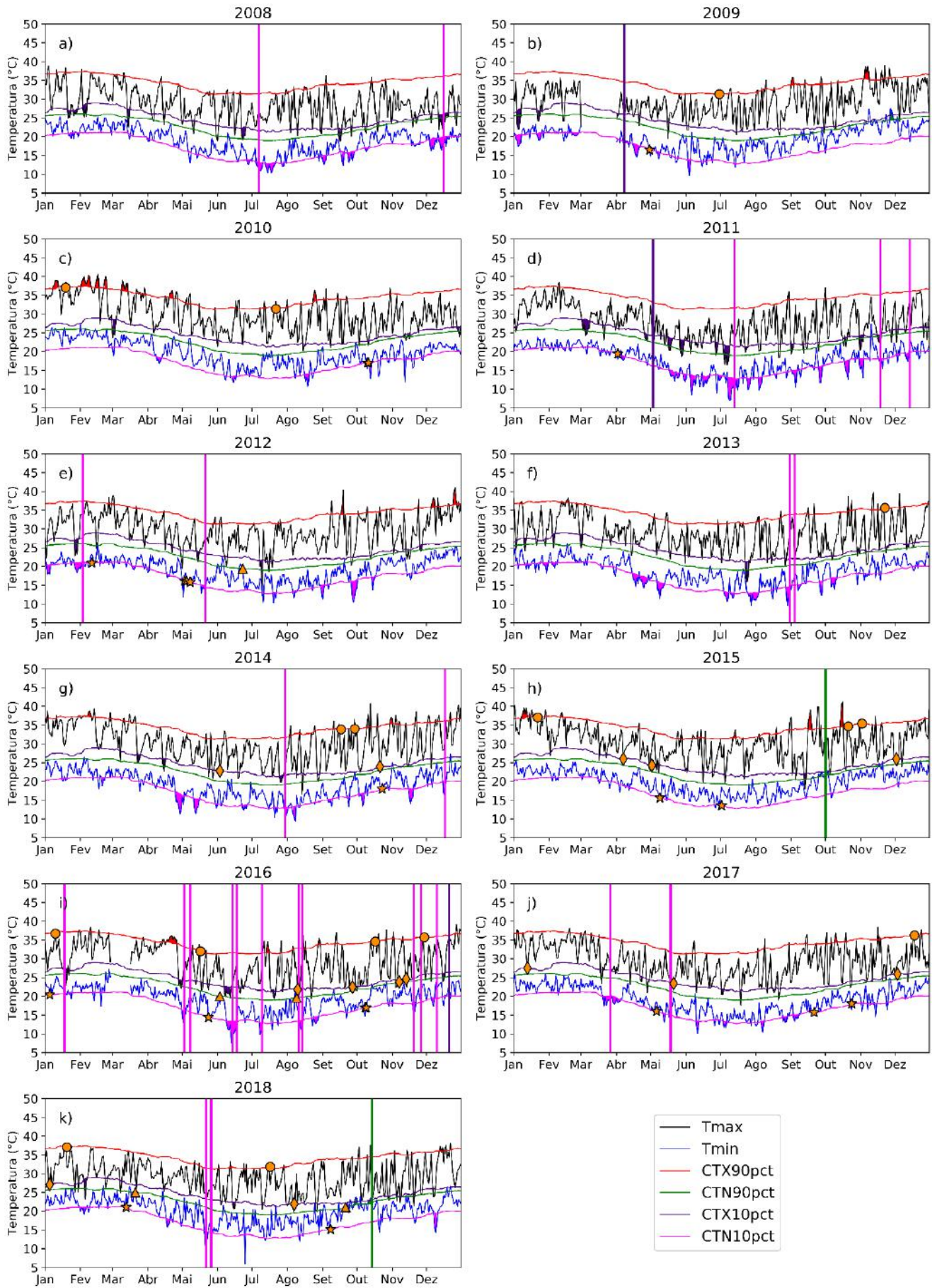


Fig. 4.30. Evolução diária das temperaturas máximas - Tmax (em preto) e mínimas - Tmin (em azul) durante o período de 2008-2018. Comportamento diário do percentil 90 da Tmax (em vermelho) e da Tmin (em verde) e percentil 10 da Tmax (em roxo) e da Tmin (em rosa) em relação ao período 1961-2018. As datas dos óbitos ocorridos são representadas pelas linhas verticais: linhas pontilhadas correspondem a óbitos ocorridos próximos ou em períodos de OC's-CTX90pct (OC's diurnas); linhas sólidas referem-se aos registros de morte próximos ou em período de OC's-CTN90pct (OC's noturnas); linhas com pontos e traços para óbitos ocorridos próximos ou em períodos de eventos de OF-CTX10pct (OF's diurnas); linhas tracejadas representam as fatalidades ocorridas próximos ou em período de eventos de OF-CTN10pct (OF's noturnas); pontos para demarcar óbitos próximos a ocorrência de HD's; triângulos, para HN's; losangos, para CD's e estrelas para CN's.

Tal padrão oscilatório da temperatura que pode ser observado em: i) julho e dezembro de 2008 (Figura 4.30, letra a), com a ocorrências de duas OF's noturnas; ii) maio, julho novembro e dezembro de 2011 (figura 4.30, letra d), pontuando a OF diurna (detectada com Tmax) em maio, e as OF's noturnas (detectadas com Tmin) em julho, novembro e dezembro, que produziram quedas significativas da temperatura em um curto espaço de dias; iii) fevereiro e maio de 2012 (figura 4.30, letra e), destacando o evento de fevereiro; iv) setembro de 2013 (figura 4.30, letra f); v) julho, outubro e dezembro de 2014 (figura 4.30, letra g); vi) abril, maio e novembro de 2015 (figura 4.30, letra h); vii) janeiro, maio, junho, julho, agosto, novembro e dezembro de 2016 (figura 4.30, letra i), notavelmente é o ano com mais padrões de oscilação brusca da temperatura em um espaço de tempo de poucos dias; viii) janeiro, março e maio de 2017 (figura 4.30, letra j) e ix) maio de 2018 (figura 4.30, letra k).

Através da tabela 4.9, repara-se de imediato que os Eventos de Frio Extremos produzem maior potencial para gerar condições letais imediatas à saúde dos detentos do IPPSC, com 19 óbitos simultâneos para OF's noturnas (detectadas com Tmin e com o índice CTN10pct), 9 mortes coincidentes com episódios de CD's e de CN's e, por fim, nenhuma fatalidade ocorreu simultâneo ao período de OF's diurnas (detectadas com Tmax e com o índice CTX10pct), totalizando 37 casos com Lag igual a 0 e 30 defasados (Lag maior que 0) em relação aos Eventos Extremos de Frio.

Tabela 4.9: Total de óbitos simultâneos e defasados em relação ao tipo de EET.

Total de Óbitos simultâneos (Lag=0) e defasados (Lag>0) por tipo de Evento Extremo de Temperatura		
	Total Lag=0	Total Lag>0
OC's-CTX90pct	0	0
OC's-CTN90pct	1	1
HD's	7	9
HN's	1	4
OF's-CTX10pct	0	3
OF's-CTN10pct	19	10
CD's	9	6
CN's	9	11

Já para Eventos Extremos de Calor, percebe-se que os números são bem menos expressivos em comparação com os Eventos de Frio Extremo, com total de 9 óbitos simultâneos (Lag igual a 0) e 14 mortes defasadas em relação aos períodos de calor extremo. Os HD's são os eventos de calor extremo em que há o maior registro de quantidade de óbitos com Lag igual a 0, total de 9 fatalidades e apenas um caso em função de OC's noturnas (detectadas com Tmin e com o índice CTN90pct) e de HN's, vale ressaltar que nenhum óbito ocorreu simultaneamente com OC's diurnas (detectadas com Tmax e com o índice CTX90pct).

4.7 Discussão dos resultados dos Estudos de Caso

Muitas pesquisas e estudos foram feitos buscando avaliar, de maneira geral, os efeitos do calor e do frio sobre a mortalidade (inclusive, alguns estudos avaliam os impactos sobre pessoas com agravos específicos como doenças circulatórias, respiratórios, distúrbios metabólicos, etc.) com base em séries temporais, buscando avaliar o tempo de resposta da TM, avaliando em estudos de escala global (GASPARRINI et al., 2015; GUO et al., 2018; MORA et al., 2017; RYTI; GUO; JAAKKOLA, 2016)e para locais específicos, como: Estados Unidos (ANDERSON; BELL, 2009; BARNETT et al., 2012; DIXON et al., 2005); Alemanha (HUYNEN et al., 2001); na Rússia (REVICH; SHAPOSHNIKOV, 2012); Espanha (DÍAZ et al., 2018; GÓMEZ-ACEBO; LLORCA; DIERSSEN, 2012; LINARES et al., 2015); França (LAAIDI; LAAIDI;

BESANCENOT, 2006); República Tcheca (KYSLEY et al., 2009); China (WANG et al., 2014; YI; CHAN, 2015); Suécia (JOACIM et al., 2014); Austrália (COATES et al., 2014); Brasil (GASPARRINI et al., 2015; GEIRINHAS et al., 2019; GOUVEIA; HAJAT; ARMSTRONG, 2003; ROMERO-LANKAO; QIN; BORBOR-CORDOVA, 2013; SHAROVSKY; CÉSAR; RAMIRES, 2004; SON et al., 2016) e para alguns países da América Latina (BELL et al., 2008; ROMERO-LANKAO; QIN; BORBOR-CORDOVA, 2013). E entre os estudos que avaliam a resposta fisiológica temporal e em função da ocorrência de EET's, praticamente, há um consenso entre os estudos, de que a TM responde mais rapidamente aos efeitos do calor intenso (lags na faixa de 0 a 5 dias, em média) do que para o frio intenso (lags na faixa de 0 a 25 dias, em média).

Sendo assim, para uma análise inicial e no que diz respeito aos efeitos do calor e do frio sobre a TM, foi considerado aceitável o uso do período (lag) de até 3 dias após o término de OC's e de 5 dias após o fim de OF's e do período de 2 dias para eventos pontuais de calor (HD's e HN's) e/ou de frio (CD's e CN's), no caso do estudo do IPPSC.

Da maneira geral, na RMRJ, as maiores alterações da TM foram observadas para os indivíduos com idade igual ou superior a 60 anos, sendo mais crítico para as idosas em relação aos idosos. Em ordem de ocorrência dos eventos, a seguir, está listado os valores de excesso percentual de óbitos para as idosas (idosas), de acordo com as tabelas 4.9, 4.10 e 4.11: 27,71 % (30,09%) na OC de janeiro de 2010; 47,98% (31,57%) na OC de fevereiro de 2010; 23,02% (13,06%) na primeira OC de dezembro de 2012; 33,35% (20,99%) na segunda OC de dezembro de 2012; 37,89% (39,29%) para a OC de abril de 2016; 37,18% (46,89%) na OF de abril/maio de 2016 e 36,65% (31,64%) na OF de junho de 2016.

Já para a RMSP, assim como para a RMRJ, o mesmo grupo de idade também exibiu as maiores alterações da TM e, por ordem de ocorrência de eventos, a seguir, está listado os valores percentuais de óbitos excedentes para as idosas (idosas), de acordo com a tabela 4.12: 30,23% (26,62%) na OC de abril de 2016, 24,37% (22,71%) na OF de maio/abril de 2016 e 42,42% para a OF de junho de 2016 (neste último caso, os idosos e idosas exibiram o mesmo valor percentual excedente).

Ao considerar o total de óbitos ocorridos no IPPSC localizado na RMRJ (ressaltando que o estudo relativo ao IPPSC foi elaborado considerando apenas indivíduos do sexo masculino), há 23 óbitos que podem estar relacionados com casos de

calor extremo e 67 fatalidades que podem estar ligadas aos casos de frio extremo (correspondente a 18,11% e 52,75%, respectivamente, dos dados de mortalidade fornecidos). De modo geral, há maior incidência de mortes em casos pontais de calor extremo (HD's e HN's), com total de 21 fatalidades, e de frio extremo (CD's e CN's), total de 35 fatalidades, enquanto as OF's prevalecem como sendo mais críticas (com 32 óbitos) em relação as OC's (com 2 óbitos contabilizados). Além de que foi verificado que as estações de transição, outono e primavera, retém maior parte dos registros de fatalidades. Estas estações produzem oscilações bruscas nas temperaturas e, certamente, isto gera um potencial agravante para os detentos do IPPSC e, em geral, as pessoas com condições de saúde pré-existentes.

No caso dos detentos do IPPSC, os eventos de frio foram mais letais em comparação com os eventos de calor, inclusive no que diz respeito a efeitos de curto prazo, ou seja, com o total de 37 óbitos ocorrendo simultaneamente com os eventos de frio e 9 mortes com efeitos imediatos devido a ocorrência de eventos de calor. Os resultados apresentam o total de 90 falecimentos (correspondendo a 70,86% do total dos dados de mortalidade do IPPSC) que podem ter relação consistente com eventos de calor e de frio extremos.

Nesta linha, para o Brasil, foi verificado que 2,83% da taxa de mortalidade em 18 cidades estiveram relacionadas a períodos de frio e apenas 0,7% estavam ligadas a períodos de calor (GASPARRINI et al., 2015). De acordo com SON et al. (2016), para a cidade de São Paulo, os óbitos que tiveram um tempo de resposta mais rápido estavam associados aos períodos de calor, impactando principalmente os idosos, mulheres, aqueles com condições respiratórias pré-existentes e pessoas com baixa escolaridade. Já para períodos de frio, o tempo de resposta foi mais lento, afetando principalmente os idosos, homens e aqueles com condições cardíacas pré-existentes. Um ponto importante a ser ressaltado sobre este estudo é que a maior parte dos óbitos ocorreram para aqueles que não procuraram por ajuda médica, além de que o risco ligado ao frio é maior que para o calor, o que foi observado, de forma geral, para os idosos da RMRJ durante o ano de 2016.

Além do mais, GOUVEIA et al. (2003) demonstra, que para os idosos do estado de São Paulo, o risco aumenta 2,6% a cada grau acima de 20°C (Calor) e em 5,5% para cada grau abaixo de 20°C (gera um cenário mais crítico), além de que os efeitos do frio são

mais intensos sobre pessoas com as mesmas condições cardiovasculares e respiratórias apresentadas nas referências anteriores, além de outros agravos.

Em especial, para a cidade do Rio de Janeiro, de acordo com GEIRINHAS et al. (2019), durante uma OC intensa ocorrida em fevereiro de 2010, ocorreu 737 óbitos além do esperado para o período, com maior impacto para sobre as mulheres (44% acima do esperado) do que para os homens (21% acima do esperado). Em termos de faixa etária, pessoas com idade igual ou acima de 60 anos foram os mais afetados, os idosos do gênero masculino excederam o que era esperado em 32% e os idosos do gênero feminino este número foi ainda maior com 56% além do esperado para o período de ocorrência da OC. Este evento também foi investigado pelo presente estudo e que apresentou valor percentual residual (percentual de óbitos além do que era esperado diariamente, em média, para o período de verão) de óbitos de 31,57% para os idosos e 47,98% para as idosas. Essencialmente, estas diferenças de resultados podem ser explicadas por dois motivos centrais: 1) atualização da base dados até 2018, sendo que os autores da referência em questão disponham de dados até 2014, o que pode ter acarretado em valores esperados diários mais altos; 2) diferenças de metodologia, visto que o presente estudo considerou um lag de 3 dias após o término da OC, sendo que os autores consideram 2 dias de lag após o término do evento em questão.

Além do mais, outro aspecto relevante a ser comparado é que GEIRINHAS et al. (2019) encontrou que os municípios mais afetados pela OC de fevereiro de 2010 foram municípios localizados mais próximos da porção continental da RMRJ, como: Guapimirim, Magé, Mesquita, Seropédica. Comparando com os gráficos do comportamento de Tmax e de Tmin, foi possível verificar que a estação SBRJ, bem próxima da área litorânea da RMRJ, apresentou valores mais brandos de Tmax e Tmin e concorda com o fato de ser um local com maior presença do sistema de circulação de brisas termicamente induzido (NEHME, 2016; PIMENTEL et al., 2014). Em contrapartida, as estações como SBGL, SBAF e SBSC exibiram os valores mais altos de Tmax e de Tmin em diversas ocasiões, coincidindo com áreas fortemente influenciadas por fenômenos de Ilhas de Calor Urbano (PERES et al., 2018; SENA; FRANÇA; PERES, 2014) e por apresentarem os maiores valores médios de Tmax durante o período de verão (SILVA; DEREZYNSKI, 2014), além do mais áreas mais continentais proporcionam OC's e OF's de magnitude mais pronunciada (LHOTKA; KYSELÝ, 2015), devido ao

efeito da continentalidade mais presente. Sendo assim os resultados de Tmax e Tmin entre os diferentes pontos do Rio de Janeiro estão em consenso com as regiões mais afetadas de acordo com GEIRINHAS et al. (2019).

Em resumo, na RMRJ, as idosas apresentaram maior vulnerabilidade a todos os eventos, com exceção da OC de abril e a OF de abril/maio de 2016, nas quais os idosos (gênero masculino) se apresentaram como mais suscetíveis a este tipo de evento, além de que na OF de junho de 2016, os valores de excesso percentual de óbitos para idosos e idosas foram bem próximos, concordando com pesquisas para a cidade de São Paulo (GASPARRINI et al., 2015; GOUVEIA; HAJAT; ARMSTRONG, 2003; GUO et al., 2018; SON et al., 2016) que é relativamente próxima a RMRJ, com regimes climáticos similares. Já na RMSP, é razoável dizer que ambos os grupos foram, aproximadamente, igualmente afetados por todos os eventos.

Vale ressaltar que excesso de óbitos em períodos de OC's investigados no presente trabalho são expressivos em comparação com regiões de clima mais ameno em comparação as regiões de estudo em questão. Como exemplo, no estudo desempenhado por TRIGO et al. (2009) foi atestado que ocorreu 79% de óbitos além do esperado para as mulheres e 41% para os homens, sendo os idosos mais afetados. Outro bom exemplo foi a OC de 2005 ocorrida na cidade de Guangzhou, com clima com mais características subtropicais, em que foi reportado o aumento em 23% da TM por causas naturais, sendo 34% para o grupo de pessoas com condições cardiovasculares pré-existentes (YANG et al., 2013).

Além de que neste estudo foi evidenciado que OF's também são capazes de alterar a TM, sobretudo dos idosos (ambos gêneros e regiões de estudo) em regiões de clima subtropical, similares ao clima das regiões de estudo em questão, inclusive exibindo valores residuais de óbitos próximos de valores observados em outros estudos. Como exemplo, ZHOU et al. (2014) apresentou o aumento da TM em 43,8% em 15 províncias chinesas, com clima subtropical, durante a OF ocorrida no ano de 2008. Além de tudo, para o mesmo evento, foi observado em 3 cidades chinesas que os efeitos do frio foram mais nocivos para os homens do que para as mulheres, principalmente aqueles com idade igual ou superior a 75 anos e com condições cardiovasculares e respiratórias pré-existentes (XIE et al., 2013).

No entanto, diferentemente da RMRJ e RMSP, para o IPPSC, o grupo de faixa etária de 45 a 60 anos, FXD3 (total 29 óbitos, respectivamente) é o mais vulnerável a EET's e isto não era esperado em função das referências bibliográficas utilizadas como as pesquisas elaboradas por GEIRINHAS et al. (2019), conforme comentado previamente. O que talvez pode ser atribuído a outras questões de saúde como a possibilidade de dependência química que por si só pode produzir efeitos fisiológicos adversos e possivelmente são potencializados pelos EET's. Apesar de que, para os eventos de frio, os idosos (FXD4) foram bem afetados (total de 16 registros).

Para a RMRJ e RMSP, apenas os grupos de faixa etária de 30 a 49 anos (FX3) e maior ou igual a 60 anos (FX4) apresentam relações aparentes entre a alta incidência de óbitos em função dos eventos de calor e de frio, sendo que para os anos de 2016, as relações mais fortes para valores mais baixos de Tmax e, principalmente, de Tmin para ambas as regiões de estudo. No entanto, nos casos de OC de 2010 e 2012 na RMRJ, há um aumento expressivo da TM em função dos valores mais altos de Tmax e Tmin.

Neste sentido, foi possível estimar, à grosso modo, limiares de Tmax de Tmin nos quais os valores destas variáveis abaixo ou acima de um certo valor criam um potencial agravante para a saúde pública da RMRJ: 1) casos de calor extremo - Tmax acima de 35°C e/ou Tmin acima de 25°C; 2) eventos de frio extremo – Tmax abaixo de 25°C e/ou Tmin abaixo de 15°C. Já para a RMSP, os limiares são mais brandos para os eventos de calor e, em compensação, mais severos para eventos de frio: 1) eventos de calor extremo – Tmax acima de 30°C e/ou Tmin acima de 20°C; 2) eventos de frio extremo – Tmax abaixo de 20°C e/ou Tmin abaixo de 10°C. E que, tanto para a RMRJ quanto para a RMSP, há um comportamento não linear, similar a uma função polinomial de segundo grau com concavidade para cima. Esta resposta não linear da TM em função de Tmax e de Tmin, observado nos gráficos de dispersão elaborados para o presente trabalho, especialmente os casos do ano de 2016, exhibe padrão muito similar ao que já foi atestado em estudos anteriores (GASPARRINI et al., 2015; GOUVEIA; HAJAT; ARMSTRONG, 2003; SON et al., 2016) com resposta mais severa ao frio em relação ao calor. Já para os casos de OC's estudados na RMRJ nos anos de 2010 e 2012, a resposta da TM é muito mais severa aos valores mais elevados de Tmax e de Tmin, inversamente ao que foi verificado para o ano de 2016. No entanto, nestes anos em questão não houve nenhum evento de OF que conseguisse dar uma resposta mais marcante nos gráficos de dispersão

apresentados para ambos os gêneros, especialmente aqueles com idade igual ou maior que 60 anos.

Enfim, os resultados apresentados pelo presente estudo estão em amplo acordo com pesquisas comentadas previamente e com estudos que avaliam os riscos, em escala global, diante de períodos de calor (GUO et al., 2018; MORA et al., 2017) e de frio extremo (RYTI; GUO; JAAKKOLA, 2016).

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho, inicialmente, foi apresentando uma climatologia de OC's e OF's para a RMRJ e RMSP. Para a RMRJ, foi visto que as áreas mais continentais apresentavam maior registro de OC's diurnas em comparação com as áreas mais próximas ao litoral da região, o que sugere uma série de fatores atuando em conjunto que influenciam nos valores de temperatura, como: circulação de brisas ou circulação termicamente induzida mais fortes em áreas próximas ao litoral, o que pode contribuir para suavizar a temperatura; grau de urbanização, que introduz a possibilidade de Ilhas de Calor Urbano causar temperaturas mais altas em áreas mais continentais; áreas próximas a corpos hídricos tendem a ter mais umidade no ar, que pode conservar a temperatura durante o dia e colabora para temperaturas mais altas no período da noite (gerando mais OC's noturnas). Foi verificado, ainda, que na RMRJ há mais registros de OC's noturnas do que diurnas em todas as estações utilizadas para a análise (concordando com a hipótese anterior). Além do mais, em todas as estações, a maior parte das OC's (tanto diurnas, quanto noturnas) foram classificadas como moderadas, seguido de uma quantidade razoável de OC's severas e, por fim, há poucos registros de OC's extremas.

Quanto a sazonalidade, não há um padrão marcante em que todas as estações meteorológicas disponíveis na RMRJ sigam, ou seja, há diferenças entre uma estação e outra, indicando que a presença de fatores locais pode ter participação no regime de OC's da RMRJ. De maneira geral, para as OC's diurnas, foi conferido que há picos relativos durante os meses mais quentes do ano (janeiro, fevereiro, março e dezembro) e mínima atividade durante o mês de novembro, já para as OC's noturnas há o maior registro destes eventos nos meses de janeiro, março e dezembro, e a mínima atividade durante julho e novembro. Em geral, as OC's tendem a ocorrer mais em meses quentes e menos durante

o mês de novembro. Por fim, não foi verificado nenhum aumento ou redução aparente no total de dias em OC's por ano para a RMRJ, especialmente para as OC's diurnas. Sobretudo, para as OC's noturnas há picos do total de dias em OC's durante os anos de 1991, 1997 e em 2003, sendo que nestes anos ocorreram fenômenos de El Niño e que possuem potencial para gerar situações de seca e de aquecimento do centro-sul do Brasil.

Similarmente as OC's, na RMRJ há mais OF's noturnas do que diurnas, ressaltando que em áreas mais próximas ao litoral da região apresentam maior quantidade de registro das OF's (o que pode ser devido ao maior transporte de ar frio e úmido por sistemas de alta pressão na retaguarda dos sistemas frontais) e há menos registros em áreas continentais (que são mais vulneráveis a fator das Ilhas de Calor Urbano). No entanto, há maior registro de OF's do que de OC's na RMRJ. Sendo que boa parte das OF's, principalmente as noturnas, são classificadas como moderadas e severas, com baixa quantidade de OF's extremas (nesta situação, também se sobressai as OF's noturnas em relação as diurnas). Em relação ao total de OF's registradas por cada mês, em geral considerando todas as estações meteorológicas usadas, verificou-se que a maior parte das OF's diurnas ocorreram nos meses de janeiro, março e abril, já para as OF's noturnas a maior ocorrência foi centrada nos meses de maio e setembro. De maneira geral, tanto para OF's diurnas quanto noturnas, confere-se maior registro durante os meses de janeiro, março e abril.

Em relação ao total de dias de OF's para cada ano na RMRJ, é possível ver uma tímida redução aparente da quantidade de OF's diurnas ao longo do período analisado, especialmente a partir de 1983, e isso pode ser ligado ao fato do aquecimento induzido pela urbanização da região e a participação cada vez mais marcante de fenômenos de Ilha de Calor Urbano, que colaboram para o aumento da temperatura. Para as OF's noturnas, percebe-se uma atividade mais expressiva em relação as OF's diurnas e que apresenta picos relativos OF's nos primeiros anos do período analisado e em anos mais recentes, onde já há efeitos das Ilhas de Calor Urbano atuando na região em questão. Neste caso, vale destacar a máxima atividade de OF's (sobretudo, noturnas) durante anos de La Niña's intensas como em 2008 e 2011, que gera um efeito de aumento das taxas de precipitação e de resfriamento do centro-sul do Brasil. No entanto, percebe-se a mínima atividade de OF's durante períodos de El Niño's intensos como no ano de 1998 e 2015,

sendo que este mecanismo de teleconexão gera potencial para caracterizar um padrões mais secos e de aquecimento no centro-sul do Brasil.

Em relação a RMSP, foi demonstrado que há um maior registro de OF's noturnas em relação a OC's noturnas, mas há mais OC's diurnas em comparação com as OF's diurnas. A máxima ocorrência de OC's, tanto diurnas quanto noturnas, é conferida aos meses de janeiro, março e agosto (sendo bem próximo ao que foi encontrado para a RMRJ), sendo que o mês de novembro é o que possui menos registros destes eventos. Os padrões de OF's são bem semelhantes ao que foi verificado para a RMRJ, com máxima ocorrência para os meses mais quentes do ano (janeiro, fevereiro, março e abril) e mínima atividade durante os meses de junho, agosto, setembro e novembro (segundo semestre do ano).

A maior parte das OC's nesta região, são classificadas como moderadas, seguidas de um número relativamente alto de OC's severas e com baixo registro relativo de casos extremos de calor, destacando que, no geral, as OC's diurnas são, relativamente, mais presentes que as OC's noturnas, porém a diferença não é tão expressiva. Para as OF's, o mesmo padrão é verificado só que para as OF's noturnas, ou seja, há a maior presença de OF's moderadas, severas e extremas durante o período noturno em confronto com o período diurno, só que neste caso (diferentemente das OC's registradas nessa região) a diferença entre as OF's noturnas e diurnas é maior para todas as classificações de OF's utilizadas.

Concordando com os estudos debatidos (seções 4.1 e 4.2) sobre a tendência de aquecimento, a RMSP testemunha um aumento expressivo da quantidade de dias em OC's (tanto diurnas, quanto noturnas) durante o período analisado (1961 a 2018). Neste sentido, também foi visto uma redução drástica aparente do total de dias em OF's na RMSP no mesmo intervalo de anos, com uma forte queda nos anos de El Niño's intensos nos anos de 1997, 1998 e 2015 (similar ao que foi comentado para a RMRJ).

Além disso, foi investigado as relações da Taxa de Mortalidade da RMRJ, RMSP e dos detentos do IPPSC. Para a RMRJ, foi analisado o total de 7 EET's, sendo 5 OC's (duas em 2010, 2012 e uma em 2016) e 2 OF's em 2016. Para a RMSP, foi investigado a ocorrência de 3 EET's em 2016, sendo 2 OC's e uma OF. No caso da unidade penitenciária IPPSC, devido à baixa densidade de dados, foi possível avaliar a relação da

ocorrência de óbitos de toda a série de dados em função dos casos de calor e de frio extremo, sejam duradouros (OC's e OF's) ou pontuais (HD's, HN's, CD's ou CN's).

Neste sentido, para a RMRJ, foi verificado que os idosos (ambos os gêneros) foram os mais vulneráveis a ocorrência dos eventos em questão, especialmente as mulheres com idade igual ou superior a 60 anos. Sendo assim, foi verificado que eventos de OC's foram capazes de provocar excesso de óbitos entre 20,99% e 47,98%, com maior severidade para a OC de fevereiro de 2010. Já para eventos de OF's as alterações ficaram acima de 31%, com maior alteração durante o primeiro evento em abril/maio de 2016 em que foi exibido o excesso de 46,89%. Assim como a RMRJ, para a RMSP, os idosos (ambos os gêneros) também se mostraram mais suscetíveis, com excesso de óbitos acima de 26% durante o evento de OC ocorrida abril, acima de 22% para a primeira OF de abril/maio e acima de 42% para a segunda OF ocorrida em junho, todos os eventos ocorreram no ano de 2016.

Através dos resultados obtidos para a análise de alterações na TM da RMRJ e da RMSP em função de EET's ocorridos nestas regiões, foi possível estimar (à grosso modo) limiares de temperatura nas quais foram observadas alterações na TM. Para Eventos de Calor Extremo (OC's) na RMRJ, verificou-se que Tmax acima de 35°C e/ou Tmin acima de 25°C são capazes de gerar risco para a população, já para Eventos de Frio Extremo foi visto que Tmax abaixo de 25°C e/ou Tmin abaixo de 15°C também podem provocar efeitos adversos à Saúde Pública. Já para Eventos de Calor Extremo na RMSP, conferiu-se que Tmax acima de 30°C e/ou Tmin acima de 20°C podem afetar a Saúde Pública deste região, já para Eventos de Frio Extremo é possível que se testemunhem efeitos críticos para a Saúde Pública da RMSP quando Tmax estiver abaixo de 20°C e/ou quando Tmin registrar valores abaixo de 10°C.

Todavia, para os detentos da unidade penitenciária IPPSC, foi verificado que os grupos de faixa etária mais afetados não correspondiam aos idosos e que a maior parte dos óbitos ocorreu para eventos pontuais de calor e frio extremo e em muitos casos após oscilações bruscas da temperatura. Também foi verificado que o efeito do frio extremo (total de 67 óbitos contabilizados) predomina sobre os efeitos do calor extremo (total de 23 fatalidades). Ainda foi visto que os eventos de frio produzem um cenário mais crítico em relação aos efeitos imediatos sobre os detentos, ou seja, foi conferido o total de

É razoável afirmar que os óbitos na RMRJ, na RMSP e no IPPSC, avaliados neste estudo podem ter relação concreta com EET's e que gera potencial para deteriorar as condições de saúde dos indivíduos e, de acordo com a literatura, especialmente aqueles que possuam condições de saúde pré-existentes como doenças cardiovasculares, respiratórias e diabetes.

Apesar das informações produzidas nesta pesquisa, vale destacar as limitações deste estudo, sobretudo em obter dados mais completos, da unidade prisional em questão neste estudo (IPPSC) e de outros presídios, contando principalmente com os detalhes sobre agravos relacionados aos óbitos de cada detento, para que se estabeleça uma relação ainda mais confiável e atribuição do principal fator fisiológico que os levaram a ocorrência de óbito. No que diz respeito a RMRJ e RMSP, também é necessário verificar estatisticamente a significância dos resultados encontrados, investigar por grupos de condições de saúde pré-existentes, conferir quais municípios foram mais afetados, além de determinar corretamente o período de dias em que pode persistir os efeitos do calor e/ou do frio extremo após o seu término.

Diante disto e tendo em vista que boa parte dos estudos sobre a caracterização de EET's, além de suas relações com as taxas de mortalidade, foram feitos para países desenvolvidos do Hemisfério Norte e poucos para o Hemisfério Sul, confere-se a necessidade de aprimorar e prosseguir com estudos como este para entender melhor a causa destes efeitos sobre as relações humanas em locais de clima subtropical e locais de clima tropical, visto que ainda não há muitas evidências e bibliografias para regiões como estas, especialmente do Hemisfério Sul.

Por fim, este estudo teve como propósito central de servir como base técnica e científica para futuras políticas e melhorias dos atendimentos e planejamento da saúde pública das regiões e grupos analisados, de forma que seja possível tomar ações preventivas e mitigadoras.

6 REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, R. M. C. M.; NOGUEIRA, P. A.; MALUCELLI, M. I. C. Tuberculosis in county jail prisoners in the western sector of the city of São Paulo, Brazil. *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, v. 10, n. 2, p. 203–208, 2006.

ALEXANDER, L. V. et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, v. 111, n. 5, p. D05109, 2006.

ANDERSON, B. G.; BELL, M. L. Weather-related mortality: How heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States. *Epidemiology*, v. 20, n. 2, p. 205–213, mar. 2009.

ASSIS, R. D. DE. A Realidade Atual Do Sistema Penitenciário Brasileiro. *Revista Centro de Estudos Judiciários*, v. 39, n. 7, p. 74–78, 2007.

BARNETT, A. G. et al. Cold and heat waves in the United States. *Environmental Research*, v. 112, p. 218–224, 2012.

BARROS, V. R.; GRIMM, A. M.; DOYLE, M. E. Relationship between temperature and circulation in Southeastern South America and its influence from El Niño and La Niña events. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, v. 80, n. 1, p. 21–32, 2002.

BELL, M. L. et al. 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.

BLAIN, G. C.; PICOLI, M. C. A.; LULU, J. Análises estatísticas das tendências de elevação nas séries anuais de temperatura mínima do ar no estado de São Paulo. *Bragantia*, v. 68, n. 3, p. 807–815, 2009.

BLUNDEN, J. et al. State of the climate in 2018 - *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2019.

BOENING, C. et al. The 2011 la Nia: So strong, the oceans fell. *Geophysical Research Letters*, v. 39, n. 19, p. 1–5, 2012.

CARVALHO, M. L. DE et al. Perfil dos internos no sistema prisional do Rio de Janeiro : especificidades de gênero no processo de exclusão social Profile of prisoners in the Rio de Janeiro prison system : specifities of gender in the social exclusion process. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 11, n. 2, p. 461–471, 2006.

CECCHERINI, G. et al. Magnitude and frequency of heat and cold waves in recent decades: the case of South America. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 16, n. 3, p. 821–831, 21 mar. 2016.

CENTRO ESTADUAL DE ESTATÍSTICAS, PESQUISAS E FORMAÇÃO DE SERVIDORES PÚBLICOS DO RIO DE JANEIRO (CEPERJ). Anuário estatístico do estado do Rio de Janeiro 2013. Disponível em: <
http://arquivos.proderj.rj.gov.br/sefaz_ceperj_imagens/Arquivos_ceperj/ceep/dados-estatisticos/anuario-online/Anuario2013/ApresentacaoDivisaoTerritorial.html > .

Acesso em: 01 dez. 2019.

COATES, L. et al. Exploring 167 years of vulnerability: An examination of extreme heat events in Australia 1844-2010. *Environmental Science and Policy*, v. 42, p. 33–44, 2014.

COELHO, C. A. S. et al. The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. *Climate Dynamics*, v. 46, n. 11–12, p. 3737–3752, 2016.

COELHO, C. A. S.; UVO, C. B.; AMBRIZZI, T. Exploring the impacts of the tropical Pacific SST on the precipitation patterns over South America during ENSO periods. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 71, n. 3–4, p. 185–197, 2002.

COLLINS, J. M.; CHAVES, R. R.; MARQUES, V. D. S. Temperature variability over South America. *Journal of Climate*, v. 22, n. 22, p. 5854–5869, 2009.

CONTI, S. et al. Epidemiologic study of mortality during the Summer 2003 heat wave in Italy. *Environmental Research*, v. 98, n. 3, p. 390–399, 2005.

DERECZYNSKI, C.; SILVA, W. L.; MARENGO, J. Detection and Projections of Climate Change in Rio de Janeiro, Brazil. *American Journal of Climate Change*, v. 02, n. 01, p. 25–33, 2013.

DÍAZ, J. et al. Time trend in the impact of heat waves on daily mortality in Spain for a period of over thirty years (1983–2013). *Environment International*, v. 116, p. 10–17, 2018.

DIXON, P. G. et al. Heat mortality versus cold mortality: A study of conflicting databases in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 86, n. 7, p. 937–943, 1 jul. 2005.

EMPLASA – EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S/A. Rede urbana e regionalização do Estado de São Paulo. São Paulo: Emplasa, 2011. Disponível em <
http://produtos.seade.gov.br/produtos/publicacoes/pub_RedemunicipalRegionalizacaoESP_2011.pdf. Acesso em 01 dez. 2019.

FOUILLET, A. et al. Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, v. 80, p. 16–24, 2006.

GARCÍA, R. et al. Synoptic conditions leading to extremely high temperatures in Madrid. *Annales Geophysicae*, v. 20, n. 2, p. 237–245, 2002.

GARRABOU, J. et al. Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: Effects of the 2003 heat wave. *Global Change Biology*, v. 15, n. 5, p. 1090–1103, 2009.

GARSEN, J.; HARMSEN, C.; BEER, J. DE. Effect of the Summer in the. p. 165–167, 2005.

GASPARRINI, A. et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: A multicountry observational study. *The Lancet*, v. 386, n. 9991, p. 369–375, 25 jul. 2015.

GEIRINHAS, J. L. et al. Climatic and synoptic characterization of heat waves in Brazil. *International Journal of Climatology*, v. 38, n. 4, p. 1760–1776, 1 mar. 2018a.

GEIRINHAS, J. L. et al. Climatic characterization of heat waves in Brazil. *Anuario do Instituto de Geociencias*, v. 41, n. 3, p. 333–350, 4 dez. 2018b.

GEIRINHAS, J. L. et al. Characterizing the atmospheric conditions during the 2010 heatwave in Rio de Janeiro marked by excessive mortality rates. *Science of The Total Environment*, v. 650, p. 796–808, fev. 2019.

GÓMEZ-ACEBO, I.; LLORCA, J.; DIERSSEN, T. Cold-related mortality due to cardiovascular diseases, respiratory diseases and cancer: A case-crossover study. *Public Health*, v. 127, n. 3, p. 252–258, 2012.

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.

GRIZE, L. et al. Heat wave 2003 and mortality in Switzerland. *Swiss Medical Weekly*, v. 135, n. 13–14, p. 200–205, 2005.

Guia da cidade do Rio de Janeiro. Guia da cidade do Rio de Janeiro., 2016.

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. e1002629, 31 jul. 2018.

HARTZ, D. A. et al. Climate and heat-related emergencies in Chicago, Illinois (2003–2006). *International Journal of Biometeorology*, v. 56, n. 1, p. 71–83, 27 jan. 2012.

HUANG, W.; KAN, H.; KOVATS, S. The impact of the 2003 heat wave on mortality in Shanghai, China. *Science of the Total Environment*, v. 408, n. 11, p. 2418–2420, 2010.

HUYNEN, M. M. T. E. et al. The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environmental Health Perspectives*, v. 109, n. 5, p. 463–470, 2001.

IBGE. Produto Interno Bruto dos Municípios Contas Nacionais. 2016. .

IBGE. Regiões Metropolitanas, Aglomerações Urbanas e Regiões Integradas de Desenvolvimento. 2019.

IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and

L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 688.

IPCC, 2018: Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.

JOACIM, R. et al. Susceptibility to mortality related to temperature and heat and cold wave duration in the population of Stockholm County, Sweden. *Global Health Action*, v. 7, n. 1, p. 1–11, 2014.

KYSELY, J. et al. Excess cardiovascular mortality associated with cold spells in the Czech Republic. *BMC Public Health*, v. 9, n. 1, p. 19, 15 dez. 2009.

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.

LAROUZÉ, B. et al. Tuberculose nos presídios brasileiros : entre a responsabilização estatal e a dupla penalização dos detentos Tuberculosis in Brazilian prisons : responsibility of the State and double punishment for the inmates Tuberculosis en las cárceles brasileñas : en. *Cad. Saúde Pública*, v. 31, n. 6, p. 1127–1130, 2015.

LEE, W. V. Historical global analysis of occurrences and human casualty of extreme temperature events (ETEs). *Natural Hazards*, v. 70, n. 2, p. 1453–1505, 10 jan. 2014.

LHOTKA, O.; KYSELÝ, J. Characterizing joint effects of spatial extent, temperature magnitude and duration of heat waves and cold spells over Central Europe. *International Journal of Climatology*, v. 35, n. 7, p. 1232–1244, 2015.

LINARES, C. et al. Impact of heat and cold waves on circulatory-cause and respiratory-

cause mortality in Spain: 1975–2008. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, v. 29, n. 8, p. 2037–2046, 2015.

LINDSEY, REBECCA; DAHLMAN, L. Climate Change: Global Temperature | NOAA Climate.gov. Disponível em: <<https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>>. Acesso em: 30 nov. 2019.

MA, W. et al. The impact of the 2008 cold spell on mortality in Shanghai, China. *International Journal of Biometeorology*, v. 57, n. 1, p. 179–184, 2013.

MARENGO, J. A. et al. Upper-air wave trains over the Pacific Ocean and wintertime cold surges in tropical-subtropical South America leading to Freezes in Southern and Southeastern Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 73, n. 3–4, p. 223–242, 2002.

MARENGO, J. A. et al. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Revista USP*, n. 106, p. 31, 2015.

MARENGO, J. A.; CAMARGO, C. C. Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960-2002. *International Journal of Climatology*, v. 28, n. 7, p. 893–904, 15 jun. 2008.

MARTINEZ, G. S. et al. Heat and health in Antwerp under climate change: Projected impacts and implications for prevention. *Environment International*, v. 111, p. 135–143, fev. 2018.

MCCLATCHIE, S. et al. The state of the California current, 2007-2008: La niña conditions and their effects on the ecosystem. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*, v. 49, n. July 2016, p. 39–76, 2008.

MINAYO, M. C. D. S.; RIBEIRO, A. P. Health conditions of prisoners in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 21, n. 7, p. 2031–2040, 2016.

MORA, C. et al. Global risk of deadly heat. *Nature Climate Change*, v. 7, n. 7, p. 501–506, 2017.

MOTANYA, N. C.; VALERA, P. Climate Change and Its Impact on the Incarcerated

Population: A Descriptive Review. *Social Work in Public Health*, v. 31, n. 5, p. 348–357, 2016.

MÜLLER, G. V.; BERRI, G. J. Atmospheric circulation associated with persistent generalized frosts in Central-Southern South America. *Monthly Weather Review*, v. 135, n. 4, p. 1268–1289, 2007.

MÜLLER, G. V.; FERRAZ, S. E. T.; AMBRIZZI, T. Propagação das ondas de rossby nos invernos de máxima frequência de ocorrência de geadas na pampa úmida. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 24, n. 1, p. 56–62, 2009.

NEHME, D. Análise observacional do regime de ventos em superfície na costa do estado do Rio de Janeiro., 2016.

NOAA. Climate Prediction Center National Weather Service, 2018. Disponível em: <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php> . Acesso em: 30 nov. 2019

NOBRE, C. A. et al. Some Characteristics and Impacts of the Drought and Water Crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. *Journal of Water Resource and Protection*, v. 08, n. 02, p. 252–262, 2016.

PAPAGIANNAKI, K. et al. Agricultural losses related to frost events: Use of the 850 hPa level temperature as an explanatory variable of the damage cost. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 14, n. 9, p. 2375–2381, 2014.

PARENTE, J. et al. Heat waves in Portugal: Current regime, changes in future climate and impacts on extreme wildfires. *Science of the Total Environment*, v. 631–632, p. 534–549, 2018.

PEREIRA, M. G. et al. Synoptic patterns associated with large summer forest fires in Portugal. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 129, n. 1–2, p. 11–25, 2005.

PERES, L. DE F. et al. The urban heat island in Rio de Janeiro, Brazil, in the last 30 years using remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 64, n. August 2017, p. 104–116, 2018.

PEZZA, A.; AMBRIZZI, T. Cold waves in South America and freezing temperatures in São Paulo: historical background (1888-2003) and case studies of cyclone and anticyclone tracks. *Revista Brasileira de Meteorologia*, p. 141–158, 2005a.

PEZZA, A. B.; AMBRIZZI, T. Dynamical conditions and synoptic tracks associated with different types of cold surge over tropical South America. *International Journal of Climatology*, v. 25, n. 2, p. 215–241, 2005b.

PIMENTEL, L. C. G. et al. Caracterização do regime de vento em superfície na região Metropolitana do Rio de Janeiro. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 121–132, 2014.

PNUD; IPEA; FJP. Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras, 2014.

REVICH, B. A.; SHAPOSHNIKOV, D. A. Climate change, heat waves, and cold spells as risk factors for increased mortality in some regions of Russia. *Studies on Russian Economic Development*, v. 23, n. 2, p. 195–207, 2012.

ROBINE, J.-M. et al. Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *C. R. Biologies*, v. 331, p. 171–178, 2008.

ROMERO-LANKAO, P.; QIN, H.; BORBOR-CORDOVA, M. Exploration of health risks related to air pollution and temperature in three Latin American cities. *Social Science and Medicine*, v. 83, p. 110–118, 2013.

ROSSO, F. et al. Trends and decadal variability in air temperature over Southern Brazil. *American Journal of Environmental Engineering*, v. 5, n. 1A, p. 85–95, 2015.

RUSTICUCCI, M. Observed and simulated variability of extreme temperature events over South America. *Atmospheric Research*, v. 106, p. 1–17, 2012.

RUSTICUCCI, M.; VARGAS, W. Cold and warm events over Argentina and their relationship with the ENSO phases: Risk evaluation analysis. *International Journal of Climatology*, v. 22, n. 4, p. 467–483, 2002.

RYTI, N. R. I.; GUO, Y.; JAAKKOLA, J. J. K. Global Association of Cold Spells and

Adverse Health Effects: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental Health Perspectives*, v. 124, n. 1, p. 12–22, jan. 2016.

SÁNCHEZ, R. A. et al. A tuberculose nas prisões do Rio de Janeiro , Brasil : uma urgência de saúde pública Tuberculosis in Rio de Janeiro prisons , Brazil : an urgent public health problem. *Cad. Saúde Publica*, v. 23, n. 3, p. 545–552, 2007.

SEMENZA, J. C. et al. Heat-Related Deaths during the July 1995 Heat Wave in Chicago. *New England Journal of Medicine*, v. 335, n. 2, p. 84–90, 11 jul. 1996.

SEMENZA, J. C. et al. Excess hospital admissions during the July 1995 heat wave in Chicago. *American Journal of Preventive Medicine*, v. 16, n. 4, p. 269–277, 1999.

SENA, C. A. P.; FRANÇA, J. R. A.; PERES, L. F. Study of heat islands in the metropolitan area of Rio de Janeiro using data from MODIS [Estudo da ilha de calor na região metropolitana do Rio de Janeiro usando dados do MODIS]. *Anuario do Instituto de Geociencias*, v. 37, n. 2, p. 111–122, 2014.

SFÎCĂ, L. et al. Synoptic conditions generating heatwaves and warm spells in Romania. *Atmosphere*, v. 8, n. 3, p. 1–22, 2017.

SHAPOSHNIKOV, D. et al. Mortality related to air pollution with the Moscow heat wave and wildfire of 2010. *Epidemiology*, v. 25, n. 3, p. 359–364, 2014.

SHAROVSKY, R.; CÉSAR, L. A. M.; RAMIRES, J. A. F. Temperature, air pollution, and mortality from myocardial infarction in São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v. 37, n. 11, p. 1651–1657, 2004.

SILVA, V. DE P. R. et al. Teleconnections between sea-surface temperature anomalies and air temperature in northeast Brazil. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, v. 68, n. 7, p. 781–792, 2006.

SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C. P. Caracterização Climatológica e Tendências observadas em extremos climáticos no Estado do Rio de Janeiro. *Anuario do Instituto de Geociencias*, v. 37, n. 2, p. 123–138, 1 dez. 2014.

SIMON, F. et al. Mortality in Spain during the heat waves of summer 2003. *Euro*

surveillance : bulletin Européen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin, v. 10, n. 7, p. 9–10, jul. 2005.

SKANSI, M. DE LOS M. et al. Warming and wetting signals emerging from analysis of changes in climate extreme indices over South America. *Global and Planetary Change*, v. 100, p. 295–307, 2013.

SON, J. Y. et al. The impact of temperature on mortality in a subtropical city: effects of cold, heat, and heat waves in São Paulo, Brazil. *International Journal of Biometeorology*, v. 60, n. 1, p. 113–121, 14 jan. 2016.

SOUSA, P. M. et al. Saharan air intrusions as a relevant mechanism for Iberian heatwaves : The record breaking events of August 2018 and June 2019. *Weather and Climate Extremes journal*, v. 26, n. 1, p. 1–13, 2019.

STEFANON, M.; DANDREA, F.; DROBINSKI, P. Heatwave classification over Europe and the Mediterranean region. *Environmental Research Letters*, v. 7, n. 1, p. 1–9, 2012.

TEIXEIRA, E. I. et al. Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 170, p. 206–215, 15 mar. 2013.

TRIGO, R. M. et al. Evaluating the impact of extreme temperature based indices in the 2003 heatwave excessive mortality in Portugal. *Environmental Science and Policy*, v. 12, n. 7, p. 844–854, 2009.

VANECKOVA, P. et al. Synoptic analysis of heat-related mortality in Sydney, Australia, 1993-2001. *International Journal of Biometeorology*, v. 52, n. 6, p. 439–451, 2008.

VICEDO-CABRERA, A. M. et al. A multi-country analysis on potential adaptive mechanisms to cold and heat in a changing climate. *Environment International*, v. 111, p. 239–246, 2018.

VINCENT, L. A. et al. Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960-2000. *Journal of Climate*, v. 18, n. 23, p. 5011–5023, 1 dez. 2005.

- WANG, C. et al. Temperature and daily mortality in Suzhou, China: A time series analysis. *Science of the Total Environment*, v. 466–467, p. 985–990, 1 jan. 2014.
- WANG, W. et al. Synoptic-scale characteristics and atmospheric controls of summer heat waves in China. *Climate Dynamics*, v. 46, n. 9–10, p. 2923–2941, 2016.
- WREFORD, A.; ADGER, W. N. Adaptation in agriculture: historic effects of heat waves and droughts on UK agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*, v. 8, n. 4, p. 278–289, 8 nov. 2010.
- XIE, H. et al. Short-Term Effects of the 2008 Cold Spell on Mortality in Three Subtropical. *Environmental Health Perspectives*, v. 121, n. 2, p. 210–2016, 2013.
- YANG, J. et al. Impact of heat wave in 2005 on mortality in Guangzhou, China. *Biomedical and Environmental Sciences*, v. 26, n. 8, p. 647–654, 1 ago. 2013.
- 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.
- ZAMBON, R. C.; BARROS, M. T. L.; YEH, W. W. G. Impacts of the 2012–2015 Drought on the Brazilian Hydropower System. *World Environmental and Water Resources Congress*, p. 287–295, 2016.
- ZHOU, M. G. et al. Health impact of the 2008 cold spell on mortality in subtropical China: The climate and health impact national assessment study (CHINAs). *Environmental Health: A Global Access Science Source*, v. 13, n. 1, 2014.