



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Biomédico
Instituto de Medicina Social

Lívia Azevedo Bahia

**Temperatura atmosférica e internações hospitalares por doenças cardíacas
no município do Rio de Janeiro**

Rio de Janeiro

2015

Lívia Azevedo Bahia

**Temperatura atmosférica e internações hospitalares por doenças cardíacas no município
do Rio de Janeiro**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Epidemiologia.

Orientador: Prof. Dr. Washington Leite Junguer

Rio de Janeiro

2015

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CB/C

B151

Bahia, Lívia Azevedo

Temperatura atmosférica e internações hospitalares por
doenças cardíacas no município do Rio de Janeiro / Lívia
Azevedo Bahia. – 2015.
77 f.

Orientador: Washington Leite Junger.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de
Janeiro, Instituto de Medicina Social.

1. Sistema cardiovascular – Doenças - Teses. 2. Doentes
hospitalizados - Teses. 3. Temperatura – Efeito fisiológico –
Teses. I. Junger, Washington Leite. II. Universidade do Estado
do Rio de Janeiro. Instituto de Medicina Social. III. Título.

CDU 616.12:536.5

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta
dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Lívia Azevedo Bahia

**Temperatura atmosférica e internações hospitalares por doenças cardíacas no município
do Rio de Janeiro**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Epidemiologia.

Aprovada em 05 de maio de 2015.

Orientador: Prof. Dr. Washington Leite Junger
Instituto de Medicina Social – UERJ

Banca Examinadora: _____

Prof^a. Dra. Gulnar Azevedo e Silva
Instituto de Medicina Social – UERJ

Prof^a. Dra. Marisa Moura
Fundação Oswaldo Cruz

Prof^a. Dra Samya de Lara Lins de Araújo Pinheiro
Fundação Oswaldo Cruz

Rio de Janeiro
2015

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Wander e Mônica, que sempre me motivaram a acreditar nos meus sonhos; que me ensinaram o valor da educação e que nunca deixaram eu desistir dos meus planos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por me amparar e me proporcionar discernimento nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador, Prof. Drº Washington Junger, pelas longas conversas e conselhos, por me mostrar o caminho da ciência e nunca desistir de mim.

Aos professores do IMS, por todo conhecimento compartilhado.

À Profª. Drª. Marisa Moura (FIOCRUZ) e Profª. Drª Gulnar Azevedo (IMS), como membros da banca de qualificação, por terem contribuído com importantes e enriquecedoras sugestões.

Aos meus pais, Wander e Mônica pelo imensurável carinho e compreensão quando precisei estar ausente.

Às minhas irmãs, Júlia e Camila, pela confiança e incentivo.

Ao meu amigo e confidente, Tiago, pela paciência, dedicação e cumplicidade.

Aos amigos do IMS, Daniele, Ismael e Ryany pelos momentos de descontração e risadas, pelos estudos em grupo e por fazerem parte dos melhores momentos desta longa jornada.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

A persistência é o menor caminho do êxito.

Charles Chaplin

RESUMO

BAHIA, Lívia Azevedo. *Temperatura atmosférica e internações hospitalares por doenças cardíacas no município do Rio de Janeiro*. 2015. 77f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Instituto de Medicina Social, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

Os efeitos das temperaturas elevadas na saúde humana representam um problema de grande magnitude na saúde pública. A temperatura atmosférica e a poluição do ar são fatores de risco para as doenças crônicas não transmissíveis, em particular as doenças isquêmicas do coração. O estudo teve como objetivo analisar a associação entre a temperatura atmosférica e internações hospitalares por doenças cardíacas isquêmicas no município do Rio de Janeiro entre os anos de 2009 e 2013. Utilizaram-se modelos de séries temporais, via modelos aditivos generalizados, em regressão de Poisson, para testar a hipótese de associação. Como variáveis de controle de confusão foram utilizadas as concentrações de poluentes atmosféricos (ozônio e material particulado) e umidade relativa do ar; utilizou-se método de defasagem simples e distribuída para avaliar o impacto da variação de 1°C nas internações hospitalares diárias. No modelo de defasagem simples foram encontradas associações estatisticamente significativas para as internações por DIC no dia concorrente a exposição ao calor, tanto para a temperatura média quanto para a máxima. No modelo de defasagem distribuída polinomial, essa associação foi observada com 1 e 2 dias de defasagem e no efeito acumulado tanto para a temperatura média quanto para a máxima. Ao estratificarmos por faixa etária, as associações para as internações por DIC e exposição ao calor não foram estatisticamente significativas no modelo de defasagem simples para as temperaturas média e máxima. Em contrapartida, no modelo de defasagem distribuída polinomial, a correlação entre internações por DIC e exposição ao calor foi observada na faixa de 30 a 60 anos no efeito acumulado para a temperatura média; e com defasagem de 1 e 2 dias para 60 anos ou mais de idade para a temperatura média. Estes resultados sugerem associação positiva entre as internações hospitalares por doença cardíaca isquêmica e temperatura na cidade do Rio de Janeiro. Os resultados do presente estudo fornecem informações para o planejamento de investimentos de áreas urbanas climatizadas e para a preparação dos hospitais para receber emergências relacionadas aos efeitos de calor que é uma das consequências mais importantes das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Temperatura Ambiente. Hospitalização. Doenças Cardiovasculares.

ABSTRACT

BAHIA, Lívia Azevedo. *Atmospheric temperature and hospitalization for heart disease in Rio de Janeiro.* 77f. 2015. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Instituto de Medicina Social, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

The effects of high temperatures on human health represent a large magnitude problem in public health. The atmospheric temperature and air pollution are risk factors for chronic diseases, particularly ischemic heart disease (IHD). The study aimed to analyze the association between atmospheric temperature and hospital admissions for ischemic heart disease in Rio de Janeiro city between 2009 and 2013. Were used time series models, with generalized additive models, Poisson regression to test the hypothesis of association. Confusion as control variables were used the concentrations of air pollutants (ozone and particulate matter) and relative humidity air; It used simple lag method and distributed to assess the impact of change of 1°C in daily hospital admissions. In simple lag model were statistically significant associations for IHD admissions in competing day to heat exposure, both average temperature and for the maximum. In the polynomial distributed lag model, this association was observed with 1 and 2-day lag and the cumulative effect for both average temperature and for the maximum. When stratified by age group, the associations for IHD and heat exposure were not statistically significant in simple lag model for the average and maximum temperatures. By contrast, in polynomial distributed lag model, the correlation between IHD and heat exposure was observed in the range 30-60 years in the cumulative effect for the average temperature; and with a lag of 1 and 2 days to 60 years of age or older to average temperature. These results suggest a positive association between hospital admissions for ischemic heart disease and temperature in the city of Rio de Janeiro. The results of this study provide information for planning investments-conditioned urban areas and the preparation of hospitals to receive emergency related to the effects of heat which is one of the most important consequences of climate change.

KeyWords: Hot Temperature. Hospitalization. Cardiovascular Diseases.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Potenciais efeitos derivados das alterações globais, sobre a saúde humana.....	17
Quadro 1 -	Mortalidade atribuída a períodos de temperaturas elevadas ou ondas de calor na Europa: publicações 1980-2004	18
Figura 2 -	Internações hospitalares por doenças cardíacas isquêmicas e oscilações da temperatura atmosférica.....	35
Figura 3 -	Gráficos das trajetórias dos riscos relativos estimados usando o modelo de defasagem simples.....	38
Figura 4 -	Gráficos das trajetórias dos riscos relativos estimados usando o modelo de defasagem distribuída com 5 dias de defasagem.....	38
Figura 5 -	Gráficos das trajetórias dos riscos relativos estimados para temperatura média e máxima usando o modelo de defasagem simples para a faixa etária de 30 a 60 anos.....	42
Figura 6 -	Gráficos das trajetórias dos riscos relativos estimados para temperatura média e máxima usando o modelo de defasagem distribuída polinomial para a faixa etária de 30 a 60 anos.....	42
Figura 7 -	Gráficos das trajetórias dos riscos relativos estimados para temperatura média e máxima usando o modelo de defasagem simples para a faixa etária de 60 anos ou mais.....	43
Figura 8 -	Gráficos das trajetórias dos riscos relativos estimados para temperatura média e máxima usando o modelo de defasagem distribuída polinomial para a faixa etária de 60 anos ou mais.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resumo das estatísticas e internação hospitalar por doença cardíaca isquêmica no Rio de Janeiro, 2009-2013	34
Tabela 2 -	Resumo das medidas diárias de fatores climáticos e concentrações de poluentes do ar no Rio de Janeiro, 2009-2013.....	35
Tabela 3 -	Riscos relativos percentuais para diferentes exposições de temperatura máxima e temperatura média utilizando o modelo de defasagem simples para as internações por DIC.....	36
Tabela 4 -	Riscos relativos percentuais para diferentes exposições de temperatura máxima e temperatura média utilizando o modelo de defasagem distribuída polinomial para as internações por DIC.....	37
Tabela 5 -	Riscos relativos percentuais de acordo com a faixa etária para diferentes para diferentes exposições de temperatura máxima e temperatura média utilizando o modelo de defasagem simples.....	40
Tabela 6 -	Riscos relativos percentuais para as faixas etárias para diferentes para diferentes exposições de temperatura máxima e temperatura média utilizando o modelo de defasagem distribuída polinomial.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIH	Autorização de Internação Hospitalar
CID-10	Código Internacional de Doenças
COP	Conferência das Partes
DATASUS	Departamento de Informática do SUS
DCNT	Doenças crônicas não transmissíveis
DIC	Doenças Isquêmicas do Coração
HDL-c	Lipoproteína de alta densidade
IAM	Infarto Agudo do Miocárdio
ICEA	Instituto de Controle do Espaço Aéreo
IMS	Instituto de Medicina Social
INEA	Instituto Estadual do Meio Ambiente
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
LDL-c	Lipoproteína de baixa densidade
Namas	Fundo de Adaptação e Ações de Mitigação Nacionalmente Adequadas
ONU	Organização das Nações Unidas
PNMC	Plano Nacional sobre Mudanças do Clima
Redd	Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação
SAMHPS	Sistema de Assistência Médico Hospitalar da Previdência Social
SIH-SUS	Sistema de Informação Hospitalar do Sistema Único de Saúde
SMAC	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima
Vigitel	Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônica por inquérito telefônico

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
1 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
1.1 Breve histórico sobre o contexto mundial relacionado ao aumento térmico.....	14
1.2 Mudanças climáticas e a saúde pública.....	16
1.3 Regulação da temperatura corporal.....	19
1.4 Doenças crônicas não transmissíveis.....	21
1.5 Fatores de risco para doença cardiovascular: doença cardíaca isquêmica.....	22
1.5.1 Fatores de risco não modificáveis.....	23
1.5.2 Fatores de risco modificáveis.....	25
1.5.3 Fatores socieconômicos e ambientais.....	27
2 JUSTIFICATIVA.....	30
3 OBJETIVO.....	32
3.1 Geral.....	32
3.2 Objetivos Específicos.....	32
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
4.1 Desenho.....	33
4.2 População de estudo e período.....	33
4.3 Dados.....	33
4.4 Análise estatística.....	34
4.3 Aspectos Éticos.....	35
5 RESULTADOS.....	36
6 DISCUSSÃO.....	46
CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS.....	51
APÊNDICE A – Comandos R-programutilizando a biblioteca <i>ares</i>.....	61
APÊNDICE B – Temperatura atmosférica e internações hospitalares por doenças cardíacas no município do Rio de Janeiro (Artigo Científico).....	62
ANEXO – Carta de Aprovação no Comitê de Ética.....	76

INTRODUÇÃO

A gradual e progressiva melhora dos níveis de saúde nos países em desenvolvimento alteraram o perfil epidemiológico das doenças, onde as de características infecto-parasitárias cederam espaço para as doenças crônicas não transmissíveis (DCNT).

Diversos estudos associam as baixas temperaturas atmosféricas com morbidade e mortalidade por doenças cardiovasculares (DCV), com foco voltado para um desfecho extremo: a morte. Poucos estudos relacionam o aquecimento global, o aumento da temperatura atmosférica e admissões hospitalares por acometimentos cardiovasculares. Estes, que podem não ter como desfecho o óbito, mas múltiplos comprometimentos físicos, sociais e financeiros, como sequelas permanentes ou temporárias para a o indivíduo, aumento do uso de terapias medicamentosas dispendiosas, oneração do sistema de saúde com excesso de internações, afastamento das atividades laborativas e aumento das visitas ao médico.

O objetivo dessa pesquisa consiste estudar a associação entre temperatura atmosférica e internações hospitalares por doenças isquêmicas do coração (DIC), na cidade do Rio de Janeiro, entre os anos de 2009 e 2013.

O texto está estruturado em introdução, na qual está descrita a situação da morbidade por DCNT com enfoque nas DCV e DIC, ressaltando seus principais fatores de risco e sua importância. Expõe a situação do aquecimento global e aumento da temperatura atmosférica no mundo como um fator relevante para a saúde pública e considera as evidências que subjazem esse trabalho. A seguir, a justificativa realça a importância da temperatura atmosférica nas internações por doenças cardiovasculares e as lacunas a serem preenchidas. Posteriormente, definimos o objetivo geral e os específicos, a metodologia e as análises estatísticas utilizadas. Enfim, os resultados e a discussão da pesquisa são apresentados.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Os efeitos das temperaturas elevadas na saúde humana representam um problema de grande magnitude na saúde pública (BASU, 2002; WHO, 2013). É estimado um aumento médio mundial de 0,4º C nos últimos 25 anos, e ainda é previsto um aumento de 1 a 3 graus Celsius até o ano de 2100. Mesmo parecendo uma pequena alteração na temperatura média, esse aumento pode ocasionar eventos climáticos extremos e consequências à saúde das populações (SOLOMON S, 2007).

A mudança clímática é projetada negativamente em cenários mundiais futuros. São estimadas 250.000 mortes adicionais por ano devido as mudanças climáticas entre os anos de 2030 e 2050 no mundo. O impacto na saúde é avaliado pelo aumento da temperatura atmosférica média e pelo aumento da intensidade e frequência de eventos de onda de calor (WHO, 2014a).

A temperatura atmosférica e a poluição do ar são fatores de risco já conhecidos para as DCNT, em particular as DIC. O aumento da temperatura atmosférica e das concentrações de poluente atmosféricos alteram os padrões do sistema circulatório por múltiplos mecanismos (PETERS et al., 1997). Existem evidências que as altas temperaturas tem um impacto específico nas admissões hospitalares por diversas causas, sendo as mais frequentes as doenças renais, dos aparelhos cardiovascular e respiratório (HA et al., 2014; HANSEN et al., 2008; KNOWLTON et al., 2009; LIN et al., 2009; MA et al., 2011).

As consequências humanas, sociais e econômicas das DCNT são sentidas em todos os países, mas particularmente devastadoras em populações vulneráveis e pobres. Como a principal causa de morte no mundo, as DCNT foram responsáveis por 38 milhões (68%) do total de 56 milhões de óbitos no mundo em 2012. Mais de 40% dessas mortes (16 milhões), foram mortes prematuras anterior aos 70 anos de idade, sendo que três quartos dessas mortes (28 milhões) e 82% dos óbitos prematuros ocorreram em países de média e baixa renda (WHO, 2014b).

No Brasil, as doenças do aparelho circulatório foram responsáveis por 333.295 (28%) do total de óbitos (1.181.166) no ano de 2012¹. No estado do Rio de Janeiro foram

¹ Óbitos p/ Residência por Capítulo CID-10 segundo Unidade da Federação. Capítulo CID-10: IX. Doenças do aparelho circulatório. Período: 2012. Fonte: MS/SVS/CGIAE - Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM

contabilizadas aproximadamente 37 mil mortes¹ e 20% (70.809) do total internações hospitalares por doenças do aparelho circulatório² do país, no ano de 2012.

1.1 Breve histórico sobre o contexto mundial relacionado ao aumento térmico

O carvão é utilizado como combustível desde a era pré-cristã e foi amplamente difundido na época. O primeiro relato sobre os efeitos de combustíveis no meio ambiente foi no final do século XIII na Inglaterra (CLAYTON, 1978). Associado a era industrial, no século XIX foi iniciado um processo de conscientização relacionando o dióxido de carbono e outros gases que poderiam favorecer o efeito estufa e o aquecimento global.

O efeito estufa é um mecanismo natural da terra para manter em seu interior temperaturas compatíveis com a vida humana. Quando existe grande emissão dos poluentes atmosféricos e gases do efeito estufa, esse efeito é exarcebado favorecendo o aquecimento global (BRAGA, 2013).

No século XX, fica evidente a correlação entre o aumento dos gases do efeito estufa e a ação humana. Nesse século, foi evidenciado: aumento de 0,6°C na temperatura terrestre, o aquecimento do século XX ter sido maior comparado há 400-600 anos, sete dos 10 anos mais quentes do século XX terem ocorrido nos anos 90, montanhas glaciais estarem desaparecendo do planeta, gelo flutuante do ártico com perda de espessura, aumento do nível do mar com rapidez três vezes maior comparado a três mil anos anteriores (MARCOVITCH, 2006; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS, 2007).

No contexto dos problemas ambientais, a revolução da informação e a globalização econômica contribuíram para alterações de prioridades nas relações internacionais. Em 1968, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) organizou uma conferência para especialistas sobre os fundamentos científicos da utilização e da conservação racional de recursos da biosfera, trazendo à tona a necessidade de uma declaração universal sobre a proteção e melhoria do meio ambiente humano. Assim, em 1972 em Estocolmo, Suécia, ocorreu a primeira conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) voltada para o meio ambiente. Na Declaração de Estocolmo foram fixados 26

² Fonte: Ministério da Saúde - Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS)

princípios e sete pontos principais referentes a comportamentos e responsabilidades que norteariam os indivíduos para melhorar e preservar o meio ambiente (UNITED NATIONS, 1972).

Em 1988, em Toronto, foi criado o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) que revelou e mediou as mudanças climáticas devido às atividades humanas (CAZIANI, 2010). Em 1992, foi criada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC) durante a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92), sediada do Rio de Janeiro. A Convenção entrou em vigor em 1994 com 194 países signatários, e obteve como documentos resultantes a “agenda 21” e a “Convenção da Biodiversidade” (ALVES, 2001).

Em 1995, em Berlim, foi realizada a primeira Conferência das Partes (COP-1) onde foram estabelecidas metas para a redução dos gases do efeito estufa, e no ano seguinte ficou acordado que os países em desenvolvimento receberiam apoio financeiro da Conferência das Partes para desenvolver o programa de redução de gases (UNITED NATIONS, 1995); o que culminou no Protocolo de Quioto, que definiu metas de redução de emissões de gases do efeito estufa para os países desenvolvidos, com objetivo de reduzir, no mínimo, 5% abaixo dos níveis de 1990 no período entre 2008 e 2012. Para os outros países, incluindo o Brasil, foram estabelecidas medidas limitantes para emissões de gases com auxílio financeiro e acesso a tecnologia dos países industrializados (MARCATTO; LIMA, 2013; UNITED NATIONS, 1998).

Em 2005, em Montreal, a COP-11 e a primeira Conferência das Partes do Protocolo de Quioto constataram que países em desenvolvimento como o Brasil, China e Índia, passaram a ser importantes emissores de gases estufa (UNITED NATIONS, 2005). O Protocolo de Quioto foi revisado em 2006 e os países pobres se tornaram mais vulneráveis. O Brasil sugeriu a implantação de um sistema de incentivo financeiro para preservação das florestas denominado Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação (Redd) (UNITED NATIONS, 2006).

Em 2008, o Brasil criou o Plano Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC), estruturado em quatro eixos a saber: oportunidade de mitigação; impactos, vulnerabilidade e adaptação; pesquisa e desenvolvimento; educação, capacitação e comunicação. O plano objetiva coordenar ações a fim de mitigar as emissões de gases de efeito estufa geradas no país, reduzir as taxas de desmatamento nos biomas, identificar os impactos ambientais ocasionados pelas mudanças climáticas, entre outros (BRASIL, 2007).

Em 2009, foi estabelecido o Acordo de Copenhague após discussões entre Brasil, África do Sul, China, Índia, Estados Unidos e União Europeia, compactuando que os países desenvolvidos deverão reduzir em 80% as emissões até 2050 e 20% até 2020 (UNITED NATIONS, 2009). Em 2011, em Durban, África do Sul, esses pontos voltaram à pauta acrescidos das discussões sobre um novo documento internacional e renovação do protocolo de Quioto até 2017 (UNITED NATIONS, 2011).

No Rio de Janeiro, no ano de 2012, ocorreu a Conferência da ONU sobre desenvolvimento sustentável, Rio +20, com objetivo de garantir e renovar os compromissos sobre o desenvolvimento sustentável. No evento, foi reafirmado que a mudança climática é um dos principais desafios do nosso tempo, visto que alguns países já estão experimentando a ocorrência de impactos como eventos meteorológicos extremos, secas persistentes e aumento do nível do mar (UNITED NATIONS, 2012).

As conferências e reuniões mundiais sobre as mudanças climáticas evidenciam a preocupação acerca do tema e os esforços atuais para modificar os cenários futuros relacionados às mudanças climáticas.

1.2 Mudanças climáticas e saúde pública

O impacto das alterações climáticas na saúde das populações podem agravar condições de saúde pré-existentes e até levar a morte. O efeito da temperatura atmosférica na saúde subjaz alguns fatores, são eles: nível de exposição à temperatura elevada (frequência, gravidade e duração), o tamanho da população exposta e sua sensibilidade (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2008).

A figura 1 mostra os efeitos das alterações globais sobre a saúde humana. As alterações climáticas globais podem desencadear mudanças climáticas locais com ações diretas na saúde da população, como patologias relacionadas com a temperatura e desfechos relacionados a exposição de eventos climáticos extremos ou podem ter ação indireta com aumento dos níveis de poluição atmosférica, propiciando vias de contaminação e alteração na dinâmica de transmissão.

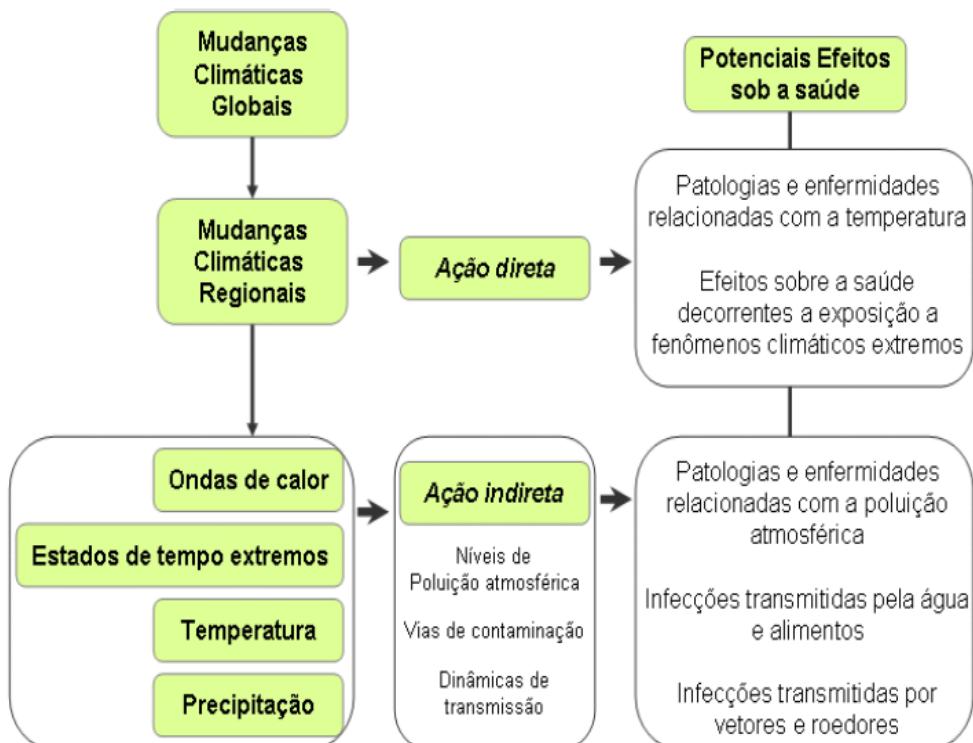
Apesar da atenção da mídia ser voltada para os eventos climáticos extra trópicos (DUFFY; TEBALDI, 2012; PETOUKHOV et al., 2013), as áreas tropicais são mais

vulneráveis aos eventos climáticos com extremas térmicas, fato que pode ser explicado pela pequena variabilidade natural do clima dos trópicos ano a ano (DIFFENBAUGH; SCHERER, 2011).

Os grupos mais suscetíveis ao aumento térmico são aqueles que com morbidade prévia ou os que apresentam alguma desordem fisiopatológica como, por exemplo, transtornos psiquiátricos, depressão, diabetes, comprometimentos pulmonar, cardiovascular e cerebrovascular (KOVATS; HAJAT, 2008).

Além dos efeitos do aumento térmico sobre a população suscetível, é previsto o aumento da ocorrência de casos de desnutrição, aumento de doenças diarreicas, alteração na distribuição espacial de algumas doenças infecciosas, aumento de mortes e eventos relacionados com temperaturas elevadas. Esses agravos tendem a ser mais frequentes com o aumento da emissão de gases do efeito estufa devido a elevação da concentração de ozônio na troposfera (TEAM CORE WRITING; PACHAURI; REISINGER, 2007).

Figura 1 – Efeitos das alterações globais sobre a saúde humana



Fonte: NOSSA, 2005

Adaptação de SOUZA, 2007. Extraído de: (SOUZA; NETO, 2008)

Estudos realizados na Europa sugerem que as ondas de calor estão associadas ao aumento na mortalidade em curto prazo. As ondas de calor são caracterizadas por episódios onde ocorre elevação da temperatura esperada por dois ou mais dias consecutivos (SCHIFANO et al., 2009). No Quadro 1, estão listados estudos publicados sobre os impactos das ondas de calor usando os registros de óbitos na Europa. Para as estimativas do excesso de mortalidade foram considerados atributos de clima quente, como momento e duração da onda de calor e aumento da temperatura (a partir da média de longo prazo). A tabela mostra que os efeitos se concentram na população idosa, mas existem mortes atribuíveis à população adulta.

Quadro 1 - Mortalidade atribuída a períodos de temperaturas elevadas ou ondas de calor na Europa: publicações 1980-2004 (continua)

Evento da Onda de Calor	Excesso de mortalidade (todas as causas ^a , todas as idades)	Número de estudos
1981- Portugal	1906 mortes em excesso em Portugal, sendo 406 em Lisboa	26
1983- Roma, Itália	Aumento de 35% nas mortes em julho de 1983 na faixa etária superior a 65 anos	23
1987- Atenas, Grécia	>2000 excessos de mortes estimadas	25
1991- Portugal	997 excessos de mortes estimadas na onda de calor 12-21 de julho de 1991	24
1995- Londres, Reino Unido	23% (184 excessos de mortes) na onda de calor de 30 julho a 13 de agosto	9
2003- França	14802 mortes durante o período de onda de calor de 1 a 20 de agosto (60% de aumento) Maior excesso de mortes em Paris, Dijon, Poitiers, Le Mans e Lyon(>78% de aumento)	2
2003- Países Baixos	500 mortes em excesso estimadas durante a onda de calor de 31 de julho a 13 de Agosto	19
	1400-2200 mortes em excesso no verão de 2003 (junho a agosto), 3-5% de aumento	
2003- Suíça	Aproximadamente 975 mortes em excesso (7% de aumento) no período de junho a agosto de 2003	22
2003- Espanha (50 capitais provinciais) ^b	Aproximadamente 3166-4151 mortes em excesso entre junho e agosto de 2003. 8-11% de aumento na mortalidade. Excesso de mortalidade em agosto foi de 2175, 17% de aumento.	19
2003- Portugal	1317 mortes em excesso (19% de aumento) de junho a agosto de 2003	18
2003- Roma, Itália	944 mortes em excesso (19% de aumento) de junho a agosto de 2003	21

Quadro 1 - Mortalidade atribuída a períodos de temperaturas elevadas ou ondas de calor na Europa: publicações 1980-2004 (conclusão)

2003 – Inglaterra	2091 mortes em excesso, 16% de aumento em 10 dias de onda de calor de 4 a 13 de agosto de 2003	17
-------------------	--	----

a: Muitos estudos também registram as mortes de acordo com idade de grupos, sexo, e região ou cidade
 b: 35% do total da população da Espanha

Fonte: Adaptado para o português - (KOVATS; EBI, 2006)

A mortalidade devido ao aumento da temperatura atmosférica é amplamente relatada na literatura, com ênfase para os idosos e crianças (BASU; MALIG, 2011; GREEN et al., 2012; HUANG; KAN; KOVATS, 2010). Estudo sobre os efeitos das ondas de calor registradas entre os anos de 1971 e 2003 encontrou um aumento da mortalidade nas internações hospitalares, observando os maiores excessos em doenças cardiovasculares, respiratórias, mentais, infecciosas, endócrinas, nutricionais, metabólicas e neoplásicas (REY et al., 2007).

1.3 Regulação da temperatura corporal

O ser humano é homeotérmico, ou seja, é capaz de manter e regular sua temperatura corporal em um determinado intervalo apesar das variações térmicas do meio ambiente. A temperatura corporal em equilíbrio é em torno de 37°C, e sua variação normal pode estar entre os limites de 36,1°C a 37,2°C. Para manter a homeostasia, os mecanismos envolvidos na regulação térmica devem estar íntegros, são eles: sensores térmicos, centro integrador e de comando e os sistemas eferentes (MAGALHÃES et al., 2001).

Os sensores térmicos contêm neurônios sensíveis ao calor e ao frio, sendo estimulados pelas variações de temperatura. O centro integrador é formado pelo hipotálamo, ele recebe todos os sinais provenientes dos sensores térmicos, integrando-os e recombinando-os para controlar a reação resposta-sistemas a fim de estimular a produção ou perda de calor. O sistema eferente, ao nível do sistema nervoso central, leva a alterações comportamentais de acordo com a percepção de variações da temperatura; ao nível do sistema nervoso somático,

comanda da contração muscular; à nível hipofisário, controla a diminuição ou o aumento da produção de hormônios responsáveis pelo metabolismo celular; ao nível do sistema nervoso autônomo, regula diversos mecanismos de regulação da temperatura, a saber: 1) Tônus vascular (vasoconstricção vs. vasodilatação) – a dilatação pode aumentar a taxa de transferência de calor; 2) Sudorese - perda de calor evaporativo; 3) Metabolismo celular - termogênese química; 4) Lipólise da gordura castanha (gordura termogênica); 5) Piloereção - contração do músculo erector do pelo nos folículos pilosos e retenção de uma camada de ar isolante que contribui para conter a transferência de calor (BECKER; STEWART, 2011; GUYTON; HALL, 2006).

A exposição às altas temperaturas exige do corpo humano um grande esforço para a regulação da temperatura corpórea. Porém, o sistema cardiovascular é um dos mais afetados. O débito cardíaco tem relação direta com a regulação da temperatura e é influenciado por fatores como doenças cardiovasculares e o uso de medicações (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2008).

A tolerância do corpo humano ao calor depende da temperatura atmosférica, da umidade relativa do ar, da velocidade do vento e da temperatura média radiante. Em situações usuais, o corpo humano perde calor para o meio, dado que a temperatura externa é inferior à do corpo humano. Em 1976, um estudo pioneiro idealizou a faixa ideal de temperatura para a não ocorrência de eventos cardiovasculares relacionados com a temperatura. Esse estudo delimitou a faixa térmica ideal em regiões quentes e frias, sendo entre 15,6°C e 26,6°C em regiões frias e entre 26,7°C e 32°C em regiões quentes. Acima ou abaixo dessas faixas térmicas, constataram aumento na mortalidade por IAM e por AVC (ROGOT; PADGETT, 1976).

Quando o ar é completamente seco, altas temperaturas são mais bem toleradas. Quando a umidade relativa do ar chega a 100%, a temperatura corporal sofre acréscimo quando a temperatura atmosférica for superior a 34,4°C (GUYTON; HALL, 2006). O limite térmico para sobrevida é de 43°C, porém, aos 41°C, muitas pessoas já apresentam consequências da hipertermia (WIDMAIER; RAFF; STRANG, 2006).

O suor em excesso é capaz de reduzir o volume plasmático e levar a hipotensão arterial. O aumento da viscosidade sanguínea, da concentração de colesterol, hemácias e plaquetas que associados à hipotensão, podem levar ao surgimento de trombos. Esses trombos se envolvem na formação de placas compostas por lipídeos e tecido fibroso na parede dos vasos, denominados ateromas, os quais podem interromper o fluxo sanguíneo para os tecidos

causando o IAM, quando o fluxo interrompido é para o miocárdio. (KEATINGE et al., 1986b).

Em estudo recente com simulação de ondas de calor em câmaras, em ratos em processo de envelhecimento , mostrou através das aferições de parâmetros biológicos que o calor ativa a resposta inflamatória do corpo e danifica a estrutura de células endoteliais coronárias, com aumento da permeabilidade da íntima do vaso sanguíneo, da oxidação de lipoproteínas da geração de colesterol depositado nas paredes de vasos sanguíneos com formação aterosclerótica (ZHANG et al., 2014a).

Em estudo experimental envolvendo seres humanos exposto a uma temperatura de 41°C durante seis horas, foram observadas algumas alterações fisiológicas: diminuição do peso corporal, aumento da frequência cardíaca, aumento da pressão arterial, aumento da viscosidade sanguínea, aumento do colesterol plasmático, entre outros (KEATINGE et al., 1986a)

1.4 Doenças crônicas não transmissíveis

As DCNT são caracterizadas por um conjunto de agravos que não possuem envolvimento com agentes infecciosos no curso da doença. As principais DCNT são as DCV, diabetes mellitus, câncer e doenças respiratórias crônicas (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011a). Em 2005, as DCNT contabilizaram 80% do total de óbitos ocorridos nos países de baixa e média renda, em contraste com 20% do total de óbitos a elas atribuídos nos países desenvolvidos. Fato que interrompe o pensamento que associava as DCNT aos países ricos e as doenças infecciosas aos países menos favorecidos (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 2005).

Em 2007, as DCNT representaram aproximadamente 72% das mortes no Brasil. Em contrapartida, as doenças infecciosas contabilizaram 10% e os distúrbios maternos- infantis 5% (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2009). Com o aumento da expectativa de vida, as DCNT passaram a predominar nas estatísticas obituárias, especialmente se comparadas com as doenças infecciosas que apresentaram significativo declínio desde 1930, quando correspondiam a 46% das mortes nas capitais brasileiras (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2009).

Em 2012, as DCNT foram responsáveis por 38 milhões das 56 milhões de mortes no mundo. Mais de 40% dessas foram mortes prematuras antes do 70 anos de idade, sendo que 82% destas ocorreram em países de baixa e média renda. Entre os anos de 2011 e 2015 estima-se perdas econômicas ocasionadas pelas DCNT's da ordem de 7 trilhões de dólares em países de baixa e média renda, montante superior ao custo de implementação de um conjunto de intervenções de alto impacto para redução da carga da doença (WHO, 2014b).

A co-existência de três das DCNT (diabetes, doença cardíaca e acidente vascular encefálico) gera consequências no ambiente laboral e domiciliar, com diminuição da produtividade no trabalho e da renda familiar, o que terá resultado em uma perda de US\$ 4,18 bilhões entre os anos de 2006 e 2015 no Brasil (ABEGUNDE et al., 2007).

As DCNT são geralmente tardiamente diagnosticadas, quando o indivíduo já foi exposto aos diversos fatores de risco e conviveu com a forma assintomática da doença. Assim, suas complicações podem culminar em um primeiro desfecho fatal, como ocorre com o IAM e com o acidente vascular encefálico (AVE) (LESSA, 2004).

A DCV é a maior causa de óbito entre as DCNT e seus fatores causais são amplamente conhecidos (SANTOS FILHO; MARTINEZ, 2002). As mudanças dos padrões de morbimortalidade por DCV alteram os desafios para os gestores de saúde. As DCV podem causar o óbito na primeira ocorrência ou culminar em casos graves seguidos por internações hospitalares. No Brasil, contabilizaram 1.157.509³ internações por DCV e um custo global de R\$ 1.466.421.385,12³ no ano de 2007 .

Entre os anos de 1980 e 2006, o estado do Rio de Janeiro e sua capital, obtiveram as mais elevadas taxas ajustadas e compensadas de mortalidade por doenças do aparelho circulatório e cerebrovascular comparados com os estados de São Paulo e Rio Grande do Sul (SOARES et al., 2010).

1.5 Fatores de risco para doença cardiovascular: doença cardíaca isquêmica

O impacto dos fatores de proteção e de risco associados às DCNT é perceptível nas taxas de mortalidade atribuíveis e preveníveis. Mais de 300 fatores de risco têm sido

³ Fonte: Ministério da Saúde - Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS)
<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/miuf.def>

relacionados às DCV, embora um grupo reduzido de fatores explicam sua amplitude epidemiológica e a carga global da doença (PRASAD et al., 2010).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, a hipertensão arterial é o principal fator de risco para DCV, totalizando 7,5 milhões de mortes/ano, seguida pelo tabagismo, inatividade física, sobrepeso/ obesidade, hipercolesterolemia e consumo de álcool. O consumo insuficiente de frutas, verduras e legumes contribui com um terço das doenças isquêmicas do coração e cerca de 20% dos cânceres gastrointestinais. Paralelamente, a prática regular de atividade física reduz o risco para as DCV (PRASAD et al., 2010; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011a).

No cenário nacional, o Ministério da Saúde considera como fator de risco para a DCV: história familiar prévia de doença arterosclerótica prematura - familiar de primeiro grau com idade inferior a 55 anos para o sexo masculino e inferior a 65 anos para o sexo feminino, o de tabagismo, idade - superior a 45 anos para homens e superior a 55 anos para mulheres, hipercolesterolemia, hipertensão arterial sistêmica, diabetes mellitus, obesidade, gordura abdominal, sedentarismo, dieta pobre em frutas e vegetais, estresse psico-social, entre outros. (MINISTÉRIO DA SAÚDE; SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE. DEPARTAMENTO DE ATENÇÃO BÁSICA, 2006).

A partir de 2006, dados sobre fatores de risco de DCNT são monitorados através do Sistema Nacional de Vigilância de Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (Vigitel), o qual possui periodicidade anual e engloba a população adulta com idade igual ou superior a 18 anos nas 26 capitais dos estados e no Distrito Federal (MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE, 2013). Dados do Vigitel referentes ao ano de 2013 mostraram que a prevalência de hipertensão arterial sistêmica variou entre as 27 cidades estudadas, sendo maior na cidade do Rio de Janeiro e menor em Palmas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2014).

1.5.1 Fatores de risco não modificáveis

Os fatores de risco não modificáveis correspondem àqueles que influenciam a DCV, porém não são passíveis de intervenção. São relacionados ao perfil de cada indivíduo, com

destaque para a idade, sexo, hereditariedade, raça e aspectos intra-uterinos (PERDIGÃO, 2011; SANTOS et al., 2011).

Com o envelhecimento da população, há maior tempo de exposição a fatores de risco cardiovascular (PRASAD et al., 2010; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011b). Além disso, a idade avançada está relacionada a modificações anatômicas e hemodinâmicas do sistema cardiovascular, como a degeneração do colágeno, a perda da elastina, o espessamento da camada média e a redução da complacência vascular (SANTOS et al., 2011).

O risco para as DCNT tende a aumentar com a idade. Um estudo realizado na cidade de Maringá, verificou que o risco para as DCNT tende a aumentar na faixa etária de 50-59 anos e de 60 anos ou mais, sendo que os indivíduos de idade igual ou superior a 60 anos, obtiveram 4,82 vezes mais chance de apresentarem DCNT (ROCHA-BRISCHILIARI et al., 2014).

O sexo masculino apresenta maior risco à DCV, porém o sexo feminino tende a se igualar quando perdem o efeito protetor estrogênico durante a menopausa (SANTOS et al., 2011). Com a queda dos níveis plasmáticos de estrogênio, há diminuição dos fatores relaxadores endoteliais (MELO et al., 2014).

A hereditariedade é um fator contribuinte para o desenvolvimento da DCV (SILVA et al., 2014). Estudo de hereditariedade com abordagem genética mostrou que um grupo de indivíduos possuíam como causa da hipercolesterolemia uma mutação genética que codificava o gene das lipoproteínas de baixa densidade (LDL), tornando-se um elevado fator de risco à DCV (COUTINHO et al., 2013). A história familiar de insuficiência coronária é um importante fator de risco para IAM (AVEZUM; PIEGAS; PEREIRA, 2005) .

A raça negra é associada a fator de risco cardiovascular pela alta prevalência e pior prognóstico da DCV, principalmente quando relacionada à hipertensão arterial, às complicações do acidente vascular encefálico e à insuficiência cardíaca (DRIES et al., 1999; RATHORE et al., 2003) . As desigualdades existentes entre as distintas raças e etnias e aos fatores que contribuem para a menor expectativa de vida nos negros comparada aos brancos podem estar atreladas ao pior prognóstico da DCV na raça negra (CARNETHON et al., 2006; FERGUSON et al., 1997).

Alguns aspectos de vida intra uterina são considerados fatores de risco para a DCV no âmbito que alterações ocorridas no período pré-natal predisponham a ocorrência da doença na vida adulta. A hipertensão arterial no adulto pode estar associada à aspectos intra uterino como o aumento da pressão arterial materna e a desnutrição fetal (OSMOND; BARKER,

2000). Outros fatores preditores ao desenvolvimento precoce da DCV no adulto são o peso ao nascer e características da genitora, como ganho de peso em excesso durante a gestação (KANDADI et al., 2013; MCCLURE et al., 2013), diabetes gestacional, tabagismo e alimentação inadequada (KELISHADI; POURSAFA, 2014).

1.5.2 Fatores de risco modificáveis

São denominados fatores de risco modificáveis os hábitos e comportamentos que possam repercurtir no metabolismo e para o desenvolvimento da DCV, entre eles, a obesidade e o sobrepeso, o tabagismo, o sedentarismo, a dieta pobre em vegetais e frutas e o uso de álcool. Estes podem influenciar diretamente os fatores de risco metabólicos, como a hipertensão arterial, o diabete mellitus e a dislipidemia (BOTREL et al., 2000; MINISTÉRIO DA SAÚDE; SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE. DEPARTAMENTO DE ATENÇÃO BÁSICA, 2006).

A relação entre o grau de obesidade e a incidência de DCV tem sido amplamente descrita na literatura (HUBERT et al., 1983; LEE et al., 1993; MANSON et al., 1990). Já são conhecidas as alterações metabólicas e pressóricas associadas à obesidade e gordura visceral (JULIUS; VALENTINI; PALATINI, 2000). Um estudo brasileiro de revisão sistemática com o objetivo de conhecer a prevalência da exposição da população aos principais fatores de risco para o desenvolvimento de doenças crônicas no país, mostrou variação na prevalência de excesso de peso de 1,5% a 52% entre as mulheres e de 7,7% a 47% entre os homens (CASADO; VIANNA; THULER, 2009). O excesso de tecido adiposo induz uma alteração na produção de adipocinas, aumentando a produção de adipocinas inflamatórias e consequente estado inflamatório crônico no organismo, concomitante com resistência insulínica e disfunção endotelial (IKEOKA; MADER; PIEBER, 2010). Um estudo realizado na cidade de Campos, no Rio de Janeiro, mostrou que indivíduos com obesidade e/ou gordura abdominal apresentavam maior prevalência para hipertensão arterial, diabetes e dislipidemia em relação aos pacientes eutróficos (SOUZA et al., 2003).

O consumo do tabaco é um fator de risco para seis das oito causas principais de morte no mundo: doenças cardíacas isquêmicas, acidentes vasculares cerebrais, infecções das vias aéreas inferiores, doença pulmonar obstrutiva crônica, tuberculose e cânceres de pulmão, traqueia e

brônquio (OLIVEIRA; VALENTE; LEITE, 2008). Grande parte dos indivíduos que fumam continuam com o hábito do tabaco após a ocorrência do infarto agudo, expondo-se a um risco 50% maior de recorrência de eventos coronarianos (KIM et al., 2013). Estudo transversal realizado na cidade de São Paulo que avaliou a prevalência da dependência da nicotina através do questionário de Fagerstrom (FAGERSTRÖM, 1978) em pacientes com síndrome coronariana aguda, mostrou que 35,2% dos fumantes possuíam elevado grau de dependência a nicotina e 33% tinham dependência muito elevada (BRUNORI et al., 2014). Pacientes com doenças crônicas associadas apresentam maior interesse em receber tratamento para o tabaco do que aqueles que possuem somente uma doença crônica (CAMPOS et al., 2014).

O sedentarismo associado à dieta pobre em frutas e vegetais influencia nos níveis de triglicérides e lipoproteína de baixa densidade (LDL-c) no sangue. Assim, a inatividade física é um fator de risco comportamental para dislipidemia, hiperglicemias e insulinemia (NAKASHIMA et al., 2007). Indivíduos ativos tem menos chance de apresentar valores indesejáveis de lipoproteína de alta densidade (HDL-c) (ROMERO et al., 2013), sendo a atividade física recomendada para a prevenção de DCV primária e secundária (EVENSON; BUTLER; ROSAMOND, 2014).

O uso de álcool e a ocorrência de DCV é controverso. Embora estudos mostrem que existam efeitos benéficos do uso moderado do álcool (CORRAO et al., 2000; LIMA; KERR-CÔRREA; REHM, 2013), outros mostram que há maior risco de doença coronariana relacionado ao seu nível e consumo (MCKEE; BRITTON, 1998; PUDDEY et al., 1999).

A hipertensão arterial sistêmica é uma das mais importantes causas preveníveis de mortes no mundo (MACKAY; MENSAH, 2004). Ela é a principal causa de DCV precoce (KANNEL, 2000), determinando 7,5 milhões de mortes em todo o mundo (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2009). A pressão arterial sistólica menor que 140 mmHg é associada a menor risco para DCV, acidente vascular encefálico e mortalidade por todas as causas (BANACH et al., 2014).

A associação da resistência insulínica com a hiperglicemias aumenta o risco de DCV e insuficiência cardíaca (ZHANG, 2014). A carga de mortalidade atribuída ao diabetes quando padronizada por idade e gênero em indivíduos com a doença foi 57% maior que na população geral (SCHMIDT et al., 2011). A DCV é a principal causa de morte em pacientes com diabetes mellitus (VIANA; RODRIGUEZ, 2011).

O processo aterosclerótico é agravado pela hipercolesterolemia e hiperglicemias, através do transporte do colesterol proveniente do fígado, pelas proteínas de baixa densidade,

para os tecidos periféricos. A aterosclerose é uma doença decorrente de múltiplos fatores que ocorre em resposta a agressão endotelial na camada íntima das artérias (XAVIER et al., 2013). O acúmulo de lipoproteínas ricas em colesterol no compartimento plasmático ocasiona a hipercolesterolemia. Vários estudos mostram a relação da hipercolesterolemia e mortes por doenças cardíacas (COELHO; ROMANO, 2014; FROSTEGÅRD, 2013; ROSSOUW; LEWIS; RIFKIND, 1990; WONG; WILSON; KANNEL, 1991). Entretanto, estudo recente mostrou que quando os níveis de LDL-c são controlados, há prevalência de dislipidemia aterogênica naqueles pacientes com maior risco cardiovascular. (PLANA et al., 2014).

1.5.3 Fatores socieconômicos e ambientais

Existem alguns fatores sociais e econômicos que influenciam a saúde geral e os desfechos cardiovasculares (SOARES et al., 2013; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011b). A associação entre a ocorrência de evento cardiovascular e fatores socioeconômicos é inversa, com destaque para a escolaridade (ISHITANI et al., 2006). A renda elevada e o nível superior de escolaridade são fatores de proteção para evento cardiovascular (PIEGAS et al., 2003).

As características socioeconômicas dos indivíduos podem condicionar exposições que poderão afetar seu estilo de vida, influenciar o seu estado de saúde, suas decisões no contexto ao cuidado da saúde e quanto ao acesso aos serviços. No âmbito das características individuais que podem afetar os cuidados à saúde, existem os fatores de predisposição e os capacitantes. Os fatores de predisposição referem-se ao nível educacional e cultural, ocupação, etnias, redes sociais e familiares, enquanto os fatores capacitantes, referem-se aos meios necessários para o indivíduo ter acesso aos serviços de saúde, seja devido à localização de sua residência ou capacidade de pagar pelo mesmo (SOUZA, 2013) .

Um estudo português com 21.807 indivíduos avaliou as distribuições das doenças cardiovasculares de acordo com o nível socioeconômico da população. Entre os grupos com DCV verificou-se maior frequência para o AVC e DCI (37,31% e 34,26%, respectivamente). As DIC's, a hipertensão arterial, o AVE, o diabetes mellitus, a obesidade e o sedentarismo foram associados aos níveis socioeconômicos mais baixos, enquanto o tabagismo está relacionado a níveis mais elevados (RIBEIRO; FURTADO; PEREIRA, 2013).

A poluição do ar e as mudanças climáticas são fatores ambientais que comprometem a saúde cardiovascular. A atmosfera poluída é composta por material particulado (PM), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃), dióxido de nitrogênio (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂), entre outros. As partículas em suspensão podem variar na composição química e no tamanho, além de estarem associadas a eventos respiratórios, estão também associadas a incidência de doenças cardiovasculares agudas, como IAM, acidente vascular encefálico, insuficiência cardíaca, fibrilação atrial e arritmia cardíaca (PETERS et al., 2000).

Os poluentes atmosféricos agem no sistema circulatório por diversos caminhos. Múltiplos mecanismos tem sido relatados para associar a poluição do ar e comprometimentos cardiovasculares, como indução inflamatória sistêmica, estresse oxidativo, aumento da coagulação sanguínea e desequilíbrio vascular (KAMPFRATH et al., 2011). O ozônio tem alto poder oxidativo, desencadeando no corpo humano uma resposta inflamatória que transmite aumento do estresse oxidativo sistêmico. (UZOIGWE et al., 2013). O dióxido de nitrogênio aumenta o metabolismo lipídico aterogênico. O dióxido de enxofre é relacionado com o aumento da viscosidade sanguínea. O monóxido de carbono age provocando hipoxia tecidual devido a produção de carboxihemoglobina (UZOIGWE et al., 2013).

As mudanças climáticas relacionadas ao aumento da temperatura atmosférica e seu impacto na população não é um problema mundial recente (LEVICK, 1859). Em 1694, foram documentados diversos agravos devido ao calor; em 1743, em Pequim, 11 mil pessoas faleceram devido a uma onda de calor que durou 10 dias. Em agosto de 2003 na Europa, morreram 40 mil pessoas devido a uma onda de calor, fato que ganhou especial atenção pública e dos governantes (BROWN; FEARN; WELLS, 2010; LE TERTRE et al., 2006; SARDON, 2007).

A geração de energia a partir de combustíveis fósseis para transportes e setores de agricultura e mineração aumentam a capacidade de retenção de calor na atmosfera, resultando no aquecimento global. Além disso, o desmatamento e saturação oceano têm adicionado ao efeito estufa, reduzindo a capacidade de ambientes terrestres e marinhos para absorver dióxido de carbono da atmosfera (MCMICHAEL, 2013).

A urbanização é um fator importante para explicar alterações climáticas com impacto no excesso de mortes ou de adoecimento. A mortalidade devido ao calor é observada em locais com urbanização relativamente mais elevada e com alto custo de vida. Um estudo realizado em cinco cidades do Canadá entre os anos de 1980 e 1996 observou que a

mortalidade em idosos acima de 64 anos de idade foi significativamente mais alta em dias de calor e predominou nas cidades mais urbanizadas (SMOYER; RAINHAM; HEWKO, 2000).

A associação entre agravos à saúde e as variáveis atmosféricas é complexa. A associação entre eventos climáticos e doenças ocorrem em diversos países pelo mundo, nas diferentes latitudes, mas variam em intensidade, dependendo das características do clima local. As pesquisas apontam maior vulnerabilidade das populações pobres aos impactos atmosféricos extremos, seja frio ou calor, levando em consideração que as habitações precárias não protegem das condições adversas do ambiente atmosférico, levando a uma maior incidência de doenças.

2.0 JUSTIFICATIVA

As projeções globais para as próximas décadas prevêem que as mudanças climáticas e os aumentos térmicos continuarão a ocorrer e afetarão a saúde das populações (DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, 2010). Concomitante às alterações térmicas, a população mundial está em constante crescimento. A atual população mundial de 7,2 bilhões de pessoas chegará a 9,6 bilhões em 2050, refletindo no acréscimo da proporção de residências urbanas (em aproximadamente 18% ao longo dos próximos 40 anos) (SOLOMON S, 2007).

O Rio de Janeiro é a segunda maior cidade do país, com aproximadamente 6,4 milhões de habitantes e densidade populacional de 5.376 habitantes por quilômetros quadrados. Seu clima tropical úmido confere dias quentes e úmidos durante o verão e inverno suave. Os moradores são regularmente expostos a altas temperaturas durante todo o ano, se tornando uma cidade atraente para pesquisar os efeitos do calor nas internações hospitalares.

As DCNT foram responsáveis por 68% (38 milhões) do total de óbitos no mundo em 2012, com a maioria dos óbitos prematuros ocorridos em países de média e baixa renda (WHO, 2014b). Há uma previsão para um aumento de doenças isquêmicas cardíacas de 120% para as mulheres e 137% para os homens em países em desenvolvimento. Em 2001, as doenças cardiovasculares representavam 31% das causas de morte na América Latina e Caribe e a previsão para 2020 é de chegar aos 38% (AVEZUM; MAIA; NAKAZONE, 2012).

O aumento térmico provoca no corpo humano uma sudorese severa, ocasionando redução do volume plasmático e diminuição da pressão arterial. Concomitante, há aumento da viscosidade sanguínea, da concentração de colesterol e do número de hemácias e plaquetas. A redução do fluxo nas artérias e o aumento da concentração de plaquetas na presença do colesterol facilitam o surgimento de trombos que interrompem o fluxo sanguíneo e podem causar uma doença cardíaca isquêmica (KEATINGE et al., 1986b).

No Brasil, no ano de 2012, o quantitativo de AIH gerais aprovadas ultrapassaram 11 milhões. Na região sudeste do país, 4.563.179 AIH's aprovadas foram geradas, sendo 688.578 do Estado do Rio de Janeiro no mesmo ano. Na cidade do Rio de Janeiro, em 2010, o valor total dispensado para internações hospitalares foi da ordem de 264 milhões de reais⁴.

⁴ SIH-SUS – Autorizações de Internação Hospitalar – Sistema de Informação Hospitalar

Com o aumento e envelhecimento da população mundial, dos conglomerados urbanos e dos eventos de extremas térmicas, o número de internações hospitalares por doenças cardiovasculares tende a aumentar; O aumento da ocorrência de mortes em populações susceptíveis, a ocorrência do excesso de internações hospitalares por doenças cardiovasculares e os gastos públicos com as mesmas justificam o presente estudo. O estudo poderá contribuir para a formulação de políticas públicas específicas no âmbito da prevenção de comprometimentos cardiovasculares devido a altas temperaturas e embasará outras pesquisas com a mesma temática.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Analisar a associação entre a temperatura atmosférica e internações hospitalares por doenças cardíacas isquêmicas no município do Rio de Janeiro.

3.2 Objetivos Específicos

Analisar a associação entre temperaturas atmosféricas média e máxima e internações por doenças cardíacas isquêmicas.

Analisar a associação entre temperaturas atmosféricas média e máxima e internações por doenças cardíacas isquêmicas estratificando por faixa etária

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Desenho

O estudo dos efeitos do aumento da temperatura atmosférica nas internações hospitalares por doenças cardíacas isquêmicas foi realizado através de um desenho de estudo ecológico, de séries temporais, adequado para estudar eventos que possuam uma sequência de dados regulares no tempo durante um determinado período (EVERITT; SKRONDAL, 2010).

A série temporal é composta pela tendência e sazonalidade. A tendência descreve o comportamento da variável a longo prazo, com o objetivo de avaliar seu comportamento para utilizá-lo em previsões. As variações sazonais são oscilações a curto prazo, que ocorrem sempre dentro do ano e se repetem ano após ano. Os índices sazonais modificam a tendência, ao serem somados (modelo aditivo) ou multiplicados por ela (LATORRE; CARDOSO, 2001).

4.2 População de estudo e período

A população de estudo foi constituída pelos residentes do município do Rio de Janeiro que utilizaram o serviço de internação em hospitais da rede conveniada ao SUS, com idade superior a 30 anos, no período de 2009 a 2013.

4.3 Dados

Foram utilizados dados de internação hospitalar extraídos da Autorização de Internação Hospitalar disponíveis no Departamento de Informática do SUS - DATASUS. O fluxo nacional para geração desse documento obedece as seguintes etapas: as AIH's são informadas mensalmente por todos os estabelecimentos de saúde públicos, conveniados e contratados que realizam internações hospitalares para seus respectivos municípios e estados;

e após análise, são repassadas para o DATASUS com o objetivo de resarcimento das despesas do atendimento dos pacientes internados nos hospitais que fazem parte do SUS.

Foram incluídas as AIH's geradas e classificadas Capítulo IX (Doenças do Aparelho Circulatório) do Código Internacional de Doenças (CID-10), no subgrupo das doenças isquêmicas do coração (I20 a I25).

Foram utilizados dados diários de temperatura (máxima e média) e umidade relativa do ar diária fornecidos pelo Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), das subestações localizadas no Rio de Janeiro: Jacarepaguá, Santa Cruz, Antônio Carlos Jobim/ Galeão, Campo Délia Jardim de Mattos/ Afonsos e Santos Dumont. Foram também utilizados dados de poluição do ar (concentração de PM₁₀ e O₃) fornecidos pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC), das subestações: Centro, Tijuca, Copacabana, São Cristóvão, Irajá, Bangu, Campo Grande e Pedra de Guaratiba.

4.4 Análise Estatística

Para análise dos efeitos do aumento da temperatura atmosférica nas internações hospitalares por doenças cardíacas isquêmicas foi utilizado o software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015) e a biblioteca *ares* (JUNGER, 2008), a qual constitui uma coleção de funções computacionais para análise de séries temporais.

Utilizamos a análise descritiva para avaliar a taxa de internações hospitalares e a variável explicativa através das correlações lineares de Pearson. A análise dos dados foi realizada por meio de regressão de Poisson semiparamétrica via modelos aditivos generalizados (HASTIE; TIBSHIRANI, 1990), no qual o número diário de internações hospitalares por DIC constituiram a variável dependente. Para o indicador de exposição foram utilizados as temperaturas média e máxima, e para variável de confusão, a concentração de poluentes atmosféricos e umidade relativa do ar. Além da análise para internações por DIC, foi realizada estratificação por faixa etária (30 a 60 anos, 60 anos ou mais).

A estratégia de análise consistiu em modelar a tendência e sazonalidade da série por meio de funções *splines*; os dias da semana e feriados por meio de variáveis indicadoras; as concentrações de poluentes atmosféricos e umidade relativa do ar por funções *splines*

(GOULD, 1993). Para avaliar a inclusão ou exclusão de termos no modelo e a qualidade de ajuste no modelo final foram utilizados diagnósticos usuais em análise de regressão.

Para cada desfecho foi criado um modelo de linha base incluindo os fatores de confusão conhecidos e disponíveis para a associação entre admissão hospitalares por DIC e temperatura atmosférica: o PM₁₀, ozônio e umidade relativa do ar. Para o PM₁₀ e umidade relativa do ar foram utilizadas as médias diárias em µg/m³ e %, respectivamente. Para o O₃, foi utilizada a média diária calculada através de seus valores horários.

Os feriados não significativos estatisticamente foram retirados do modelo e produzidos gráficos dos resíduos suavizados contra as variáveis PM₁₀, umidade relativa do ar e ozônio, com uma spline com 4 graus de liberdade para avaliar as melhores formas de representar as variáveis de confundimento no modelo, visando explicar a variabilidade do número diário de internações por doenças cardíacas isquêmicas.

Uma vez definido o modelo de linha de base, foram estimados os efeitos das temperaturas nas internações hospitalares gerais, incluindo um modelo de defasagem simples e um modelo de defasagem distribuída polinomial. No modelo de defasagem simples, utilizou-se defasagem de 0 a 7 dias e no modelo de defasagem distribuída polinomial foi estabelecido defasagem 5 dias. Ambos utilizaram 1 grau na variação das temperaturas para cálculo dos riscos relativos.

4.5 Aspectos Éticos:

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa do Instituto de Medicina Social da Universidade do Estado do Rio de Janeiro e aprovado sob o número do parecer 624.863.

5 RESULTADOS

Os quantitativos de internações hospitalares diárias estratificadas por faixa etária e sexo estão resumidos na Tabela 1. Entre os anos de 2009 e 2013 foram totalizadas 18.168 internações por DIC, sendo 6.855 (37,73%) do sexo feminino e 11.313 (62,27%) do sexo masculino. A média diária das internações foi de 9,94; de internações do sexo feminino e masculino foram, respectivamente, 3,84 e 6,17.

O número de internações por faixa etária foi 7.466 (41,09%) para indivíduos entre 30 e 60 anos, 10.702 (58,91%) para 60 anos ou mais de idade.

Tabela 1 - Resumo das estatísticas de internação hospitalar por doença cardíaca isquêmica no Rio de Janeiro, 2009-2013

	Total de internações		Internações diárias	
	Número	%	Média	Desvio-padrão
Total	18.168		9,9496	4,86
Sexo				
Feminino	6.855	37,73	3,8472	2,3660
Masculino	11.313	62,27	6,1725	3,4557
Idade				
30 – 60	7.466	41,09	4,0887	2,5661
≥60	10.702	58,91	5,8608	3,2580

A Tabela 2 corresponde às estatísticas dos fatores climáticos e da poluição do ar. Durante o período de 2009 a 2013, a concentração média diária de PM₁₀ e O₃ foi de 36,86 e 44,18 µg/m³, respectivamente. A média e máxima diária da temperatura média foi de 23,9°C e 32,2°C respectivamente; a média e a máxima da temperatura máxima foram 28,6°C e 40,2°C. A média e a máxima umidade relativa do ar foram 77,39% e 94,00%, remetendo ao clima tropical da cidade do Rio de Janeiro.

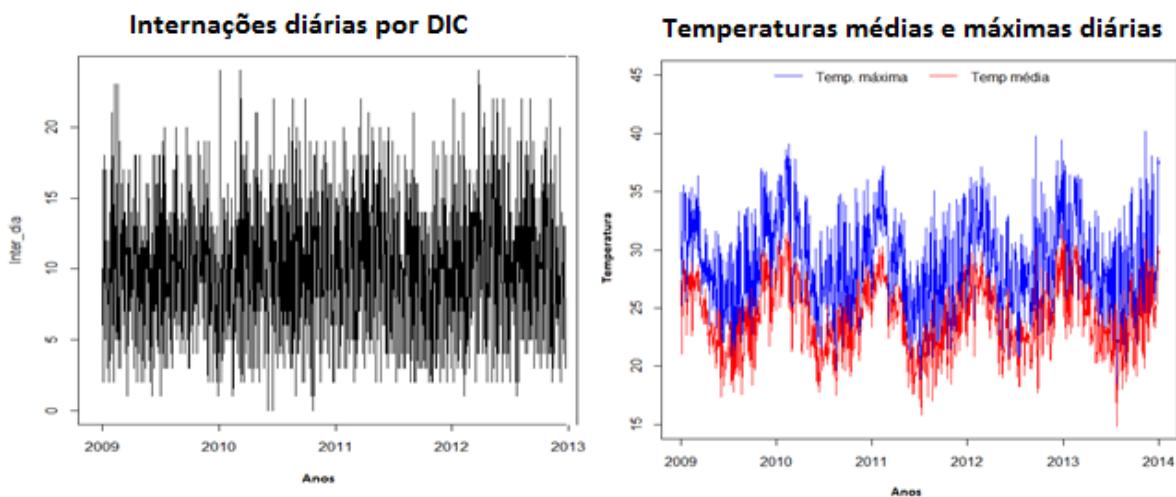
Tabela 2 - Resumo das medidas diárias dos fatores climáticos e concentração de poluentes do ar no Rio de Janeiro, 2009-2013

	Média	Desvio-padrão	Min	P(25)	Mediana	P(75)	Max
Poluentes Atmosféricos							
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	36.86	15.67	5.09	25.63	33.70	44.82	108.90
O ₃	44.18	20.86	0.21	29.62	40.81	55.65	149.06
Fatores Climáticos							
Temperatura média (°C)	23.9	2.9	14.8	21.7	23.8	26.2	32.2
Temperatura máxima (°C)	28.6	3.9	16.8	25.8	28.4	31.4	40.2
Umidade relativa (%)	77.39	7.27	51.20	72.80	78.00	82.40	94.00

Min: valores mínimos para os poluentes atmosféricos e fatores climáticos; Max: valores máximos para os poluentes atmosféricos e fatores climáticos; P(25): percentil 25; P(75): percentil 75

As internações hospitalares diárias por doenças cardíacas isquêmicas e as oscilações diárias da temperatura atmosférica máxima e média estão apresentadas na Figura 2, evidenciado a sazonalidade.

Figura 2 - Internações hospitalares por doenças cardíacas isquêmicas e oscilações da temperatura atmosférica



As estimativas dos riscos relativos percentuais para as diferentes exposições de temperatura média e máxima utilizando o modelo de defasagem simples e polinomial para as internações por DIC estão representadas na Tabela 3 e 4, respectivamente.

No modelo de defasagem simples foram encontradas associações estatisticamente significativas para as internações por DIC no dia concorrente a exposição ao calor, tanto para a temperatura média quanto para a máxima. No modelo de defasagem distribuída polinomial essa associação foi observada com 1 e 2 dias de defasagem e no efeito acumulado tanto para a temperatura média quanto para a máxima.

Tabela 3 - Riscos relativos percentuais para diferentes exposições de temperatura máxima e temperatura média utilizando o modelo de defasagem simples para as internações hospitalares por DIC.

	RR %	IC (95%) RR%	p- valor
Temperatura média			
No dia concorrente	1.18	(0.16 ; 2.21)	0.0225
Defasagem de 1 dia	0.60	(-0.21; 1.43)	0.1483
Defasagem de 2 dias	0.23	(-0.53; 1.01)	0.5508
Defasagem de 3 dias	-0.19	(-0.95; 0.56)	0.6137
Defasagem de 4 dias	-0.35	(-1.10; 0.41)	0.3633
Defasagem de 5 dias	-0.02	(-0.77; 0.74)	0.9626
Defasagem de 6 dias	0.19	(-0.56; 0.95)	0.6185
Defasagem de 7 dias	0.33	(-0.41; 1.08)	0.3856
Temperatura máxima			
No dia concorrente	0.74	(0.01; 1.49)	0.0499
Defasagem de 1 dia	0.37	(-0.14; 0.90)	0.1576
Defasagem de 2 dias	0.15	(-0.31; 0.63)	0.5105
Defasagem de 3 dias	-0.23	(-0.69; 0.22)	0.3141
Defasagem de 4 dias	-0.30	(-0.76; 0.15)	0.1851
Defasagem de 5 dias	0.04	(-0.41; 0.50)	0.8452
Defasagem de 6 dias	0.17	(-0.28; 0.62)	0.4670
Defasagem de 7 dias	0.16	(-0.28; 0.61)	0.4727

RR %: risco relativo percentual; IC (95%) RR%: intervalo de confiança 95% do risco relativo percentual;

No modelo de defasagem simples, as temperaturas média e máxima foram estatisticamente significativas para exposição em dia concorrente com o da internação, com p-valor igual a 0,02 e 0,04. O aumento no risco relativo percentual para as internações diárias de DCI considerando a variação de 1 grau Celsius na temperatura média e máxima foram de 1,18% e 0,74%, respectivamente. O que significa que o aumento de 1 grau Celsius na temperatura média tem impacto de 1,18% nas internações hospitalares por DCI.

Tabela 4 - Riscos relativos percentuais para diferentes exposições de temperatura máxima e temperatura média utilizando modelo de defasagem polinomial para as internações hospitalares gerais por DIC.

	RR	IC (95%) RR%	p-valor
Defasagem de 5 dias			
Temperatura média			
No dia concorrente	0.56	(-0.28; 1.41)	0.1931
Defasagem de 1 dia	0.59	(0.10; 1.08)	0.0179
Defasagem de 2 dias	0.46	(0.06; 0.87)	0.0241
Defasagem de 3 dias	0.18	(-0.19; 0.56)	0.3381
Defasagem de 4 dias	-0.26	(-0.64; 0.13)	0.1918
Defasagem de 5 dias	-0.85	(-1.56; -0.14)	0.0190
Acumulado	0.68	(0.19; 1.79)	0.0062
Temperatura máxima			
No dia concorrente	0.36	(-0.11; 0.84)	0.1296
Defasagem de 1 dia	0.38	(0.085; 0.68)	0.0115
Defasagem de 2 dias	0.30	(0.04; 0.57)	0.0244
Defasagem de 3 dias	0.12	(-0.11; 0.36)	0.2957
Defasagem de 4 dias	-0.15	(-0.37; 0.67)	0.1751
Defasagem de 5 dias	-0.52	(-0.92; -0.13)	0.0100
Acumulado	0.50	(0.20; 0.80)	0.0010

RR %: risco relativo percentual; IC (95%) RR%: intervalo de confiança 95% do risco relativo percentual;

Os riscos relativos percentuais para internações por DIC considerando 1 grau Celsius na elevação da temperatura média e defasagem de 1 e 2 dias foram de 0,59% e 0,46%, respectivamente. Para o efeito acumulado da temperatura média, o risco relativo percentual foi de 0,68%. Para a temperatura máxima e defasagem de 1 e 2 dias, os riscos foram de 0,38% e 0,30%, respectivamente. Para o efeito acumulado da temperatura máxima, o risco relativo percentual foi de 0,50%. Para as temperaturas média e máxima na defasagem de 5 dias foi evidenciado um efeito inverso.

Nas Figuras 3 e 4, estão apresentados os gráficos com os efeitos das temperaturas estimados usando as abordagens de defasagem simples e o modelo de defasagem distribuída polinomial com 5 dias de defasagem.

Figura 3 - Gráficos das trajetórias dos riscos relativos estimados usando modelo de defasagem simples.

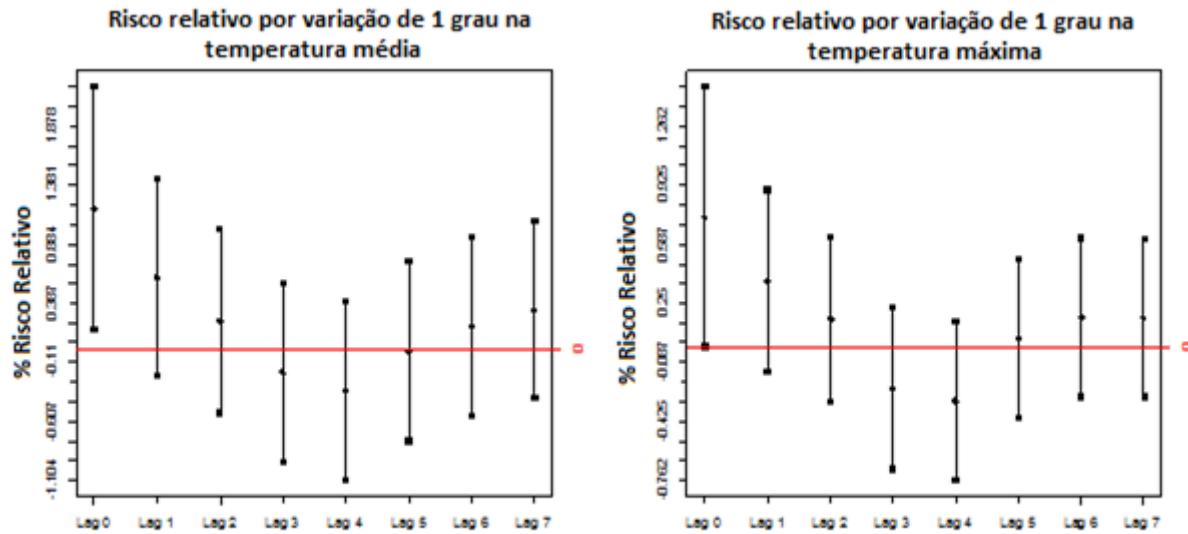
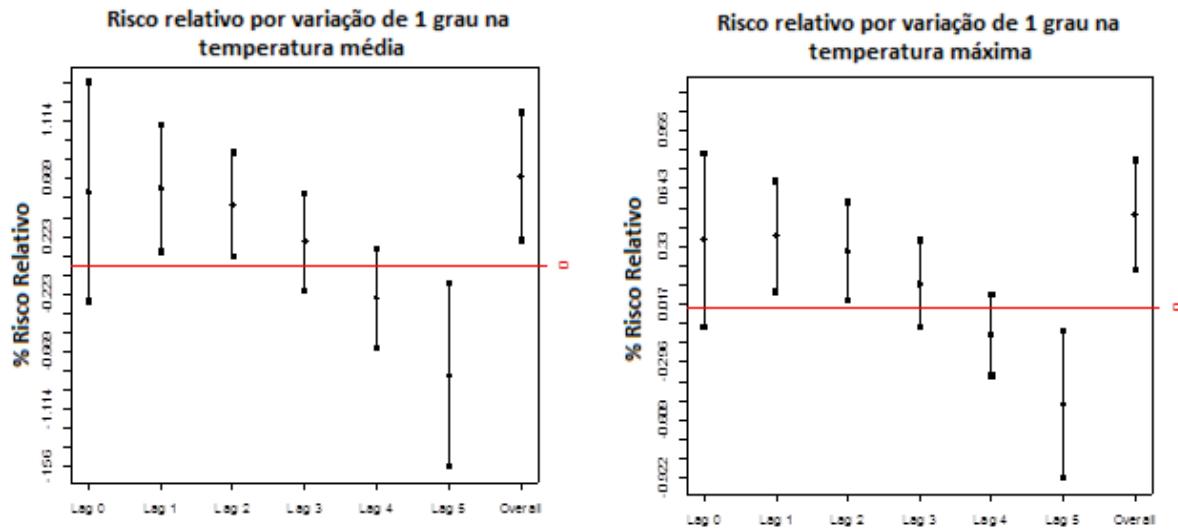


Figura 4 - Gráficos da trajetória dos riscos relativos estimados usando modelo de desafagem distribuída polinomial com 5 dias de defasagem.



Considerando a idade como fator de risco para DIC, foram realizadas estratificações em duas faixas etárias: maior ou igual a 30 anos e menor que 60 anos, e igual ou maior que 60 anos de idade. Através dos modelos de defasagens foram estimados os efeitos das

temperaturas sobre as internações hospitalares por DCI nas faixas etárias. As estimativas do modelo de defasagem simples e polinomial estão representadas na Tabela 5 e 6, respectivamente.

Tabela 5 - Riscos relativos percentuais de acordo com a faixa etária para diferentes exposições de temperatura média e temperatura máxima utilizando o modelo de defasagem simples

Idade	30 a 60 anos			60 anos ou mais		
	RR%	IC (95%) RR%	p-valor	RR%	IC (95%) RR%	p-valor
Temperatura média						
No dia concorrente	1.03	(-0.08; 2.16)	0.0703	0.46	(-0.54; 1.48)	0.3671
Defasagem de 1 dia	0.99	(-0.18; 2.19)	0.0968	0.26	(-0.72; 1.27)	0.5988
Defasagem de 2 dias	0.39	(-0.90; 1.71)	0.5482	0.46	(-0.50; 1.44)	0.3494
Defasagem de 3 dias	0.66	(-0.52; 1.86)	0.2751	-0.29	(-1.31; 0.74)	0.5798
Defasagem de 4 dias	0.56	(-0.53; 1.68)	0.3143	-0.67	(-1.57; 0.24)	0.1492
Defasagem de 5 dias	0.06	(-0.99; 1.13)	0.9080	-0.09	(-0.98; 0.81)	0.8443
Defasagem de 6 dias	-0.05	(-1.19; 1.00)	0.9187	0.18	(-0.71; 1.08)	0.6926
Defasagem de 7 dias	0.08	(-0.95; 1.13)	0.8787	0.39	(-0.49; 1.29)	0.3879
Temperatura máxima						
No dia concorrente	0.49	(-0.20; 1.21)	0.1639	0.23	(-0.43; 0.89)	0.4939
Defasagem de 1 dia	0.69	(-0.07; 1.46)	0.0761	0.11	(-0.57; 0.80)	0.7451
Defasagem de 2 dias	0.11	(-0.83; 1.07)	0.8085	0.43	(-0.22; 1.08)	0.1963
Defasagem de 3 dias	0.37	(-0.45; 1.21)	0.3724	-0.36	(-1.09; 0.37)	0.3278
Defasagem de 4 dias	0.54	(-0.20; 1.29)	0.1539	-0.66	(-1.24; 0.37)	0.0276
Defasagem de 5 dias	0.25	(-0.45; 0.99)	0.4863	-0.13	(-0.70; 0.44)	0.6528
Defasagem de 6 dias	0.22	(-0.45; 0.90)	0.5166	0.01	(-0.56; 0.58)	0.9770
Defasagem de 7 dias	0.09	(-0.57; 0.76)	0.7929	0.18	(-0.38; 0.76)	0.5206

RR %: risco relativo percentual; IC (95%) RR%: intervalo de confiança 95% do risco relativo percentual;

Tabela 6 - Riscos relativos percentuais para as faixas etárias para diferentes exposições de temperatura máxima e temperatura média utilizando o modelo de defasagem distribuída polinomial

Idade	30 a 60 anos			60 anos ou mais		
	RR%	IC(95%) RR%	p-valor	RR%	IC(95%) RR%	p-valor
Temperatura média						
No dia concorrente	-0.16	(-1.44; 1.13)	0.8046	0.44	(-0.66; 1.56)	0.4317
Defasagem de 1 dia	0.15	(-0.51; 0.82)	0.6483	0.58	(-0.01; 1.82)	0.0544
Defasagem de 2 dias	0.33	(-0.28; 0.95)	0.2899	0.49	(-0.01; 1.01)	0.0557
Defasagem de 3 dias	0.37	(-0.28; 1.02)	0.2645	0.18	(-0.33; 0.70)	0.4878
Defasagem de 4 dias	0.27	(-0.39; 0.92)	0.4290	-0.35	(-0.91; 0.20)	0.2083
Defasagem de 5 dias	0.02	(-1.07; 1.12)	0.9704	-1.11	(-2.06; -0.16)	0.0222
Acumulado	0.98	(0.31; 1.67)	0.0039	0.22	(-0.37; 0.82)	0.4608
Temperatura máxima						
No dia concorrente	0.18	(-0.51; 0.88)	6.1484e-01	0.15	(-0.45; 0.76)	0.6161
Defasagem de 1 dia	0.17	(-0.21; 0.56)	3.7850e-01	0.31	(-0.03; 0.66)	0.0764
Defasagem de 2 dias	0.17	(-0.28; 0.56)	4.0877e-01	0.31	(-0.02; 0.64)	0.0689
Defasagem de 3 dias	0.16	(-0.25; 0.57)	4.3706e-01	0.14	(-0.19; 0.47)	0.4215
Defasagem de 4 dias	0.16	(-0.25; 0.55)	4.3210e-01	-0.20	(-0.52; 0.13)	0.2329
Defasagem de 5 dias	0.15	(-0.49; 0.80)	6.4182e-01	-0.69	(-1.23; -0.16)	0.0107
Acumulado	0.99	(0.61; 1.39)	4.1498e-07	0.01	(-0.33; 0.36)	0.9495

RR %: risco relativo percentual; IC (95%) RR%: intervalo de confiança 95% do risco relativo percentual;

No modelo de defasagem simples para ambas as faixas etárias não foi observada significância estatística para a associação de exposição térmica e internações hospitalares por DIC.

No modelo de defasagem polinomial distribuída para a faixa etária de 30 a 60 anos, houve significância estatística para o efeito acumulado da temperatura média e máxima, com risco relativo igual a 0,98% e 0,99%, respectivamente.

Para 60 anos ou mais de idade, o modelo de defasagem distribuída polinomial apresentou correlação com a temperatura média, com 1 e 2 dias de defasagem, com p-valor 0,05 para ambos e risco relativo igual a 0,58% e 0,49%, respectivamente. Com 5 dias de defasagem foi evidenciado um efeito protetor para a temperatura média e máxima, com riscos relativos igual a -1,11% e -0,69%, respectivamente

Nas Figuras 5 a 8 estão apresentados os gráficos com os efeitos estimados das temperaturas nas internações hospitalares por DIC nas faixas etárias entre 30 a 60 anos e 60 anos ou mais de idade usando as abordagens de defasagem simples e o modelo de defasagem distribuída polinomial.

Figura 5 - Gráficos da trajetória dos riscos relativos estimados para a temperatura média e máxima usando o modelo de defasagem simples para a faixa etária de 30 a 60 anos.

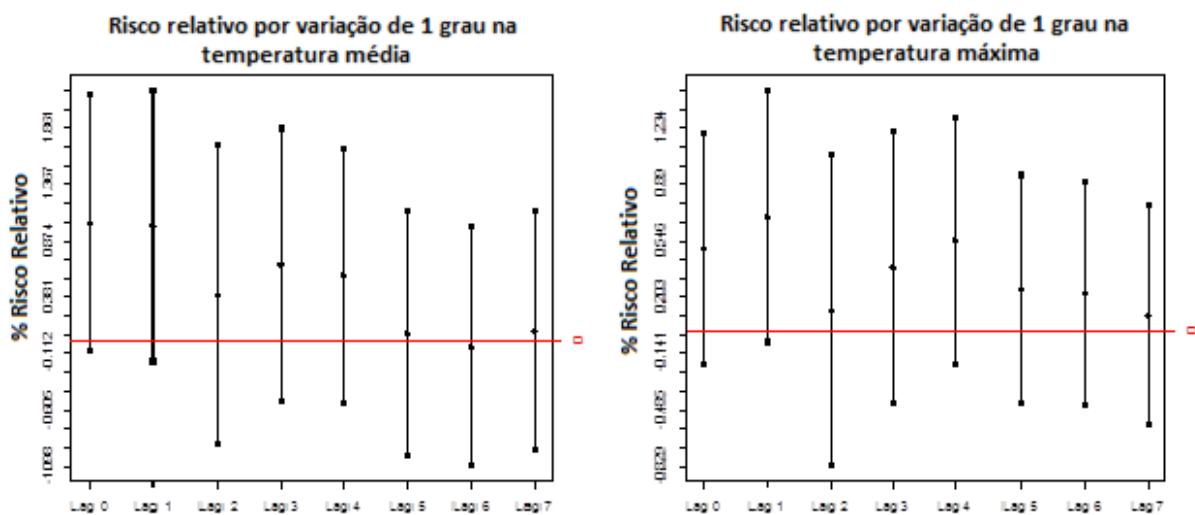


Figura 6 - Gráficos da trajetória dos riscos relativos estimados para a temperatura média e máxima usando o modelo de defasagem distribuída polinomial para a faixa etária de 30 a 60 anos.

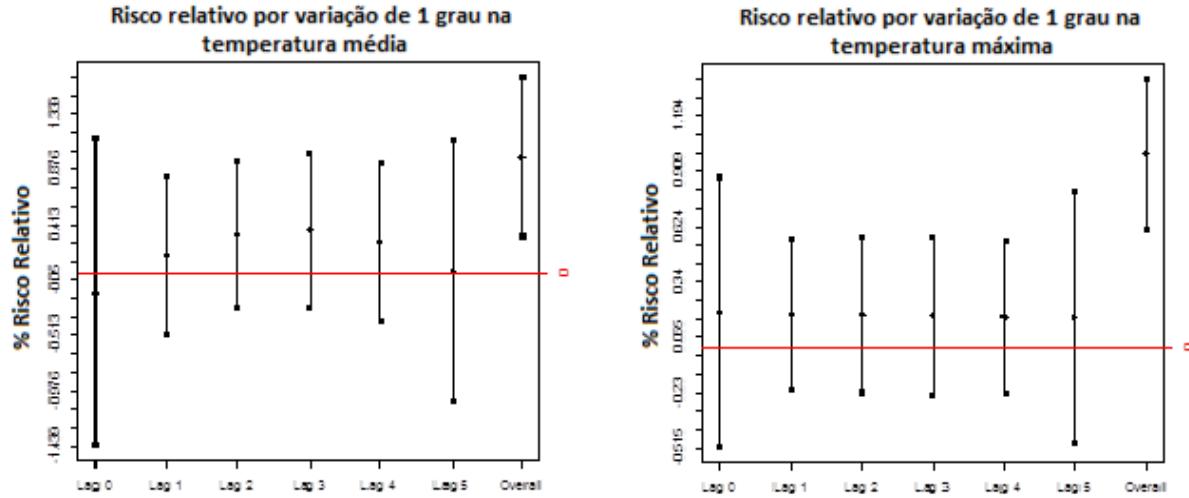


Figura 7 - Gráficos da trajetória dos riscos relativos estimados para a temperatura média e máxima usando o modelo de defasagem simples para a faixa etária de 60 anos ou mais.

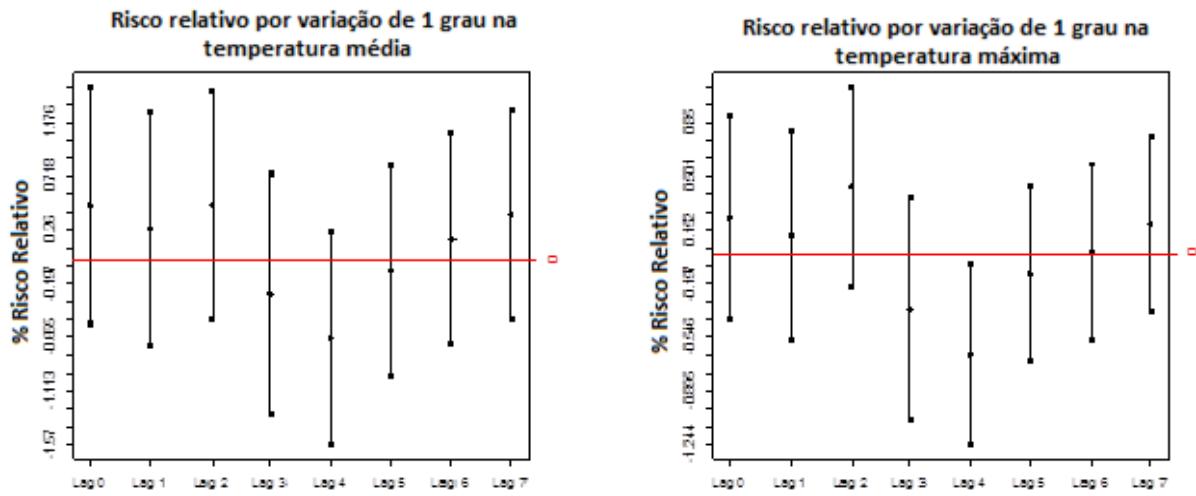
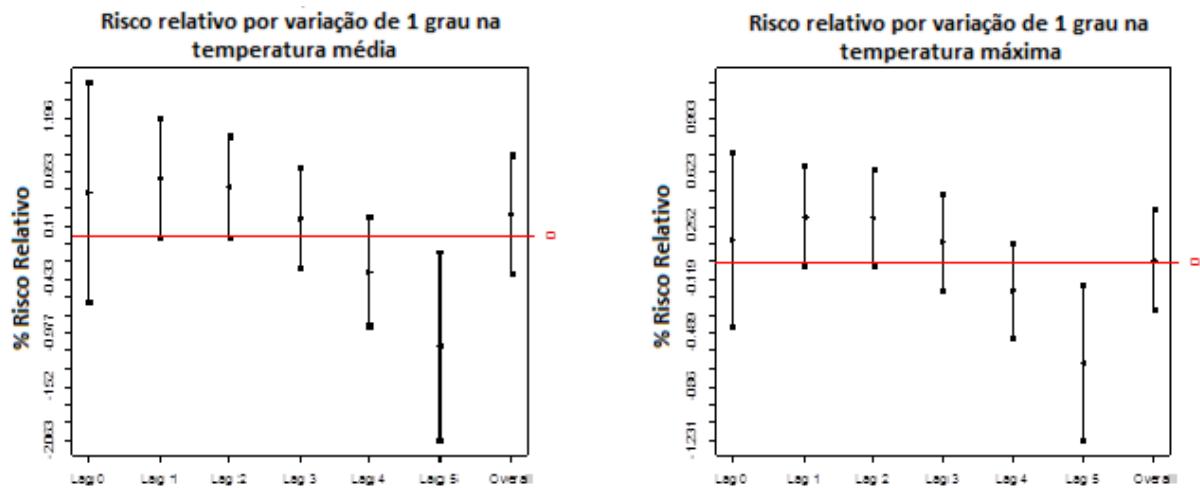


Figura 8 - Gráficos da trajetória dos riscos relativos estimados para a temperatura média e máxima usando o modelo de defasagem distribuída polinomial para a faixa etária de 60 anos ou mais.



6 DISCUSSÃO

As relações entre temperatura atmosférica e internações hospitalares por DIC são muito complexas e moduladas por vários fatores. Entretanto, neste estudo foi observada a associação positiva entre a exposição à temperatura ambiental média e máxima e o número diário de internações hospitalares por DIC.

Em alguns países com clima e estações do ano bem definidas, há relatos de eventos de extremas térmicas caracterizados por ondas de calor em períodos delimitados (EMPEREUR-BISSONNET et al., 2006; KNOWLTON et al., 2009). O clima do Rio de Janeiro é o tropical, onde o verão é quente e úmido e o inverno suave. Porém, observamos as médias térmicas altas mesmo nos dias de inverno. Assim, durante o ano todo, os moradores do Rio de Janeiro estão expostos aos potenciais efeitos do calor.

A temperatura ambiente pode afetar as internações hospitalares no dia atual como também em vários dias subsequentes. As manifestações após a exposição ao calor podem demorar alguns dias para surgirem, além do fato que as pessoas podem não procurar um hospital imediatamente quando se iniciam os sintomas. Não existem evidências que indiquem quais modelos de defasagem temporal são apropriados para as estimativas de associação com desfechos relacionados a saúde. Estudos que abordam a temática da poluição do ar e temperatura ambiente e seus impactos na saúde, utilizam diversas estruturas de defasagens para as estimativas de associação (GUO et al., 2011; NARDOCCI et al., 2013; PUPPONG; HAJAT, 2011; ZANOBETTI et al., 2000). Um estudo realizado em Changsha, zona subtropical da China, objetivou quantificar os efeitos de latência e vulnerabilidade da temperatura sobre a DCV. Foi demonstrado que a cidade possui efeitos de defasagem curto para temperaturas quentes, com 3 dias de atraso, enquanto o efeito de defasagem foi longo para as temperaturas frias, com 10 a 25 dias de defasagem (HUANG; WANG; YU, 2014).

As medidas de temperatura média e máxima, utilizadas como variáveis de exposição para as internações por DIC, apresentaram resultados semelhantes nas análises. De acordo com estudos de sensibilidade que utilizaram diferentes medidas de temperatura (temperatura média, máxima e mínima) para avaliar efeitos na saúde, evidenciou-se que os efeitos estimados foram similares para todas as medidas térmicas (ANDERSON; BELL, 2008; SON et al., 2012). Alguns estudos optaram por utilizar a temperatura média como medida térmica

por representar a exposição ao longo do dia e ser facilmente utilizada para fins de tomada de decisão (GUO et al., 2011; YU et al., 2010).

Os resultados do efeito da exposição a curto prazo ao calor (1 e 2 dias de defasagem) evidenciado nas internações hospitalares por DIC são semelhantes a de um estudo recente realizado em Shanghai com o objetivo de avaliar os efeitos a curto prazo da temperatura ambiente nas visitas aos serviços de emergência. Este observou significância estatísticas para até 3 dias de defasagem e o aumento de 1,78% dos atendimentos hospitalares para o acréscimo de 1°C na temperatratra ambiente (ZHANG et al., 2014b).

A exposição do ser humano ao calor pode alterar seus mecanismos fisiológicos que podem levar a internações hospitalares por DIC. Em uma onda de calor na Inglaterra, com temperatura exterior máxima de 34,6°C e mínima de 20,8°C foram observadas picos de mortalidade por trombose coronária e cerebral, com um a dois dias de exposição. Em uma exposição experimental de voluntários ao ar em movimento a 41°C durante seis horas repercutiu em alterações fisiológicas do corpo humano: aumento da temperatura corporal em 0,84°C, diminuição de 1,83 kg no peso corporal devido a transpiração, queda da pressão arterial, aumento da frequência cardíaca em 32 batimentos por minuto, aumento em 9% da contagem de células vermelhas, aumento de 24% da viscosidade sanguínea, aumento de 18% da contagem plaquetária e diminuição do seu volume, aumento do colesterol plasmático em 14% (KEATINGE et al., 1986a). Todos os processos fisiológicos compensatórios relatados acima podem ter como desfecho um evento cardiovascular agudo. Um estudo brasileiro na cidade de São Paulo objetivou verificar as correlações entre temperatura e poluição e a incidência de IAM e AVC através de uma série histórica retrospectiva. Em dias com temperatura atmosférica superior a 26°C, foi observado um aumento de 4,9% nas internações por IAM e 2,8% nas internações por AVC por ano (RUMEL et al., 1993).

Ao estratificarmos por faixa etária, foi observado efeito da temperatura ambiental nas internações hospitalares diárias por DIC nas duas faixas etárias, porém apresentou maior risco relativo percentual na faixa etária de 30 a 60 anos de idade (0,97%), comparado a faixa etária de 60 anos ou mais (0,58%). Nossos resultados são similares a um estudo realizado em Estocolmo, Suécia, que avaliou a suscetibilidade a mortalidade devido ao efeito das temperaturas quentes e frias. Foi constatada a maior sensibilidade ao calor nos indivíduos com idade inferior aos 60 anos de idade e em áreas de menor poder aquisitivo, abordando a reflexão sobre a alteração do perfil da população vulnerável ao calor (ROCKLÖV et al., 2014). Alguns pesquisadores sugerem a maior ocorrência de internações por DIC nessa faixa

etária devido a população de adultos jovens pertencerem ao grupo de trabalhadores ativos, suscetível a exposição direta da variação da temperatura ambiente, o que não ocorre com o idoso protegido do calor em sua residência (MO et al., 2012; ZHANG et al., 2014b).

Os efeito do calor observado na população idosa pode estar atrelado ao risco de desidratação devido a imobilidade, depleção de volume corporal e diminuição de mecanismos cardiovasculares compensatórios (BECKER; STEWART, 2011). Além disso, pode ser agravado pela suscetibilidade às doenças crônicas pré-existentes e pelo uso contínuo de medicamentos psicotrópicos que afetam a capacidade do corpo de adaptar-se às mudanças climáticas (BOUCHAMA; KNOCHEL, 2002), com a ocorrência de alterações sistêmicas e consequente hospitalização (JOHNSON et al., 2005; KNOWLTON et al., 2009). Fatores comportamentais também repercutem nos efeitos do calor sobre a população idosa. Em um pesquisa realizada com idosos na cidade de Londres, com objetivo de avaliar o conhecimento e a percepção dos riscos ao calor para os efeitos na saúde e para os comportamentos de proteção, foi evidenciado que idosos com DCNT não se consideravam velhos e vulneráveis ao calor, subestimando a interação potencial das doenças crônicas com a exposição ao calor (ABRAHAMSON et al., 2009).

Na faixa etária de 60 anos ou mais de idade, foi observado um efeito inverso com cinco dias de defasagem para as internações por DIC. Especulamos que esse resultado pode ser explicado pelo efeito *harvesting*. O termo refere-se a um efeito de um agente ambiental em uma população de suscetíveis que antecipa o evento. Se uma exposição, como uma onda de calor, esgota a população suscetível, então existiria uma redução do evento para os dias subsequentes até a população ser reestabelecida. Um estudo com o objetivo de estimar os efeitos da temperatura e umidade do ar nas internações hospitalares por doenças cardíacas e infarto do miocárdio de indivíduos com 65 anos ou mais de idade em 12 cidades dos Estados Unidos, avaliou possíveis efeitos retardados e *harvesting*, examinando o tempo de impacto de até 20 dias antes de cada admissão. O resultado desse estudo observou que o efeito das temperaturas muito elevadas tiveram um padrão consistente com o efeito *harvesting*, vários dias após um episódio de alta temperatura, foram observadas menos admissões hospitalares, concluindo que os efeitos das temperaturas sobre as admissões ocorrem dentro de alguns dias após a exposição e a maior parte do efeito das altas temperaturas é o deslocamento de curto prazo dos eventos (SCHWARTZ; SAMET; PATZ, 2004). Algumas situações podem corroborar essa ideia, como a de que as pessoas internadas nos dias anteriores e que já receberam alta hospitalar, tenderem a permanecer

indoors, protegidas da exposição do calor, além de fatores comportamentais atrelados a esse resultado, como por exemplo, os adultos que têm que trabalhar mesmo em dias quentes enquanto os idosos podem ficar em suas casas protegidos do efeito do calor.

Os efeitos das ondas de calor podem ser evitáveis através de hidratação, climatização de ambientes e proteção à exposição ao calor. Em alguns países, existem estratégias de saúde pública específicas para evitar os impactos negativos das ondas de calor dirigidos a grupos suscetíveis, incluindo sistemas de alerta rápido de onda de calor, planos de emergência e de refrigeração (KOVATS; EBI, 2006; NITSCHKE et al., 2013; O'NEILL et al., 2009).

Reconhecemos algumas limitações relacionadas ao presente estudo. Não realizamos análise por estratos socioeconômicos. A distribuição de renda desigual entre a população e a menor proporção de moradores com alta renda podem contribuir para a maior sensibilidade dos efeitos do calor. Um estudo australiano procurou quantificar a variabilidade espacial da morbidade relacionada ao calor e realçar áreas de maior risco através de determinantes sociais e ambientais. O aumento de 10° C na temperatura máxima durante o verão foi associado a um aumento de 7,2% nas internações hospitalares no dia seguinte e as áreas de alto risco foram associadas a maior densidade populacional e poucos moradores com renda elevada (HONDULA; BARNETT, 2014). A variabilidade espacial da situação socioeconômica pode incidir sobre as medidas de cunho político para amenizar os efeitos do calor sobre a população.

Ao usarmos os dados de temperatura de estações meteorológicas, ficamos restritos as medições da temperatura ambiente. A utilização da temperatura ambiente ao invés de medidas de exposição pessoais podem gerar erros de classificação, levando em consideração que a temperatura externa e a temperatura no interior das casas podem ter diferenças significativas devido ao uso de ar condicionado.

A utilização de dados de interações gerados a partir das AIH's contemplam as pessoas que utilizam o SUS ou rede conveniada, sendo excluídas as pessoas que utilizam convênios particulares. Portanto, é possível que haja uma subrepresentação da população alvo. Compreendemos que estudos futuros são necessários para avaliar os efeitos associados ao clima quente em diferentes regiões com características populacionais distintas.

CONCLUSÃO

Este estudo evidencia uma associação positiva entre a temperatura atmosférica e internações hospitalares por DIC em adultos e idosos. No modelo de defasagem simples foram encontradas associações estatisticamente significativas para as internações por DIC no dia concorrente a exposição ao calor, tanto para a temperatura média quanto para a máxima. No modelo de defasagem distribuída polinomial essa associação foi observada com 1 e 2 dias de defasagem e no efeito acumulado tanto para a temperatura média quanto para a máxima. Ao estratificarmos por faixa etária, as associações para as internações por DIC e exposição ao calor foram estatisticamente significativas no modelo de defasagem distribuída polinomial, observando correlação no efeito acumulado para a faixa de 30 a 60 anos para a temperatura média; e com defasagem de 1 e 2 dias para 60 anos ou mais de idade para a temperatura média.

Estes resultados demonstram que a temperatura atmosférica é um risco ambiental na cidade do Rio de Janeiro. Nossos dados podem auxiliar no desenvolvimento de intervenções adequadas a aumentar a capacidade de adaptação para lidar com o aumento da temperatura atmosférica e minimizar os impactos relacionados à saúde.

Em conjunto, os resultados do presente estudo fornecem informações para o planejamento de investimentos de áreas urbanas climatizadas e para a preparação dos hospitais para receber emergências relacionadas aos efeitos de calor, além de contribuir para políticas públicas que visem beneficiar às populações mais vulneráveis.

REFERÊNCIAS

- ABEGUNDE, D. et al. The burden and costs of chronic diseases in low-income and middle-income countries. **The Lancet**, v. 370, p. 1929–1938, 2007.
- ABRAHAMSON, V. et al. Perceptions of heatwave risks to health: interview-based study of older people in London and Norwich, UK. **Journal of public health (Oxford, England)**, v. 31, n. 1, p. 119–26, 1 mar. 2009.
- ALVES, J. A. L. **Relações internacionais e temas sociais: a década das conferências**. [s.l.: s.n.].
- ANDERSON, G. B.; BELL, M. L. Extreme Temperature Effects: A Study of the Effects of Heat, Cold, and Heat Waves on Human Mortality in 107 US Cities. **Epidemiology**, v. 19, n. 6, p. S269–S269, 2008.
- AVEZUM, Á.; MAIA, L. N.; NAKAZONE, M. Cenário das Doenças Cardiovasculares no Mundo Moderno. In: **Manual de Cardiologia**. 1^a ed. São Paulo: Atheneu, 2012. p. 1168.
- AVEZUM, Á.; PIEGAS, L. S.; PEREIRA, J. C. R. Fatores de risco associados com infarto agudo do miocárdio na região metropolitana de São Paulo: uma região desenvolvida em um país em desenvolvimento. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 84, n. 3, p. 206–213, mar. 2005.
- BANACH, M. et al. Association of systolic blood pressure levels with cardiovascular events and all-cause mortality among older adults taking antihypertensive medication. **International journal of cardiology**, 22 jul. 2014.
- BASU, R. Relation between Elevated Ambient Temperature and Mortality: A Review of the Epidemiologic Evidence. **Epidemiologic Reviews**, v. 24, n. 2, p. 190–202, 1 dez. 2002.
- BASU, R.; MALIG, B. High ambient temperature and mortality in California: exploring the roles of age, disease, and mortality displacement. **Environmental research**, v. 111, n. 8, p. 1286–92, nov. 2011.
- BECKER, J. A.; STEWART, L. K. Heat-related illness. **American family physician**, v. 83, n. 11, p. 1325–1330, 2011.
- BOTREL, T. E. A. et al. Doenças cardiovasculares: causas e prevenção. **Rev. bras. clín. ter.**, v. 26, n. 3, p. 87–90, 2000.
- BOUCHAMA, A.; KNOCHEL, J. P. Heat stroke. **The New England journal of medicine**, v. 346, n. 25, p. 1978–88, 20 jun. 2002.
- BRAGA, R. B. Elementos para a compreensão da crise socioambiental. **Élisée - Revista de Geografia da UEG**, v. 2, n. 2, p. 142–153, 2013.
- BRASIL. Decreto nº 6.263, de 21 de Novembro de 2007. Institui o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima - CIM, orienta a elaboração do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, e dá outras providências., 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6263.htm>
- BRASIL, L. **Lei 8.080/90. Lei Orgânica da Saúde**. Brasília, 1990.
- BROWN, G.; FEARN, V.; WELLS, C. Exploratory analysis of seasonal mortality in England and Wales, 1998 to 2007. **Health statistics quarterly / Office for National Statistics**, n. 48, p. 58–80, jan. 2010.

- BRUNORI, E. et al. Tabagismo, consumo de álcool e atividade física: associações na síndrome coronaiana aguda. **Acta Paul Enferm**, v. 27, n. 2, p. 165–72, 2014.
- CAMPOS, T. DA S. et al. Cigarette smoking among patients with chronic diseases. **International journal of cardiology**, v. 174, n. 3, p. 808–10, 1 jul. 2014.
- CARNETHON, M. R. et al. Comparison of risk factors for cardiovascular mortality in black and white adults. **Archives of internal medicine**, v. 166, n. 11, p. 1196–202, 12 jun. 2006.
- CASADO, L.; VIANNA, L. M.; THULER, L. C. S. Fatores de Risco para Doenças Crônicas não transmissíveis no Brasil: uma Revisão Sistemática. **Revista Brasileira de Cancerologia**, v. 55, n. 4, p. 379–388, 2009.
- CAZIANI, O. La Organización Meteorológica Mundial en un mundo cambiant. **Boletín de la OMM**, v. 59, n. 2, p. 59–63, 2010.
- CLAYTON, G. D. Air pollution. In: **Patty's Industrial Hygiene and Toxicology**. 3.ed. ed. New York: John Willey & Sons, 1978. p. 595–652.
- COELHO, O. R.; ROMANO, L. F. R. DOS S. C. Desafio do diagnóstico da doença coronária aterosclerótica coronária subclínica. **Rev. Soc. Cardiol. Estado de São Paulo**, v. 24, n. 1, p. 10–16, 2014.
- CORRAO, G. et al. Alcohol and coronary heart disease: a meta-analysis. **Addiction (Abingdon, England)**, v. 95, n. 10, p. 1505–23, out. 2000.
- COUTINHO, M. F. et al. Sortilin and the risk of cardiovascular disease. **Revista portuguesa de cardiologia : orgão oficial da Sociedade Portuguesa de Cardiologia = Portuguese journal of cardiology : an official journal of the Portuguese Society of Cardiology**, v. 32, n. 10, p. 793–9, out. 2013.
- DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. **World Urbanization Prospects: The 2009 revision**. New York, United States: [s.n.].
- DIFFENBAUGH, N. S.; SCHERER, M. Observational and model evidence of global emergence of permanent, unprecedented heat in the 20(th) and 21(st) centuries. **Climatic change**, v. 107, n. 3-4, p. 615–624, 1 ago. 2011.
- DRIES, D. L. et al. Racial differences in the outcome of left ventricular dysfunction. **The New England journal of medicine**, v. 340, n. 8, p. 609–16, 25 fev. 1999.
- DUFFY, P. B.; TEBALDI, C. Increasing prevalence of extreme summer temperatures in the U.S. **Climatic Change**, v. 111, n. 2, p. 487–495, 21 jan. 2012.
- EMPEREUR-BISSONNET, P. et al. Heatwave in France, July 2006: 112 excess deaths so far attributed to the heat. **Euro surveillance : bulletin Européen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin**, v. 11, n. 8, p. E060803.3, jan. 2006.
- EVENSON, K. R.; BUTLER, E. N.; ROSAMOND, W. D. Prevalence of Physical Activity and Sedentary Behavior Among Adults With Cardiovascular Disease in the United States. **Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention**, 25 jul. 2014.
- EVERITT, B. S.; SKRONDAL, A. **The Cambridge dictionary os statistics in the medical sciences**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- FAGERSTRÖM, K.-O. Measuring degree of physical dependence to tobacco smoking with reference to individualization of treatment. **Addictive Behaviors**, v. 3, n. 3-4, p. 235–241, jan. 1978.

- FERGUSON, J. A. et al. Examination of racial differences in management of cardiovascular disease. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 30, n. 7, p. 1707–13, dez. 1997.
- FROSTEGÅRD, J. Immunity, atherosclerosis and cardiovascular disease. **BMC medicine**, v. 11, p. 117, jan. 2013.
- GOULD, W. Linear splines and piecewise linear functions. **Stata Technical Bulletin**, v. 15, p. 13–17, 1993.
- GREEN, H. K. et al. Rapid estimation of excess mortality: nowcasting during the heatwave alert in England and Wales in June 2011. **Journal of epidemiology and community health**, v. 66, n. 10, p. 866–8, out. 2012.
- GUO, Y. et al. The impact of temperature on mortality in Tianjin, China: a case-crossover design with a distributed lag nonlinear model. **Environmental health perspectives**, v. 119, n. 12, p. 1719–25, dez. 2011.
- GUYTON, A. C.; HALL, J. E. Temperatura Corporal, Regulação da Temperatura e Febre. In: **Tratado de Fisiologia Médica**. 11. ed. [s.l.] Elsevier, 2006.
- HA, S. et al. The effects of heat stress and its effect modifiers on stroke hospitalizations in Allegheny County, Pennsylvania. **International archives of occupational and environmental health**, v. 87, n. 5, p. 557–65, 30 jul. 2014.
- HANSEN, A. L. et al. The effect of heat waves on hospital admissions for renal disease in a temperate city of Australia. **International journal of epidemiology**, v. 37, n. 6, p. 1359–65, dez. 2008.
- HASTIE, T. J.; TIBSHIRANI, R. J. **Generalized Additive Models**. [s.l: s.n.].
- HONDULA, D. M.; BARNETT, A. G. Heat-related morbidity in brisbane, australia: spatial variation and area-level predictors. **Environmental health perspectives**, v. 122, n. 8, p. 831–6, ago. 2014.
- HUANG, J.; WANG, J.; YU, W. The Lag Effects and Vulnerabilities of Temperature Effects on Cardiovascular Disease Mortality in a Subtropical Climate Zone in China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 11, n. 4, p. 3982–3994, 11 abr. 2014.
- HUANG, W.; KAN, H.; KOVATS, S. The impact of the 2003 heat wave on mortality in Shanghai, China. **The Science of the total environment**, v. 408, n. 11, p. 2418–20, 1 maio 2010.
- HUBERT, H. B. et al. Obesity as an independent risk factor for cardiovascular disease: a 26-year follow-up of participants in the Framingham Heart Study. **Circulation**, v. 67, n. 5, p. 968–977, 1 maio 1983.
- IKEOKA, D.; MADER, J. K.; PIEBER, T. R. Adipose tissue, inflammation and cardiovascular disease. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 56, n. 1, p. 116–21, 2010.
- ISHITANI, L. H. et al. Desigualdade social e mortalidade precoce por doenças cardíovasculares no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 40, n. 4, p. 684–691, ago. 2006.
- JOHNSON, H. et al. **The impact of the 2003 heat wave on mortality and hospital admissions in England**
Health Statistics Quarterly
Her Majesty's Stationery Office (HMSO), , 3 abr. 2005. Disponível em: <http://cedadocs.badc.rl.ac.uk/291/1/health_stats.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2013

- JULIUS, S.; VALENTINI, M.; PALATINI, P. Overweight and hypertension : a 2-way street? **Hypertension**, v. 35, n. 3, p. 807–13, mar. 2000.
- JUNGER, W. L. **Análise, imputação de dados e interfaces computacionais em estudos de séries temporais epidemiológicas**. [s.l.] s.n., 2008.
- KAMPFRATH, T. et al. Chronic fine particulate matter exposure induces systemic vascular dysfunction via NADPH oxidase and TLR4 pathways. **Circulation research**, v. 108, n. 6, p. 716–26, 18 mar. 2011.
- KANDADI, M. R. et al. Influence of gestational overfeeding on myocardial proinflammatory mediators in fetal sheep heart. **The Journal of nutritional biochemistry**, v. 24, n. 11, p. 1982–90, nov. 2013.
- KANNEL, W. B. Risk stratification in hypertension: new insights from the Framingham Study. **American journal of hypertension**, v. 13, n. 1 Pt 2, p. 3S–10S, jan. 2000.
- KEATINGE, W. R. et al. Increased platelet and red cell counts, blood viscosity, and plasma cholesterol levels during heat stress, and mortality from coronary and cerebral thrombosis. **The American journal of medicine**, v. 81, n. 5, p. 795–800, nov. 1986a.
- KEATINGE, W. R. et al. Increased platelet and red cell counts, blood viscosity, and plasma cholesterol levels during heat stress, and mortality from coronary and cerebral thrombosis. **The American journal of medicine**, v. 81, n. 5, p. 795–800, 1 nov. 1986b.
- KELISHADI, R.; POURSAFA, P. A review on the genetic, environmental, and lifestyle aspects of the early-life origins of cardiovascular disease. **Current problems in pediatric and adolescent health care**, v. 44, n. 3, p. 54–72, mar. 2014.
- KIM, H.-E. et al. Factors associated with persistent smoking after the diagnosis of cardiovascular disease. **Korean journal of family medicine**, v. 34, n. 3, p. 160–8, maio 2013.
- KNOWLTON, K. et al. The 2006 California Heat Wave: Impacts on Hospitalizations and Emergency Department Visits. **Environmental Health Perspectives**, v. 117, n. 1, p. 61–67, 2009.
- KOVATS, R. S.; EBI, K. L. Heatwaves and public health in Europe. **European journal of public health**, v. 16, n. 6, p. 592–9, dez. 2006.
- KOVATS, R. S.; HAJAT, S. Heat stress and public health: a critical review. **Annual review of public health**, v. 29, p. 41–55, jan. 2008.
- LATORRE, M. DO R. D. DE O.; CARDOSO, M. R. A. Análise de séries temporais em epidemiologia: uma introdução sobre os aspectos metodológicos. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 4, n. 3, p. 145–152, nov. 2001.
- LAVIGNE, E. et al. Extreme ambient temperatures and cardiorespiratory emergency room visits: assessing risk by comorbid health conditions in a time series study. **Environmental health : a global access science source**, v. 13, n. 1, p. 5, jan. 2014.
- LE TERTRE, A. et al. Impact of the 2003 heatwave on all-cause mortality in 9 French cities. **Epidemiology (Cambridge, Mass.)**, v. 17, n. 1, p. 75–9, jan. 2006.
- LEE, I. M. et al. Body weight and mortality. A 27-year follow-up of middle-aged men. **JAMA : the journal of the American Medical Association**, v. 270, n. 23, p. 2823–8, 15 dez. 1993.
- LESSA, I. Doenças crônicas não-transmissíveis no Brasil: um desafio para a complexa tarefa da vigilância. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 9, n. 4, p. 931–943, 2004.

- LEVICK, J. J. Remarks on sunstroke. **Am J Med Sci**, v. 73, n. 1, p. 40–55, 1859.
- LIMA, M. C. P.; KERR-CÔRREA, F.; REHM, J. Consumo de álcool e risco para doença coronariana na região metropolitana de São Paulo: uma análise do Projeto GENACIS. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 16, n. 1, p. 49–57, mar. 2013.
- LIN, S. et al. Extreme high temperatures and hospital admissions for respiratory and cardiovascular diseases. **Epidemiology (Cambridge, Mass.)**, v. 20, n. 5, p. 738–46, set. 2009.
- MA, W. et al. Impact of extreme temperature on hospital admission in Shanghai, China. **The Science of the total environment**, v. 409, n. 19, p. 3634–7, 1 set. 2011.
- MACKAY, J.; MENSAH, G. **The atlas of heart disease and stroke**. Geneva: World Health Organization, , 2004.
- MAGALHÃES, S. et al. **Termorregulação**. Porto: [s.n.]. Disponível em: <http://fisiologia.med.up.pt/Textos_Apoio/outros/Termorreg.pdf>.
- MANSON, J. E. et al. A prospective study of obesity and risk of coronary heart disease in women. **The New England journal of medicine**, v. 322, n. 13, p. 882–9, 29 mar. 1990.
- MARCATTO, T. I.; LIMA, L. A. **SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA E O PROTOCOLO DE QUIOTO: O MUNDO EM PROL DO MEIO AMBIENTECONNEXIO - ISSN 2236-8760**, 26 mar. 2013. Disponível em: <<http://repositorio.unp.br/index.php/connexio/article/view/311>>. Acesso em: 12 maio. 2014
- MARCOVITCH, J. **Para mudar o futuro: Mudanças climáticas, políticas públicas e estratégias empresariais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Editora Saraiva, 2006.
- MCCLURE, C. K. et al. Associations between gestational weight gain and BMI, abdominal adiposity, and traditional measures of cardiometabolic risk in mothers 8 y postpartum. **The American journal of clinical nutrition**, v. 98, n. 5, p. 1218–25, nov. 2013.
- MCKEE, M.; BRITTON, A. The positive relationship between alcohol and heart disease in eastern Europe: potential physiological mechanisms. **Journal of the Royal Society of Medicine**, v. 91, n. 8, p. 402–7, ago. 1998.
- MCMICHAEL, A. J. Globalization, climate change, and human health. **The New England journal of medicine**, v. 368, n. 14, p. 1335–43, 4 abr. 2013.
- MELO, J. et al. Estudo da Função Endotelial no Brasil: Prevenção de Doenças Cardiovasculares. **Rev Bras Cardiol.**, v. 27, n. 2, p. 616–23, 2014.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Saúde Brasil 2008: 20 anos de Sistema Único de Saúde no Brasil**. Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Análise de Situação em Saúde, 2009.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Vigitel Brasil 2013: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico**. Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde., , 2014.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE; SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE. DEPARTAMENTO DE ATENÇÃO BÁSICA. **Prevenção clínica de doença cardiovascular, cerebrovascular e renal crônica**. Brasília: Ministério da Saúde. Secretaria de atenção à Saúde, 2006.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. **Vigitel Brasil 2012: Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico**. Brasília: [s.n.].

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS. **Caracterização do clima no Século XX e Cenários no Brasil e na América do Sul para o século XXI derivados dos Modelo de Clima do IPCC**São Paulo, 2007.

MO, Y. et al. [Relationship between daily mean temperature and emergency department visits for respiratory diseases: a time-series analysis]. **Beijing da xue xue bao. Yi xue ban = Journal of Peking University. Health sciences**, v. 44, n. 3, p. 416–20, 18 jun. 2012.

NAKASHIMA, Y. et al. Early human atherosclerosis: accumulation of lipid and proteoglycans in intimal thickenings followed by macrophage infiltration. **Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology**, v. 27, n. 5, p. 1159–65, 1 maio 2007.

NARDOCCI, A. C. et al. Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 29, n. 9, p. 1867–1876, set. 2013.

NITSCHKE, M. et al. Risk Factors, Health Effects and Behaviour in Older People during Extreme Heat: A Survey in South Australia. **International journal of environmental research and public health**, v. 10, n. 12, p. 6721–33, dez. 2013.

NOSSA, P. N. **Tendências e desafios da Geografia(s) da Saúde. Anais do II Simpósio Nacional de Geografia da Saúde e I Encontro Luso-brasileiro de Geografia da Saúde**Rio de JaneiroFiocruz, , 2005. Disponível em: <http://www.geosaude.cict.fiocruz.br/simposio/xris/Paulo_Nossa.pdf>

O’NEILL, M. S. et al. Preventing heat-related morbidity and mortality: new approaches in a changing climate. **Maturitas**, v. 64, n. 2, p. 98–103, 20 out. 2009.

OLIVEIRA, A.; VALENTE, J.; LEITE, I. Aspectos da mortalidade atribuível ao tabaco: revisão sistemática. **Revista de Saúde Pública**, v. 42, n. 2, p. 335–345, abr. 2008.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Prevenção de Doenças Crônicas: um investimento vital**. [s.l: s.n.].

OSMOND, C.; BARKER, D. J. Fetal, infant, and childhood growth are predictors of coronary heart disease, diabetes, and hypertension in adult men and women. **Environmental health perspectives**, v. 108 Suppl , p. 545–53, jun. 2000.

PERDIGÃO, C. Risco Cardiovascular Global. **Revista Factores de Risco**, v. 20, p. 58–61, 2011.

PETERS, A. et al. Increased plasma viscosity during an air pollution episode: a link to mortality? **Lancet**, v. 349, n. 9065, p. 1582–7, 31 maio 1997.

PETERS, A. et al. Air pollution and incidence of cardiac arrhythmia. **Epidemiology (Cambridge, Mass.)**, v. 11, n. 1, p. 11–7, jan. 2000.

PETOUKHOV, V. et al. Quasiresonant amplification of planetary waves and recent Northern Hemisphere weather extremes. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 110, n. 14, p. 5336–41, 2 abr. 2013.

PIEGAS, L. S. et al. Risk factors for myocardial infarction in Brazil. **American heart journal**, v. 146, n. 2, p. 331–8, ago. 2003.

PLANA, N. et al. Prevalence of atherogenic dyslipidemia in primary care patients at moderate-very high risk of cardiovascular disease. Cardiovascular risk perception. **Clinica e investigacion en arteriosclerosis : publicacion oficial de la Sociedad Espanola de Arteriosclerosis**, 12 jun. 2014.

- PRASAD, D. et al. Cardiovascular risk factors in developing countries: A review of clinico-epidemiological evidence. **CVD Prevention and Control**, v. 5, n. 4, p. 115–123, dez. 2010.
- PUDDEY, I. B. et al. Influence of pattern of drinking on cardiovascular disease and cardiovascular risk factors--a review. **Addiction (Abingdon, England)**, v. 94, n. 5, p. 649–63, maio 1999.
- PUPPONG, N.; HAJAT, S. High temperature effects on out-patient visits and hospital admissions in Chiang Mai, Thailand. **The Science of the total environment**, v. 409, n. 24, p. 5260–7, 15 nov. 2011.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **The R Project for Statistical Computing**. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>.
- RATHORE, S. S. et al. Race, quality of care, and outcomes of elderly patients hospitalized with heart failure. **JAMA : the journal of the American Medical Association**, v. 289, n. 19, p. 2517–24, 21 maio 2003.
- REY, G. et al. The impact of major heat waves on all-cause and cause-specific mortality in France from 1971 to 2003. **International archives of occupational and environmental health**, v. 80, n. 7, p. 615–26, jul. 2007.
- RIBEIRO, S.; FURTADO, C.; PEREIRA, J. Association between cardiovascular disease and socioeconomic level in Portugal. **Portuguese journal of cardiology : an official journal of the Portuguese Society of Cardiology**, v. 32, n. 11, p. 847–54, dez. 2013.
- ROCHA-BRISCHILIARI, S. et al. Doenças Crônicas não Transmissíveis e Associação com Fatores de Risco. **Rev Bras Cardiol.**, v. 27, n. 1, p. 531–38, 2014.
- ROCKLÖV, J. 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, p. 22737, jan. 2014.
- ROGOT, E.; PADGETT, S. J. Associations of coronary and stroke mortality with temperature and snowfall in selected areas of the United States, 1962-1966. **American journal of epidemiology**, v. 103, n. 6, p. 565–75, jun. 1976.
- ROMERO, A. et al. Associação entre atividade física e marcadores bioquímicos de risco para doença cardiovascular em adolescentes de escolas públicas de Piracicaba. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 18, n. 5, p. 614, 30 set. 2013.
- ROSSOUW, J. E.; LEWIS, B.; RIFKIND, B. M. The value of lowering cholesterol after myocardial infarction. **The New England journal of medicine**, v. 323, n. 16, p. 1112–9, 18 out. 1990.
- RUMEL, D. et al. Infarto do miocárdio e acidente vascular cerebral associados à alta temperatura e monóxido de carbono em área metropolitana do sudeste do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 27, n. 1, p. 15–22, fev. 1993.
- SANTOS FILHO, R. D.; MARTINEZ, T. L. DA R. Fatores de risco para doença cardiovascular: velhos e novos fatores de risco, velhos problemas ! **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 46, n. 3, p. 212–214, jun. 2002.
- SANTOS, M. et al. Hábitos e perfil socioeconômicos do paciente aterosclerótico no Brasil. **Com Ciências Saúde**, v. 22, n. 3, p. 247–56, 2011.

- SARDON, J.-P. The 2003 heat wave. **Euro surveillance : bulletin Européen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin**, v. 12, n. 3, p. 226, 1 mar. 2007.
- SCHIFANO, P. et al. Susceptibility to heat wave-related mortality: a follow-up study of a cohort of elderly in Rome. **Environmental health : a global access science source**, v. 8, p. 50, jan. 2009.
- SCHMIDT, M. I. et al. Chronic non-communicable diseases in Brazil: burden and current challenges. **The Lancet**, v. 37761, n. 9781, p. 1949–1961, 2011.
- SCHWARTZ, J.; SAMET, J. M.; PATZ, J. A. Hospital admissions for heart disease: the effects of temperature and humidity. **Epidemiology (Cambridge, Mass.)**, v. 15, n. 6, p. 755–61, nov. 2004.
- SILVA, A. et al. Fatores de riscos cardiováscuas que acometem adolescentes de 10 a 19 anos de idade. **Revista Faculdade de Montes Belos**, v. 7, n. 1, p. 81–99, 2014.
- SMOYER, K. E.; RAINHAM, D. G. C.; HEWKO, J. N. Heat-stress-related mortality in five cities in Southern Ontario: 1980-1996. **International Journal of Biometeorology**, v. 44, n. 4, p. 190–197, 10 nov. 2000.
- SOARES, G. et al. Mortalidade por todas as causas e por doenças cardiovasculares em três estados do Brasil, 1980 a 2006. **Rev Panam Salud**, v. 28, n. 4, p. 258–66, 2010.
- SOARES, G. P. et al. Evolution of Socioeconomic Indicators and Cardiovascular Mortality in Three Brazilian States. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 100, n. 2, p. 147–156, 2013.
- SOLOMON S, ET AL. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC**. [s.l.] Cambridge University Press, United Kingdom and New York, 2007.
- SON, J.-Y. et al. The Impact of Heat Waves on Mortality in Seven Major Cities in Korea. **Environmental Health Perspectives**, v. 120, n. 4, p. 566–571, 2012.
- SOUZA, P. Equity, socioeconomic inequalities and cardiovascular disease. **Rev Port Cardiol**, v. 32, p. 855–6, 2013.
- SOUZA, C. G.; NETO, J. L. S. Geografia da saúde e climatologia médica: ensaios sobre a relação clima e vulnerabilidade. **Hygeia- HEALTH GEOGRAPHY AND MEDICAL CLIMATOLOGY: ASSAY TO RELATION CLIMATE AND VULNERABILITY**, v. 4, n. 6, 20 jun. 2008.
- SOUZA, L. et al. Prevalência de Obesidade e Fatores de Risco Cardiovascular em Campos, Rio de Janeiro. **Arq Bras Endocrinol Metab**, v. 47, n. 6, p. 669–76, 2003.
- TEAM CORE WRITING; PACHAURI, R.; REISINGER, A. **Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Geneva: IPCC, 2007.
- UNITED NATIONS. **Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano – 1972**. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/estocolmo1972.pdf>>.
- UNITED NATIONS. **Framework Convention on Climate Change**. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/cop1/07a01.pdf#page=4>>.

UNITED NATIONS. KYOTO PROTOCOL TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE.

UNITED NATIONS. Framework Convention on Climate Change. 2005.

UNITED NATIONS. **Framework Convention on Climate Change**. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/2006/cop12/eng/01.pdf>>.

UNITED NATIONS. **Framework Convention on Climate Change**. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/2009/cop15/eng/01.pdf>>.

UNITED NATIONS. **Framework Convention on Climate Change**. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/2011/cop17/eng/01.pdf>>.

UNITED NATIONS. **The future we want**Rio de JaneiroRio +20, , 2012. Disponível em: <http://www.rio20.gov.br/documentos/documentos-da-conferencia/o-futuro-que-queremos/at_download/the-future-we-want.pdf>. Acesso em: 8 dez. 2014

UZOIGWE, J. C. et al. The emerging role of outdoor and indoor air pollution in cardiovascular disease. **North American journal of medical sciences**, v. 5, n. 8, p. 445–53, ago. 2013.

VIANA, M. R.; RODRIGUEZ, T. T. **Complicações cardiovasculares e renais no diabetes mellitusRevista de Ciências Médicas e Biológicas**, 2011. Disponível em: <<http://www.portalseer.ufba.br/index.php/cmbio/article/view/5892>>. Acesso em: 4 ago. 2014

WANG, M. et al. The association between diurnal temperature range and emergency room admissions for cardiovascular, respiratory, digestive and genitourinary disease among the elderly: a time series study. **The Science of the total environment**, v. 456-457, p. 370–5, 1 jul. 2013.

WHO. **Climate change and health: a tool to estimate health and adaptation costs**. [s.l.] World Health Organization, 2013.

WHO. **Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s**World Health Organization, , 2014a.

WHO. **Global status report on noncommunicable diseases 2014**World Health Organization, , 2014b. Disponível em: <<http://www.who.int/nmh/publications/ncd-status-report-2014/en/>>. Acesso em: 1 mar. 2015

WIDMAIER, E.; RAFF, H.; STRANG, K. **Fisiologia Humana: os mecanismos das funções corporais**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

WILSON, L. A. et al. The impact of heat on mortality and morbidity in the Greater Metropolitan Sydney Region: a case crossover analysis. **Environmental Health**, v. 12, n. 1, p. 98, 2013.

WONG, N. D.; WILSON, P. W.; KANNEL, W. B. Serum cholesterol as a prognostic factor after myocardial infarction: the Framingham Study. **Annals of internal medicine**, v. 115, n. 9, p. 687–93, 1 nov. 1991.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Heat-health Action Plans**. [s.l.] World Health Organization, 2008.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks**Geneva, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global status report on noncommunicable diseases 2010.** Geneva: [s.n.].

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Atlas on cardiovascular disease prevention and control.** Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241564373_eng.pdf>. Acesso em: 26 maio. 2014b.

XAVIER, H. et al. V Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção de Aterosclerose. **Arq Bras Cardiol**, v. 101, n. 4, 2013.

YU, W. et al. Is the association between temperature and mortality modified by age, gender and socio-economic status? **The Science of the total environment**, v. 408, n. 17, p. 3513–8, 1 ago. 2010.

ZANOBETTI, A. et al. Generalized additive distributed lag models: quantifying mortality displacement. **Biostatistics**, v. 1, n. 3, p. 279–292, 2000.

ZHANG, P.-Y. Cardiovascular disease in diabetes. **European review for medical and pharmacological sciences**, v. 18, n. 15, p. 2205–14, ago. 2014.

ZHANG, X. et al. Effects of Simulated Heat Waves on Cardiovascular Functions in Senile Mice. **International journal of environmental research and public health**, v. 11, n. 8, p. 7841–7855, jan. 2014a.

ZHANG, Y. et al. Effect of ambient temperature on emergency department visits in Shanghai, China: a time series study. **Environmental health : a global access science source**, v. 13, n. 1, p. 100, jan. 2014b.

APÊNDICE A - Comandos do R-program utilizando a Biblioteca Ares

```
# internação
banco= read.csv ("bancofinal.csv", sep= ";", dec=",")

setup(banco,"Data", date.format = "%d/%m/%Y", holidays= TRUE, country="BR")
desc.data()
desc.vars(c("Inter_dia","inter_30a60", "inter_60mais", "inter_sexofem", "inter_sexomasc"))

#cria variáveis dummy
zumbi <- gen.holidays(doe,"zumbi","20/11")
sebastiao<- gen.holidays(doe, "sebastiao", "20/01")
saojorge<- gen.holidays(doe, "saojorge", "23/04")

#gáficos para temperaturas maxima e média e gráfico para Inter_dia
plot_event(Inter_dia,df=5)
plot_pollutant(tempmax,df=5)
plot_pollutant(tempmedia,df=5)

f= Inter_dia~ns(time,15) + weekdays + christmas + passion + tiradentes +
  trabalho + independencia + aparecida + finados + republica + zumbi + sebastiao + saojorge
  + PM10+ ns(umidaderelativamed,2) + ns(O3,2)
mod=fit.core(f)
diagnostics(mod)

explore.temp(mod,PM10,df=4)
explore.temp(mod,O3,df=4)
explore.humid(mod,umidaderelativamed,df=4)

#Análise dos riscos relativos através dos modelos de defasagem simples e polinomial

r_single=estimate.risks(mod,pollutant=c('tempmedia','tempmax'), method='singlelag',
lag.struc=list(l=0:7),unit=rep(1,2))

r_pdlm=estimate.risks(mod,pollutant=c('tempmedia','tempmax'), method='pdlm',
pdlm.struc=list(l=5,deg=2),unit=rep(1,2))
```

Apêndice B – Temperatura atmosférica e internações hospitalares por doenças cardíacas no município do Rio de Janeiro (Artigo Científico)

Temperatura atmosférica e internações hospitalares por doenças cardíacas no município do Rio de Janeiro (Artigo Científico)

Bahia, LA;
Junger, WL

Resumo: Os efeitos das temperaturas elevadas na saúde humana representam um problema de grande magnitude na saúde pública. A temperatura atmosférica e a poluição do ar são fatores de risco para as doenças crônicas não transmissíveis, em particular as doenças isquêmicas do coração. O estudo teve como objetivo analisar a associação entre as temperaturas atmosféricas e internações hospitalares por doenças cardíacas isquêmicas no município do Rio de Janeiro entre os anos de 2009 e 2013. Utilizaram-se modelos de séries temporais, com modelos aditivos generalizados, em regressão de Poisson, testando a temperatura atmosférica média como variável de exposição. Para variáveis de controle foram utilizadas as concentrações de poluentes atmosféricos (ozônio e material particulado) e umidade relativa o ar; utilizou-se método de defasagem para avaliar o impacto da variação de 1°C nas internações hospitalares diárias. A variação 1°C de aumento na temperatura média teve um impacto de 0,46% e 0,59% nas internações hospitalares gerais, com defasagem de 1 e 2 dias respectivamente. Quando estratificado por fixa etária, entre 30 e 60 anos observamos o risco relativo de 0,97% no efeito acumulado da temperatura média; para faixa etária de 60 anos ou mais, com 1 e 2 dias de defasagem, o risco relativo foi de 0,49% e 0,58%, respectivamente. Estes resultados sugerem associação positiva entre as internações hospitalares por doença cardíaca isquêmica e temperatura na cidade do Rio de Janeiro. Os resultados do presente estudo fornecem informações para o planejamento de investimentos de áreas urbanas climatizadas e para a preparação dos hospitais para receber emergências relacionadas aos efeitos de calor.

Palavras-chave: Temperatura Ambiente. Hospitalização. Doenças Cardiovasculares.

INTRODUÇÃO

Os efeitos das temperaturas elevadas na saúde humana representam um problema de grande magnitude na saúde pública em todo o mundo (WHO, 2013). A mudança climática é projetada negativamente em cenários mundiais futuros. São estimadas 250.000 mortes adicionais por ano devido as mudanças climáticas entre os anos de 2030 e 2050 no mundo. O impacto na saúde é avaliado pelo aumento da temperatura atmosférica média e pelo aumento da intensidade e frequência de eventos de onda de calor (WHO, 2014a).

A temperatura atmosférica e a poluição do ar são fatores de risco já conhecidos para as doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), em particular as doenças isquêmicas do coração (DIC) (LAVIGNE et al., 2014; WANG et al., 2013). O aumento da temperatura atmosférica e das concentrações de poluente atmosféricos alteram os padrões do sistema circulatório por múltiplos mecanismos (PETERS et al., 1997). Existem evidências que as altas temperaturas têm um impacto específico nas admissões hospitalares por diversas causas, sendo as mais frequentes as doenças renais, do aparelho cardiovascular e respiratório (HA et al., 2014; HANSEN et al., 2008; KNOWLTON et al., 2009; LIN et al., 2009; MA et al., 2011; WILSON et al., 2013).

As consequências humanas, sociais e econômicas das DCNT são sentidas em todos os países, mas são particularmente devastadoras em populações vulneráveis e pobres. Como a principal causa de morte no mundo, as DCNT foram responsáveis por 38 milhões (68%) do total de 56 milhões de óbitos no mundo em 2012. Mais de 40% dessas mortes (16 milhões), foram óbitos prematuros anterior aos 70 anos de idade, sendo que três quartos (28 milhões) e 82% dos óbitos prematuro ocorreram em países de média e baixa renda. (WHO, 2014b).

No Brasil, as doenças do aparelho circulatório foram responsáveis por 333.295 (28%) do total de óbitos (1.181.166) no ano de 2012⁵. No estado do Rio de Janeiro foram contabilizadas aproximadamente 37 mil mortes¹ e 20% (70.809) do total de internações hospitalares por doenças do aparelho circulatório⁶ no país, no ano de 2012.

O Rio de Janeiro é a segunda maior cidade do país, com aproximadamente 6,4 milhões de habitantes e densidade populacional de 5.376 habitantes por quilômetros quadrados. Seu clima tropical úmido confere dias quentes e úmidos durante o verão e inverno suave. Os

⁵ Fonte: MS/SVS/CGIAE - Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM

⁶ Fonte: Ministério da Saúde - Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS)

moradores são regularmente expostos a altas temperaturas durante todo o ano, se tornando uma cidade interessante para pesquisar efeitos do calor nas internações hospitalares.

Considerando as projeções globais de aumento da população mundial, a vulnerabilidade às DCNT em países em desenvolvimento e as mudanças climáticas previstas, o presente estudo tem como objetivo analisar a associação entre as temperaturas atmosféricas médias e internações hospitalares doenças cardíacas isquêmicas no município do Rio de Janeiro entre os anos de 2009 e 2013.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo observacional, de séries temporais, adequado para estudar eventos que possuam uma sequência de dados regulares no tempo durante um determinado período (EVERITT; SKRONDAL, 2010).

A população de estudo foi constituída por moradores do município do Rio de Janeiro que utilizaram os serviços de internação hospitalar da rede conveniada ao Sistema Único de Saúde (SUS)(BRASIL, 1990), no período de 2009 a 2013.

Foram utilizados dados de internação hospitalar extraídos da Autorização de Internação Hospitalar (AIH) disponíveis no Departamento de Informática do SUS - DATASUS. Foram incluídas as AIH's geradas e classificadas Capítulo IX (Doenças do Aparelho Circulatório) do Código Internacional de Doenças (CID-10), do grupo Doenças Isquêmicas do Coração (I20 a I25).

Os dados diários de temperatura média e umidade relativa do ar diária foram fornecidos pelo Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), das subestações localizadas no Rio de Janeiro: Jacarepaguá, Santa Cruz, Antônio Carlos Jobim/ Galeão, Campo Délia Jardim de Mattos/ Afonsos e Santos Dumont. Os dados de poluição do ar, concentração de material particulado (PM10) e ozônio (O₃) foram fornecidos pelo Instituto Estadual de Ambiente (INEA) e pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC), no período entre Janeiro de 2009 e Dezembro de 2013.

Para análise dos efeitos do aumento da temperatura atmosférica nas internações hospitalares por doenças cardíacas isquêmicas foi utilizado o software estatístico R (R

DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015) e a biblioteca *ares* (JUNGER, 2008), a qual constitui uma coleção de funções computacionais para análise de séries temporais.

Utilizamos a análise descritiva para avaliar a taxa de internação hospitalar e a variável explicativa através das correlações lineares de Pearson. A análise dos dados foi realizada por meio de regressão de Poisson semiparamétrica via modelos aditivos generalizados (HASTIE; TIBSHIRANI, 1990), no qual o número diário de internações hospitalares por DIC constituiram a variável dependente. Para o indicador de exposição foi utilizada a temperaturas média, e para variável de confusão, a concentração de poluentes atmosféricos (PM₁₀, Ozônio) e umidade relativa do ar. A partir de estudos de sensibilidade que utilizaram diferentes medidas de temperatura (temperatura média, máxima e mínima) para avaliar efeitos na saúde, evidenciou-se que os efeitos estimados foram similares para todas as medidas térmicas (ANDERSON; BELL, 2008; SON et al., 2012). Assim, a temperatura média foi escolhida como medida por representar a exposição ao longo do dia e ser facilmente utilizada para fins de tomada de decisão (GUO et al., 2011; YU et al., 2010). Além da análise para as internações por DIC, foi realizada estratificação em duas faixas etárias: 30 a 60 anos e 60 anos ou mais de idade.

A estratégia de análise consistiu em modelar a tendência e sazonalidade da série através de funções *splines*; os dias da semana e feriados através de variáveis indicadoras; as concentrações de poluentes atmosféricos e umidade relativa do ar por funções *splines*. Para avaliar a inclusão ou exclusão de termos no modelo e a qualidade de ajuste no modelo final foram utilizados diagnósticos usuais em análise de regressão.

Para cada desfecho foi criado um modelo de linha base incluindo os fatores de confusão conhecidos e disponíveis para a associação entre admissão hospitalares por DIC e temperatura atmosférica: o PM₁₀, ozônio e umidade relativa do ar.

Os feriados não significativos estatisticamente foram retirados do modelo e produzidos gráficos dos resíduos suavizados contra as variáveis PM₁₀, umidade relativa do ar e ozônio, com uma spline com 4 graus de liberdade para avaliar as melhores formas de representar as variáveis de confundimento no modelo, visando explicar a variabilidade do número diário de internações por doenças cardíacas isquêmicas.

Uma vez definido o modelo de linha de base, foram estimados os efeitos das temperaturas nas internações hospitalares por DIC através de um modelo de defasagem distribuída polinomial com 5 dias de defasagem. Foi utilizada a diferença de 1°C da temperatura atmosférica diária para cálculo dos riscos relativos percentuais.

RESULTADOS

Os quantitativos de internações hospitalares diárias estratificadas por faixa etária e sexo estão resumidos na Tabela 1. Entre os anos de 2009 e 2013 foram totalizadas 18.168 internações por DIC, sendo 6.855 (37,73%) do sexo feminino e 11.313 (62,27%) do sexo masculino. A média diária das internações foi de 9,94; de internações do sexo feminino e masculino foram, respectivamente, 3,84 e 6,17.

O número de internações por faixa etária foi 7.466 (41,09%) para indivíduos entre 30 e 60 anos, 10.702 (58,91%) para 60 anos ou mais de idade.

Tabela 1 - Resumo das estatísticas de internação hospitalar por doença cardíaca isquêmica no Rio de Janeiro, 2009-2013

	Total de internações		Internações diárias	
	Número	%	Média	sd
Total	18.168		9.9496	4,86
Sexo				
Feminino	6.855	37,73	3,8472	2,3660
Masculino	11.313	62,27	6,1725	3,4557
Faixa Etária				
30 - 60	7.466	41,09	4,0887	2,5661
≥60	10.702	58,91	5,8608	3,2580

A Tabela 2 corresponde às estatísticas dos fatores climáticos e da poluição do ar. Durante o período de 2009 a 2013, a concentração média diária de PM₁₀ e O₃ foi de 36,86 e 44,18 µg/m³, respectivamente. A média e máxima diária da temperatura média foi de 23,9°C e 32,2°C respectivamente; a média e a máxima da temperatura máxima foram 28,6°C e 40,2°C. A média e a máxima umidade relativa do ar foram 77,39% e 94,00%, remetendo ao clima tropical da cidade do Rio de Janeiro.

Tabela 2 - Resumo das medidas diárias dos fatores climáticos e concentração de poluentes do ar no Rio de Janeiro, 2009-2013

	Média	Desvio-padrão	Min	P(25)	Mediana	P(75)	Max
Poluentes Atmosféricos							
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	36.86	15.67	5.09	25.63	33.70	44.82	108.90
O ₃	44.18	20.86	0.21	29.62	40.81	55.65	149.06
Fatores Climáticos							
Temperatura média (°C)	23.9	2.9	14.8	21.7	23.8	26.2	32.2
Temperatura máxima (°C)	28.6	3.9	16.8	25.8	28.4	31.4	40.2
Umidade relativa (%)	77.39	7.27	51.20	72.80	78.00	82.40	94.00

Min: valores mínimos para os poluentes atmosféricos e fatores climáticos; Max: valores máximos para os poluentes atmosféricos e fatores climáticos; P(25): percentil 25; P(75): percentil 75

Os resultados das análises estatísticas utilizando o modelo de defasagem distribuída polinomial com 5 dias de defasagem estão demonstrados na Tabela 3.

Para as internações por DIC, foi evidenciado correlação com a temperatura média com 1 e 2 dias de defasagem e no efeito acumulado. Os riscos relativos percentuais para internações por DIC considerando a variação de 1 grau Celsius na temperatura atmosférica média e defasagem de 1 e 2 dias e no overall foram 0,59%, 0,46% e 0,68% respectivamente.

Para as internações por DIC estratificadas por idade na faixa etária entre 30 e 60 anos, o efeito acumulado foi estatisticamente significativo, apresentando p valor e risco relativo de 0,003 e 0,97%, respectivamente. Para as internações por DIC para a estratificação etária de 60 anos ou mais, foi evidenciada significância estatística com 1 e 2 dias de defasagem, com riscos relativos de 0,58% e 0,49%, respectivamente.

Nas internações por DIC e na faixa de 60 anos ou mais de idade, houve significância estatística com 5 dias de defasagem, evidenciando um efeito protetor, o qual pode ser explicado pelo fato de que aquelas pessoas internadas nos dias anteriores e liberadas, tenderam a permanecer *indoor* protegidas da exposição do calor.

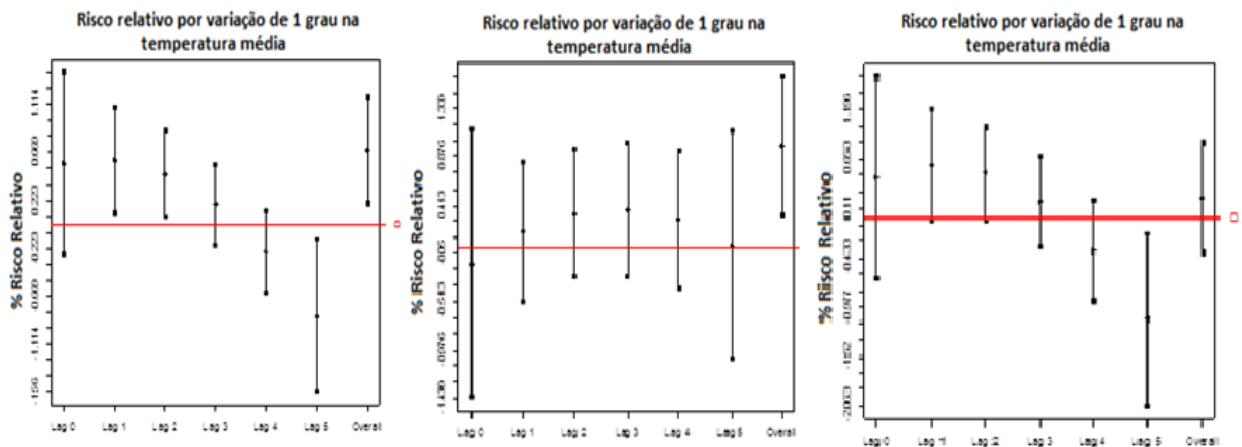
Tabela 3 - Modelo de defasagem distribuída polinomial com 5 dias de defasagem

Internações por DIC			
	RR%	IC(95%) RR%	p.valor
Tempmedia			
No dia concorrente	0.56	(-0.28; 1.41)	0.1931
Defasagem de 1 dia	0.59	(0.10; 1.08)	0.0179
Defasagem de 2 dias	0.46	(0.06; 0.87)	0.0241
Defasagem de 3 dias	0.18	(-0.19; 0.56)	0.3381
Defasagem de 4 dias	-0.25	(-0.64; 0.13)	0.1918
Defasagem de 5 dias	-0.85	(-1.56; -0.14)	0.0190
Acumulado	0.68	(0.19; 1.79)	0.0062
Internações 30 a 60 anos			
Tempmedia			
No dia concorrente	-0.16	(-1.44; 1.13)	0.8046
Defasagem de 1 dia	0.15	(-0.51; 0.82)	0.6483
Defasagem de 2 dias	0.33	(-0.28; 0.95)	0.2899
Defasagem de 3 dias	0.37	(-0.28; 1.02)	0.2645
Defasagem de 4 dias	0.27	(-0.39; 0.92)	0.4290
Defasagem de 5 dias	0.02	(-1.07; 1.12)	0.9704
Acumulado	0.98	(0.31; 1.67)	0.0039
Internações 60 anos ou mais			
Tempmáxima			
No dia concorrente	0.44	(-0.66; 1.56)	0.4317
Defasagem de 1 dia	0.58	(-0.01; 1.82)	0.0544
Defasagem de 2 dias	0.49	(-0.01; 1.01)	0.0557
Defasagem de 3 dias	0.18	(-0.33; 0.70)	0.4878
Defasagem de 4 dias	-0.35	(-0.91; 0.20)	0.2083
Defasagem de 5 dias	-1.11	(-2.06; -0.16)	0.0222
Acumulado	0.22	(-0.37; 0.82)	0.4608

RR %: risco relativo percentual; IC (95%) RR%: intervalo de confiança 95% do risco relativo percentual;

Na Figura 1, estão apresentados os gráficos com os efeitos das temperaturas médias estimados usando o modelo de defasagem distribuída polinomial com 5 dias de defasagem..

Figura 1 - Gráficos da trajetória dos riscos relativos percentuais estimados para a temperatura média usando o modelo de defasagem distribuída polinomial para as internações por DIC e estratificado por faixa etária de 30 a 60 anos e 60 anos ou mais, respectivamente.



DISCUSSÃO

As relações entre temperatura atmosférica e internações hospitalares por DIC são muito complexas e moduladas por vários fatores. Entretanto, neste estudo foi observada a associação positiva entre a exposição à temperatura ambiental média e máxima e o número diário de internações hospitalares por DIC.

Em alguns países com clima e estações do ano bem definidas, há relatos de eventos de extremas térmicas caracterizados por ondas de calor em períodos delimitados (EMPEREUR-BISSONNET et al., 2006; KNOWLTON et al., 2009). O clima do Rio de Janeiro é o tropical, onde o verão é quente e úmido e o inverno suave. Porém, observamos as médias térmicas altas mesmo nos dias de inverno. Assim, durante o ano todo, os moradores do Rio de Janeiro estão expostos aos potenciais efeitos do calor.

A temperatura ambiente pode afetar as internações hospitalares no dia atual como também em vários dias subsequentes. As manifestações após a exposição ao calor podem demorar alguns dias para surgirem, além do fato que as pessoas podem não procurar um hospital imediatamente quando se iniciam os sintomas. Não existem evidências que indiquem quais modelos de defasagem temporal são apropriados para as estimativas de

associação com desfechos relacionados a saúde. Estudos que abordam a temática da poluição do ar e temperatura ambiente e seus impactos na saúde, utilizam diversas estruturas de defasagens para as estimativas de associação (GUO et al., 2011; NARDOCCI et al., 2013; PUPPONG; HAJAT, 2011; ZANOBETTI et al., 2000). Um estudo realizado em Changsha, zona subtropical da China, objetivou quantificar os efeitos de latência e vulnerabilidade da temperatura sobre a DCV. Foi demonstrado que a cidade possui efeitos de defasagem curto para temperaturas quentes, com 3 dias de atraso, enquanto o efeito de defasagem foi longo para as temperaturas frias, com 10 a 25 dias de defasagem (HUANG; WANG; YU, 2014).

As medidas de temperatura média e máxima, utilizadas como variáveis de exposição para as internações por DIC, apresentaram resultados semelhantes nas análises. De acordo com estudos de sensibilidade que utilizaram diferentes medidas de temperatura (temperatura média, máxima e mínima) para avaliar efeitos na saúde, evidenciou-se que os efeitos estimados foram similares para todas as medidas térmicas (ANDERSON; BELL, 2008; SON et al., 2012). Alguns estudos optaram por utilizar a temperatura média como medida térmica por representar a exposição ao longo do dia e ser facilmente utilizada para fins de tomada de decisão (GUO et al., 2011; YU et al., 2010).

Os resultados do efeito da exposição a curto prazo ao calor (1 e 2 dias de defasagem) evidenciado nas internações hospitalares por DIC são semelhantes a de um estudo recente realizado em Shanghai com o objetivo de avaliar os efeitos a curto prazo da temperatura ambiente nas visitas aos serviços de emergência. Este observou significância estatísticas para até 3 dias de defasagem e o aumento de 1,78% dos atendimentos hospitalares para o acréscimo de 1ºC na temperatura ambiente (ZHANG et al., 2014b).

A exposição do ser humano ao calor pode alterar seus mecanismos fisiológicos que podem levar a internações hospitalares por DIC. Em uma onda de calor na Inglaterra, com temperatura exterior máxima de 34,6º C e mínima de 20,8º C foram observadas picos de mortalidade por trombose coronária e cerebral, com um a dois dias de exposição. Em uma exposição experimental de voluntários ao ar em movimento a 41º C durante seis horas repercutiu em alterações fisiológicas do corpo humano: aumento da temperatura corporal em 0,84º C, diminuição de 1,83 kg no peso corporal devido a transpiração, queda da pressão arterial, aumento da frequência cardíaca em 32 batimentos por minuto, aumento em 9% da contagem de células vermelhas, aumento de 24% da viscosidade sanguínea, aumento de 18% da contagem plaquetária e diminuição do seu volume, aumento do colesterol plasmático em 14% (KEATINGE et al., 1986a). Todos os processos fisiológicos compensatórios relatados

acima podem ter como desfecho um evento cardiovascular agudo. Um estudo brasileiro na cidade de São Paulo objetivou verificar as correlações entre temperatura e poluição e a incidência de IAM e AVC através de uma série histórica retrospectiva. Em dias com temperatura atmosférica superior a 26°C, foi observado um aumento de 4,9% nas internações por IAM e 2,8% nas internações por AVC por ano (RUMEL et al., 1993).

Ao estratificarmos por faixa etária, foi observado efeito da temperatura ambiental nas internações hospitalares diárias por DIC nas duas faixas etárias, porém apresentou maior risco relativo percentual na faixa etária de 30 a 60 anos de idade (0,98%), comparado a faixa etária de 60 anos ou mais (0,58%). Nossos resultados são similares a um estudo realizado em Estocolmo, Suécia, que avaliou a suscetibilidade a mortalidade devido ao efeito das temperaturas quentes e frias. Foi constatada a maior sensibilidade ao calor nos indivíduos com idade inferior aos 60 anos de idade e em áreas de menor poder aquisitivo, abordando a reflexão sobre a alteração do perfil da população vulnerável ao calor (ROCKLÖV et al., 2014). Alguns pesquisadores sugerem a maior ocorrência de internações por DIC nessa faixa etária devido a população de adultos jovens pertencerem ao grupo de trabalhadores ativos, suscetível a exposição direta da variação da temperatura ambiente, o que não ocorre com o idoso protegido do calor em sua residência (MO et al., 2012; ZHANG et al., 2014b).

Os efeito do calor observado na população idosa pode estar atrelado ao risco de desidratação devido a imobilidade, depleção de volume corporal e diminuição de mecanismos cardiovasculares compensatórios (BECKER; STEWART, 2011). Além disso, pode ser agravado pela suscetibilidade às doenças crônicas pré-existentes e pelo uso contínuo de medicamentos psicotrópicos que afetam a capacidade do corpo de adaptar-se às mudanças climáticas (BOUCHAMA; KNOCHEL, 2002), com a ocorrência de alterações sistêmicas e consequente hospitalização (JOHNSON et al., 2005; KNOWLTON et al., 2009). Fatores comportamentais também repercutem nos efeitos do calor sobre a população idosa. Em um pesquisa realizada com idosos na cidade de Londres, com objetivo de avaliar o conhecimento e a percepção dos riscos ao calor para os efeitos na saúde e para os comportamentos de proteção, foi evidenciado que idosos com DCNT não se consideravam velhos e vulneráveis ao calor, subestimando a interação potencial das doenças crônicas com a exposição ao calor (ABRAHAMSON et al., 2009).

Na faixa etária de 60 anos ou mais de idade, foi observado um efeito inverso com cinco dias de defasagem para as internações por DIC. Especulamos que esse resultado pode ser explicado pelo efeito *harvesting*. O termo

refere-se a um efeito de um agente ambiental em uma população de suscetíveis que antecipa o evento. Se uma exposição, como uma onda de calor, esgota a população suscetível, então existiria uma redução do evento para os dias subsequentes até a população ser reestabelecida. Um estudo com o objetivo de estimar os efeitos da temperatura e umidade do ar nas internações hospitalares por doenças cardíacas e infarto do miocárdio de indivíduos com 65 anos ou mais de idade em 12 cidades dos Estados Unidos, avaliou possíveis efeitos retardados e *harvesting*, examinando o tempo de impacto de até 20 dias antes de cada admissão. O resultado desse estudo observou que o efeito das temperaturas muito elevadas tiveram um padrão consistente com o efeito *harvesting*, vários dias após um episódio de alta temperatura, foram observadas menos admissões hospitalares, concluindo que os efeitos das temperaturas sobre as admissões ocorrem dentro de alguns dias após a exposição e a maior parte do efeito das altas temperaturas é o deslocamento de curto prazo dos eventos (SCHWARTZ; SAMET; PATZ, 2004). Algumas situações podem corroborar essa ideia, como a de que as pessoas internadas nos dias anteriores e que já receberam alta hospitalar, tenderem a permanecer *indoors*, protegidas da exposição do calor, além de fatores comportamentais atrelados a esse resultado, como por exemplo, os adultos que têm que trabalhar mesmo em dias quentes enquanto os idosos podem ficar em suas casas protegidos do efeito do calor.

Os efeitos das ondas de calor podem ser evitáveis através de hidratação, climatização de ambientes e proteção à exposição ao calor. Em alguns países, existem estratégias de saúde pública específicas para evitar os impactos negativos das ondas de calor dirigidos a grupos suscetíveis, incluindo sistemas de alerta rápido de onda de calor, planos de emergência e de refrigeração (KOVATS; EBI, 2006; NITSCHKE et al., 2013; O'NEILL et al., 2009).

Reconhecemos algumas limitações relacionados ao presente estudo. Não realizamos análise por estratos socioeconômicos. A distribuição de renda desigual entre a população e a menor proporção de moradores com alta renda podem contribuir para a maior sensibilidade dos efeitos do calor. Um estudo australiano procurou quantificar a variabilidade espacial da morbidade relacionada ao calor e realçar áreas de maior risco através de determinantes sociais e ambientais. O aumento de 10° C na temperatura máxima durante o verão foi associado a um aumento de 7,2% nas internações hospitalares no dia seguinte e as áreas de alto risco foram associadas a maior densidade populacional e poucos moradores com renda elevada (HONDULA; BARNETT, 2014). A variabilidade espacial da situação socioeconômica pode incidir sobre as medidas de cunho político para amenizar os efeitos do calor sobre a população.

Ao usarmos os dados de temperatura de estações meteorológicas, ficamos restritos as medições da temperatura ambiente. A utilização da temperatura ambiente ao invés de medidas de exposição pessoais podem gerar erros de classificação, levando em consideração que a temperatura externa e a temperatura no interior das casas podem ter diferenças significativas devido ao uso de ar condicionado.

A utilização de dados de intermações gerados a partir das AIH's contemplam as pessoas que utilizam o SUS ou rede conveniada, sendo excluídas as pessoas que utilizam convênios particulares. Portanto, é possível que haja uma subrepresentação da população alvo. Compreendemos que estudos futuros são necessários para avaliar os efeitos associados ao clima quente em diferentes regiões com características populacionais distintas.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAMSON, V. et al. Perceptions of heatwave risks to health: interview-based study of older people in London and Norwich, UK. **Journal of public health (Oxford, England)**, v. 31, n. 1, p. 119–26, 1 mar. 2009.
- ANDERSON, G. B.; BELL, M. L. Extreme Temperature Effects: A Study of the Effects of Heat, Cold, and Heat Waves on Human Mortality in 107 US Cities. **Epidemiology**, v. 19, n. 6, p. S269–S269, 2008.
- BECKER, J. A.; STEWART, L. K. Heat-related illness. **American family physician**, v. 83, n. 11, p. 1325–1330, 2011.
- BOUCHAMA, A.; KNOCHEL, J. P. Heat stroke. **The New England journal of medicine**, v. 346, n. 25, p. 1978–88, 20 jun. 2002.
- BRASIL, L. **Lei 8.080/90. Lei Orgânica da Saúde**. Brasília, 1990.
- EMPEREUR-BISSONNET, P. et al. Heatwave in France, July 2006: 112 excess deaths so far attributed to the heat. **Euro surveillance : bulletin Européen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin**, v. 11, n. 8, p. E060803.3, jan. 2006.
- EVERITT, B. S.; SKRONDAL, A. **The Cambridge dictionary os statistics in the medical sciences**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- GUO, Y. et al. The impact of temperature on mortality in Tianjin, China: a case-crossover design with a distributed lag nonlinear model. **Environmental health perspectives**, v. 119, n. 12, p. 1719–25, dez. 2011.
- HA, S. et al. The effects of heat stress and its effect modifiers on stroke hospitalizations in Allegheny County, Pennsylvania. **International archives of occupational and environmental health**, v. 87, n. 5, p. 557–65, 30 jul. 2014.

- HANSEN, A. L. et al. The effect of heat waves on hospital admissions for renal disease in a temperate city of Australia. **International journal of epidemiology**, v. 37, n. 6, p. 1359–65, dez. 2008.
- HASTIE, T. J.; TIBSHIRANI, R. J. **Generalized Additive Models**. [s.l: s.n.]
- HONDULA, D. M.; BARNETT, A. G. Heat-related morbidity in brisbane, australia: spatial variation and area-level predictors. **Environmental health perspectives**, v. 122, n. 8, p. 831–6, ago. 2014.
- HUANG, J.; WANG, J.; YU, W. The Lag Effects and Vulnerabilities of Temperature Effects on Cardiovascular Disease Mortality in a Subtropical Climate Zone in China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 11, n. 4, p. 3982–3994, 11 abr. 2014.
- JOHNSON, H. et al. **The impact of the 2003 heat wave on mortality and hospital admissions in England****Health Statistics Quarterly**Her Majesty's Stationery Office (HMSO), , 3 abr. 2005. Disponível em: <http://cedadocs.badc.rl.ac.uk/291/1/health_stats.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2013
- JUNGER, W. L. **Análise, imputação de dados e interfaces computacionais em estudos de séries temporais epidemiológicas**. [s.l.] s.n, 2008.
- KEATINGE, W. R. et al. Increased platelet and red cell counts, blood viscosity, and plasma cholesterol levels during heat stress, and mortality from coronary and cerebral thrombosis. **The American journal of medicine**, v. 81, n. 5, p. 795–800, nov. 1986.
- KNOWLTON, K. et al. The 2006 California Heat Wave: Impacts on Hospitalizations and Emergency Department Visits. **Environmental Health Perspectives**, v. 117, n. 1, p. 61–67, 2009.
- KOVATS, R. S.; EBI, K. L. Heatwaves and public health in Europe. **European journal of public health**, v. 16, n. 6, p. 592–9, dez. 2006.
- LAVIGNE, E. et al. Extreme ambient temperatures and cardiorespiratory emergency room visits: assessing risk by comorbid health conditions in a time series study. **Environmental health : a global access science source**, v. 13, n. 1, p. 5, jan. 2014.
- LIN, S. et al. Extreme high temperatures and hospital admissions for respiratory and cardiovascular diseases. **Epidemiology (Cambridge, Mass.)**, v. 20, n. 5, p. 738–46, set. 2009.
- MA, W. et al. Impact of extreme temperature on hospital admission in Shanghai, China. **The Science of the total environment**, v. 409, n. 19, p. 3634–7, 1 set. 2011.
- MO, Y. et al. [Relationship between daily mean temperature and emergency department visits for respiratory diseases: a time-series analysis]. **Beijing da xue xue bao. Yi xue ban = Journal of Peking University. Health sciences**, v. 44, n. 3, p. 416–20, 18 jun. 2012.
- NARDOCCI, A. C. et al. Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 29, n. 9, p. 1867–1876, set. 2013.
- NITSCHKE, M. et al. Risk Factors, Health Effects and Behaviour in Older People during Extreme Heat: A Survey in South Australia. **International journal of environmental research and public health**, v. 10, n. 12, p. 6721–33, dez. 2013.
- O'NEILL, M. S. et al. Preventing heat-related morbidity and mortality: new approaches in a changing climate. **Maturitas**, v. 64, n. 2, p. 98–103, 20 out. 2009.

- PETERS, A. et al. Increased plasma viscosity during an air pollution episode: a link to mortality? **Lancet**, v. 349, n. 9065, p. 1582–7, 31 maio 1997.
- PUDPONG, N.; HAJAT, S. High temperature effects on out-patient visits and hospital admissions in Chiang Mai, Thailand. **The Science of the total environment**, v. 409, n. 24, p. 5260–7, 15 nov. 2011.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **The R Project for Statistical Computing**. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>.
- ROCKLÖV, J. 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, p. 22737, jan. 2014.
- RUMEL, D. et al. Infarto do miocárdio e acidente vascular cerebral associados à alta temperatura e monóxido de carbono em área metropolitana do sudeste do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 27, n. 1, p. 15–22, fev. 1993.
- SCHWARTZ, J.; SAMET, J. M.; PATZ, J. A. Hospital admissions for heart disease: the effects of temperature and humidity. **Epidemiology (Cambridge, Mass.)**, v. 15, n. 6, p. 755–61, nov. 2004.
- SON, J.-Y. et al. The Impact of Heat Waves on Mortality in Seven Major Cities in Korea. **Environmental Health Perspectives**, v. 120, n. 4, p. 566–571, 2012.
- WANG, M. et al. The association between diurnal temperature range and emergency room admissions for cardiovascular, respiratory, digestive and genitourinary disease among the elderly: a time series study. **The Science of the total environment**, v. 456-457, p. 370–5, 1 jul. 2013.
- WHO. **Climate change and health: a tool to estimate health and adaptation costs**. [s.l.] World Health Organization, 2013.
- WHO. **Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s**World Health Organization, , 2014a.
- WHO. **Global status report on noncommunicable diseases 2014**World Health Organization, , 2014b. Disponível em: <<http://www.who.int/nmh/publications/ncd-status-report-2014/en/>>. Acesso em: 1 mar. 2015
- WILSON, L. A. et al. The impact of heat on mortality and morbidity in the Greater Metropolitan Sydney Region: a case crossover analysis. **Environmental Health**, v. 12, n. 1, p. 98, 2013.
- YU, W. et al. Is the association between temperature and mortality modified by age, gender and socio-economic status? **The Science of the total environment**, v. 408, n. 17, p. 3513–8, 1 ago. 2010.
- ZANOBETTI, A. et al. Generalized additive distributed lag models: quantifying mortality displacement. **Biostatistics**, v. 1, n. 3, p. 279–292, 2000.
- ZHANG, Y. et al. Effect of ambient temperature on emergency department visits in Shanghai, China: a time series study. **Environmental health : a global access science source**, v. 13, n. 1, p. 100, jan. 2014.

ANEXO - Carta de Aprovação no Comitê de Ética

INSTITUTO DE MEDICINA
SOCIAL-UNIVERSIDADE DO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO-



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Associação entre Temperatura Atmosférica e Internações Hospitalares por Doença Cardiovascular no município do Rio de Janeiro

Pesquisador: Lívia Azevedo Bahia

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 29842514.3.0000.5260

Instituição Proponente: Instituto de Medicina Social-Universidade do Estado do Rio de Janeiro-UERJ

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 624.863

Data da Relatoria: 15/04/2014

Apresentação do Projeto:

A proposta traz 3 fundamentos que justificam sua execução: aumento na temperatura global, especialmente nas últimas 5 décadas; aumento das internações por doenças cardiovasculares; e um mecanismo teórico que associa os dois eventos acima. Serão utilizados dados secundários, cujas fontes serão o Departamento de Informática do SUS (DataSUS) e o Instituto de Controle do Espaço Aéreo (IPEA).

Objetivo da Pesquisa:

Estudar associação entre a elevação da temperatura atmosférica e internações hospitalares.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos

A autora declara que "por se tratar de estudo epidemiológico com base de dados secundário, não existe risco aparente". De fato, os dados serão extraídos de forma eletrônica via Internet, e não haverá contato com pacientes e nem qualquer forma de identificação dos mesmos.

Benefícios

Sem benefício direto para os pacientes envolvidos.

Endereço:	Rua São Francisco Xavier, 524 - Sala 7003-D		
Bairro:	Méier	CEP:	20.550-900
UF: RJ	Município:	RIO DE JANEIRO	
Telefone:	(21)2334-0235	Fax:	(21)2334-2152
		E-mail:	cep-im@ms.uerj.br

**INSTITUTO DE MEDICINA
SOCIAL-UNIVERSIDADE DO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO-**



Continuação do Parecer: 624.003

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A autora propõe dispensa do termo de consentimento, o que se aplica ao presente projeto.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Adequado.

Recomendações:

Sem recomendações

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem recomendações

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

O colegiado confirma a aprovação, tendo também considerado tratar-se de projeto que, por sua natureza e metodologia, poderia dispensar o trâmite por Comitê de Ética em Pesquisas envolvendo seres humanos.

RIO DE JANEIRO, 24 de Abril de 2014

Assinador por:
Rossano Cabral Lima
(Coordenador)

Endereço: Rue São Francisco Xavier, 524 - Sala 7003-D	CEP: 20.550-900
Bairro: Maracanã	
UF: RJ	Município: RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2334-0235	Fax: (21)2334-2152
	E-mail: cep-lms@ims.uerj.br