



MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SAÚDE: UMA APLICAÇÃO COM OS PACOTES DLNM E MVMETA DO R

Ludmilla da Silva Viana Jacobson¹, Beatriz Oliveira², Sandra de Souza Hacon³ e

Washington Leite Junger⁴

Introdução

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) tem enfatizado a importância de estudos de associação entre temperatura e ondas de calor com desfechos de saúde, principalmente em relação às populações mais vulneráveis. No recém relatório do IPCC, 2018, foi reforçado a prioridade da temática Clima e Saúde, devido as projeções de aumento da temperatura média global entre 2° C e 4,5°C para o fim do século XXI. O papel que o IPCC desempenha no avanço do conhecimento sobre os impactos das mudanças climáticas para a saúde justifica a quantidade de estudos que têm avaliado os efeitos das mudanças climáticas em diferentes desfechos de saúde. Uma busca no pubmed com as palavras-chave *climate AND change AND health* resultou em 8246 artigos científicos. Ao refinar a busca para *climate AND change AND temperature AND health* o número de artigos reduziu para 1984. O número de artigos publicados neste tema vêm crescendo de forma exponencial nos últimos 10 anos. Isto se deve a diversos fatores como a maior frequência da ocorrência de eventos extremos relacionados ao clima, às projeções das variáveis climáticas por meio dos modelos climáticos indicando aquecimento global de 4,5°C até o final do século e a necessidade de evidências da associação, com base em modelos estatísticos entre exposição a ondas de calor e desfechos de saúde. Os gestores e profissionais de saúde vêm questionando sobre quais os impactos das mudanças climáticas na saúde, com o intuito de capacitar seus profissionais e propor medidas que favoreçam a mitigação e/ou adaptação da população na ocorrência destes eventos extremos, principalmente em grupos populacionais mais vulneráveis.

Em 2011, Antonio Gasparrini propôs em sua Tese de Doutorado defendida na *London School of Hygiene & Tropical Medicine*, novos métodos estatísticos para avaliar a associação entre temperatura e saúde (GASPARRINI, 2011). Dentre as contribuições da

¹ Universidade Federal Fluminense (UFF), ludmillajacobson@id.uff.br

² Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), beatrizenf@gmail.com

³ Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), sandrahacon@gmail.com

⁴ Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), wjunger@ims.uerj.br



Tese destacam-se os pacotes *dlm* e *mvmeta*, ambos implementados no R. Atualmente os pacotes estão em suas versões 2.3.6 e 0.4.11, respectivamente.

Segundo o arquivo de descrição do pacote, o *dlm* é um conjunto de funções para o ajuste de modelos de regressão lineares e não lineares com defasagem distribuída. Na área de saúde e ambiente, por exemplo no estudo da relação entre exposição a temperatura e seu efeito na ocorrência de óbitos, a principal contribuição do método é a possibilidade de ajustar simultaneamente tanto a tendência quanto a defasagem da exposição por uma estrutura não linear, conhecida como ajuste da associação exposição-defasagem-resposta (GASPARRINI, 2011). Por sua vez, o pacote *mvmeta* é um conjunto de funções que permitem o ajuste de efeitos fixos e aleatórios, de forma univariada e multivariada, por meio de meta-análise e meta-regressão (GASPARRINI et al., 2012). No estudo das mudanças climáticas e saúde é comum a avaliação de vários locais conjuntamente, uma vez que a mudança da temperatura é global e as projeções provenientes dos modelos climáticos levam em consideração esta questão. No entanto, cada local tem características socioeconômicas, ambientais, físicas, e etc próprias. A meta-análise e meta-regressão são usadas para ajustar a heterogeneidade das estimativas provenientes da análise realizada por meio do pacote *dlm* segundo as diversas características dos locais em estudo. As capitais brasileiras, por exemplo, são muito diferentes quanto as características ambientais (incluindo variáveis climáticas), socioeconômicas, políticas e de saúde. Portanto, a necessidade e importância do uso destes pacotes conjuntamente na análise dos efeitos de variáveis climáticas na saúde.

Segundo o pubmed até o momento poucos estudos no Brasil utilizaram estes pacotes na avaliação da associação clima e saúde (ZHAO et al., 2019; ZHAO et al., 2018).

Objetivos

Apresentar um resumo dos resultados da avaliação dos efeitos da temperatura na ocorrência de óbitos por doenças respiratórias em idosos com 60 anos e mais nas capitais brasileiras, por meio da análise realizada em duas etapas com os pacotes *dlm* e *mvmeta*.

Material e Método

Estudo ecológico de séries temporais no período de 2000 a 2010, nas capitais brasileiras. A variável dependente foi o número diário de óbitos por doenças respiratórias em idosos com 60 anos e mais, disponibilizado pelo DATASUS. A variável de exposição foi a média diária de temperatura, modelada e disponibilizada pelo projeto de reanálises do ERA-INTERIM.



A análise foi realizada em duas etapas. Na primeira, por meio do pacote *dlnm*, foi ajustado um modelo linear generalizado, com distribuição quasi-poisson combinado com o modelo não-linear de defasagem distribuída, para cada capital. Foram incluídos ajuste de tendência e sazonalidade por *spline* cúbica com 4 nós por ano, umidade com ajuste por *spline* cúbica com três nós igualmente espaçados e dia da semana com ajuste linear. Quanto a temperatura, a tendência e sazonalidade foram ajustadas por *spline* cúbica com três nós (percentis 10, 75, 90), defasagem de 21 dias ajustada por *spline* cúbica com três nós igualmente espaçados. Os resultados foram apresentados como efeitos acumulados (*Overall*) de 21 dias; risco relativo acumulado da exposição de 21 dias, re-centralizado para comparação à temperatura de risco mínimo. Na etapa seguinte, com o pacote *mvmeta*, uma meta-regressão foi realizada tendo como variáveis de ajuste a amplitude da temperatura e o Índice de Vulnerabilidade Social disponibilizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

Todas as análises foram realizadas no programa R (2017) e os principais pacotes utilizados foram *dlnm* (GASPARRINI, 2011) e *mvmeta* (GASPARRINI, 2012).

Resultados e Discussão

A figura 1 apresenta os riscos relativos da relação entre temperatura e óbito, considerando a defasagem da exposição para o Rio de Janeiro. Na figura 1a verifica-se a curva estimada da associação exposição-defasagem-resposta e a figura 1b apresenta o efeito bruto acumulado da exposição de 21 dias (*Overall*). Estes resultados foram estimados para todas as capitais do Brasil, pelo pacote *dlnm*. No Rio de Janeiro a temperatura de risco mínimo para o óbito foi de 24°C. Para o Rio de Janeiro define-se como efeito do calor a exposição à temperaturas acima 24°C, e efeito do frio para a exposição às temperaturas abaixo de 24°C. Neste caso, o risco de óbito por doenças respiratórias nos idosos é maior no calor, e aumenta conforme o aumento da temperatura.

A figura 2 mostra outras possibilidades para apresentação dos ajustes. Por exemplo: (i) os riscos relativos quando a temperatura é de 27°C (percentil 90 da distribuição da temperatura do Rio de Janeiro); (ii) o efeito defasado da exposição a temperatura de 5 dias passados. Observa-se que para o Rio de Janeiro o risco de óbito por doenças respiratórias em idosos é maior para as temperaturas acima de 25°C e defasagens de 0 a 5 dias.

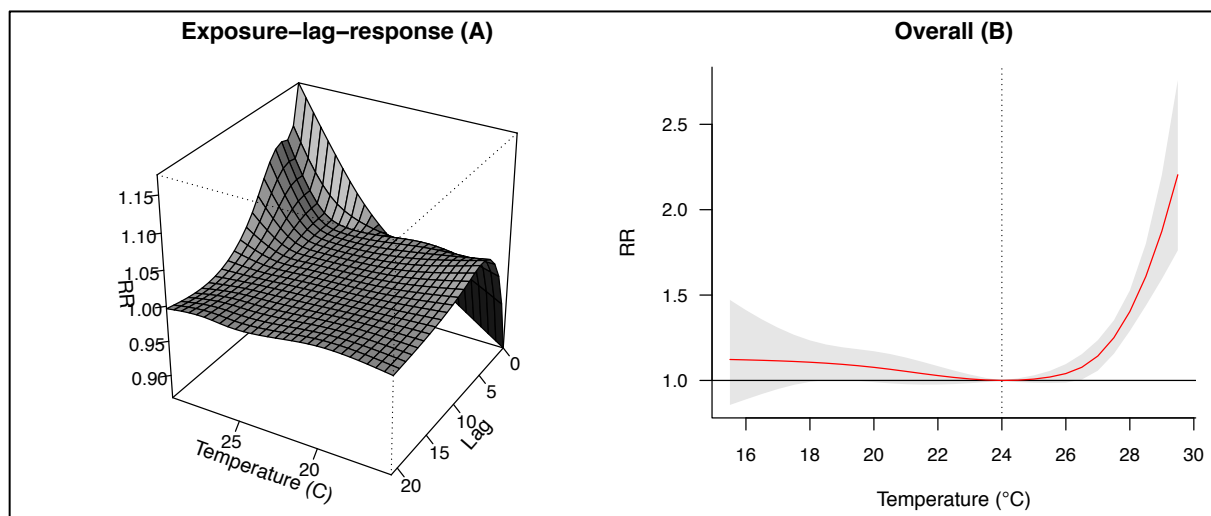


Figura 1 – Riscos Relativos ajustados para temperatura e óbito por doenças respiratórias no Rio de Janeiro, 2000 a 2010.

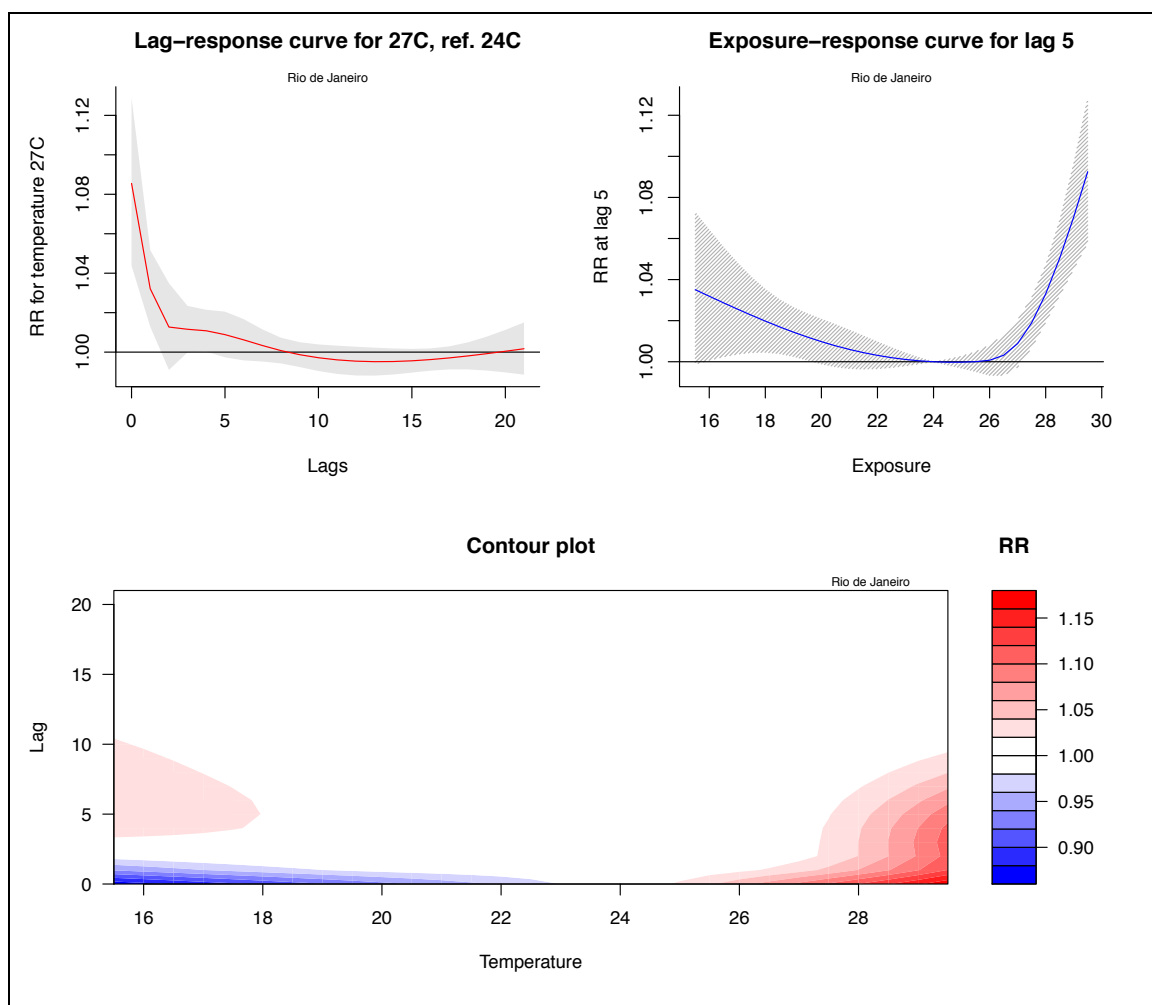


Figura 2. Exemplos de gráficos dos RR estimados para o Rio de Janeiro, 2000 a 2010.

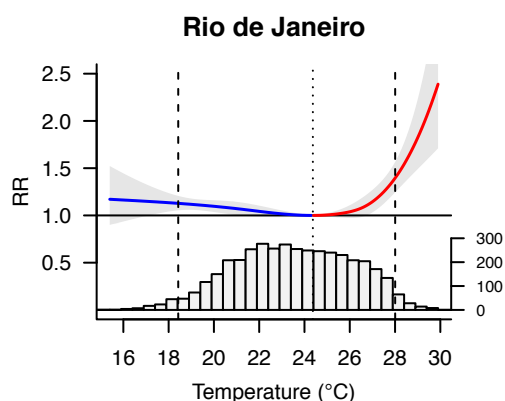


Figura 3. Risco Relativo ajustado pelo Blup.

Na segunda etapa (pacote *mvmeta*), a meta-regressão foi estatisticamente significativa e reduziu a heterogeneidade entre as capitais (p -valor=0,002; $I^2=32,2\%$). Nesta etapa, foi utilizado o método Blup (Best Linear Unbiased Prediction) no ajuste dos efeitos aleatórios. A figura 3 mostra a curva ajustada para o Rio de Janeiro para o efeito acumulado em 21 dias, com a correção da heterogeneidade entre as capitais.

Conclusão

Os métodos estatísticos incluídos nos pacotes *dlnm* e *mvmeta* se mostraram consistentes no ajuste da associação entre temperatura e óbito por doenças respiratórias em idosos residentes nas capitais brasileiras. Os resultados sugerem o aumento do risco de óbito quando a temperatura aumenta.

Referências

- Gasparri A. Statistical methods in studies on temperature-health associations. London School of Hygiene and Tropical Medicine, 2011.
- Gasparri A. Distributed lag linear and non-linear models in R: the package *dlnm*. Journal of Statistical Software. 2011; 43(8):1-20. URL <http://www.jstatsoft.org/v43/i08/>.
- Gasparri A., Armstrong, B., Kenward M. G. (2012). Multivariate meta-analysis for non-linear and other multi-parameter associations. Statistics in Medicine. 31(29):3821-3839.
- R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Zhao Q(1), Coelho MSZS(2), Li S(3), Saldiva PHN(4), Hu K(5), Abramson MJ(1), Huxley RR(6), Guo Y(7). Spatiotemporal and demographic variation in the association between temperature variability and hospitalizations in Brazil during 2000-2015: A Nationwide time-series study. Environ Int. 2018 Nov;120:345-353. doi: 10.1016/j.envint.2018.08.021. Epub 2018 Aug 13.
- Zhao Q, Li S, Coelho MSZS, Saldiva PHN, Hu K, Abramson MJ, Huxley RR, Guo Y. Assessment of Intraseasonal Variation in Hospitalization Associated With Heat Exposure in Brazil. JAMA Netw Open. 2019 Feb 1;2(2):e187901.