

## Dez invernos de vigilância: 10 anos do sistema FRIESA (FRlo Extremo na SAÚDE)

Ten winters of surveillance: 10 years of the FRIESA system (Extreme Cold in Health)

Susana das Neves Pereira da Silva<sup>1</sup>, Sílvia Antunes<sup>2</sup>, Jorge Marques<sup>2</sup>, Carlos Matias Dias<sup>1</sup>, Ana Paula Rodrigues<sup>1</sup>

susana.pereira@insa.min-saude.pt

(1) Departamento de Epidemiologia, Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, Lisboa, Portugal

(2) Divisão de Clima e Alterações Climáticas, Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Lisboa, Portugal

### \_Resumo

O Sistema FRIESA foi criado em 2014 para monitorizar o impacto do frio extremo na mortalidade nos distritos de Lisboa e do Porto. Após uma década de atividade, este artigo sintetiza os principais resultados e seu contributo na definição e implementação das medidas de saúde pública.

Para este trabalho foram analisados os resultados dos relatórios anuais do FRIESA, tendo sido demonstrada a utilidade do sistema na identificação precoce de períodos críticos e na produção de evidência científica para apoio à decisão em saúde pública.

### \_Abstract

The FRIESA System was created in 2014 to monitor the effects of extreme cold on mortality in the districts of Lisbon and Porto. After a decade of activity, this article summarizes the main results and their contribution to the definition and implementation of public health measures.

For this work, the results of FRIESA's annual reports were analysed, demonstrating the usefulness of the system in the early identification of critical periods and in the production of scientific evidence to support public health decision-making.

### \_Introdução

As temperaturas extremas são reconhecidas como determinantes ambientais com impacto significativo na saúde humana cujos efeitos são uma preocupação crescente em Portugal (1-3). Desde 1999 que o Departamento de Epidemiologia do INSA criou e gere um sistema de alerta precoce dedicado ao calor extremo (4,5) — o ÍCARO (Importância do CALor: Repercussões sobre os Óbitos) — mas faltava uma resposta equivalente para os impactos do frio. Para colmatar essa lacuna, foi financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), um projeto exploratório (EXPL/DTP-SAP/1373/2013), com o objetivo de estudar os efeitos das temperaturas mínimas extremas na mortalidade e desenvolver um sistema de alerta precoce para os períodos de inverno (6).

Dessa iniciativa nasceu o Sistema FRIESA (FRlo Extremo na SAÚDE), pensado para monitorizar o impacto das temperaturas mínimas extremas na saúde das populações e emitir alertas precoces quando da identificação de potenciais riscos associados ao frio intenso. O projeto permitiu criar as bases metodológicas e operacionais do sistema, promovendo a colaboração entre instituições científicas e de saúde e reforçando a capacidade de resposta a eventos climáticos adversos (6).

Atualmente, o FRIESA funciona como um sistema sazonal de alerta precoce, com emissão de boletins diários, entre novembro e março, consolidando-se como uma ferramenta importante para a saúde pública, sendo os seus resultados usados como um dos indicadores para a ativação dos Planos de Contingência para o Inverno. O sistema abrange os distritos de Lisboa e Porto, áreas maioritariamente urbanas e com elevada densidade populacional. Parte desta população apresenta vulnerabilidade acrescida ao frio pelas características habitacionais que limitam a capacidade de isolamento térmico. Os Boletins diários contêm informação das temperaturas mínimas (registadas nos últimos dias e previstas para os próximos 9) e do Índice-FRIESA, que é um indicador do potencial impacto do frio na mortalidade calculado com base nas temperaturas mínimas, ou seja, da possibilidade de ocorrência de excessos de mortalidade associados ao frio extremo.

Os Índices-FRIESA são apresentados no Boletim em gráfico, com a série temporal da época corrente para os distritos de Lisboa e do Porto considerando a população com 65 e mais anos e, em tabela, é apresentado o potencial risco para o próprio dia e 9 dias seguintes. As estimativas diárias

são sempre corrigidas posteriormente considerando as temperaturas efetivamente registadas. De acordo com os valores obtidos, são definidos três níveis de alerta, específicos para cada estrato: Verde (Efeito pouco provável sobre a mortalidade), Laranja (Efeito provável sobre a mortalidade) e Vermelho (Efeito muito provável sobre a mortalidade). Estes níveis ajudam a comunicar o grau de risco associado às temperaturas mínimas extremas, facilitando a tomada de decisões por parte das autoridades de saúde pública e outros *stakeholders*, nomeadamente as autarquias ou a Proteção Civil.

No final de cada época FRIESA é publicado um relatório (7-16). Esta publicação regular de relatórios anuais tem como objetivo descrever a época, avaliar a performance do sistema e, deste modo, reforçar a transparência e a utilidade científica do sistema.

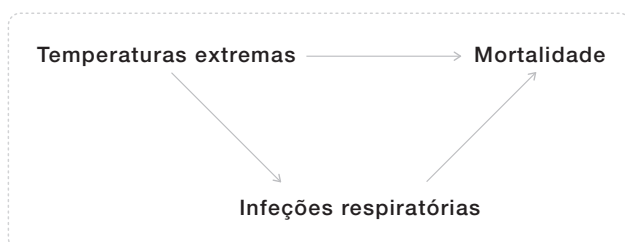
### \_Objetivo

Este trabalho tem como objetivo apresentar os 10 anos de atividade do Sistema FRIESA, sintetizando os principais resultados obtidos ao longo de uma década e discutir o seu impacto na saúde pública bem como as perspetivas futuras.

### \_Materiais e métodos

O Sistema FRIESA está ativo durante os meses de inverno, entre novembro e março, sendo emitidos boletins diários com estimativas do potencial risco do frio extremo na mortalidade para os distritos de Lisboa e Porto. As estimativas de risco resultam de modelos matemáticos desenvolvidos de acordo diagrama de causalidade apresentado na [figura 1](#).

Figura 1: Diagrama de causalidade representando as relações entre temperaturas extremas (baixas), infeções respiratórias e mortalidade.



O Sistema utiliza modelos de Regressão de Poisson combinados com Modelos não lineares de desfasamento distribuído (*Distributed Lag Non-linear Models – DLNM*), desenvolvidos especificamente para cada distrito - Lisboa e Porto - e para a população geral e com 65 e mais anos de idade. Estes modelos são, ainda, ajustados para a tendência e sazonalidade. A variável de interesse é a temperatura mínima do ar (valores disponibilizados pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera - IPMA), que é considerada como factor de risco para a mortalidade. A taxa de incidência de síndrome gripal, recolhida pela Rede Médicos-Sentinela (MS), é incluída como fator mediador do efeito (17), dado que o frio aumenta quer a circulação dos agentes causais responsáveis pelas principais infeções respiratórias agudas no inverno, quer a suscetibilidade às infeções respiratórias. O Índice-FRIESA é uma medida numérica do risco potencial que as temperaturas mínimas extremamente têm no aumento da mortalidade. Compara os óbitos previstos pelo modelo estatístico subjacente ao sistema de vigilância FRIESA (óbitos esperados para as temperaturas estimadas), com os óbitos esperados sem o efeito das temperaturas extremamente baixas. O Índice-FRIESA toma valores iguais ou superiores a zero.

Para avaliação do sistema foram calculadas quatro métricas: sensibilidade; especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo, comparando os alertas emitidos pelo sistema, considerando as temperaturas registadas, com a ocorrência de períodos de excesso de mortalidade. A sensibilidade foi definida como a proporção de períodos com excesso corretamente identificados pelo sistema, enquanto a especificidade corresponde à proporção de períodos sem excesso de mortalidade corretamente não sinalizados pelo sistema FRIESA. O valor preditivo positivo (VPP) indica a probabilidade de um alerta corresponder a um excesso real, e o valor preditivo negativo (VPN) representa a probabilidade de ausência de alerta coincidir com ausência de excesso de mortalidade.

## \_Resultados

O Sistema FRIESA teve a sua fase piloto na época 2015/16 sendo revisto no final dessa época, e mantendo a essa versão até ao presente. Considerando a nova versão, em todas as épocas o sistema identificou múltiplos dias com previsão de impacto provável na mortalidade quer em Lisboa quer no Porto, sendo a população com 65 ou mais anos consistentemente a mais afetada. A **figura 2** apresenta o resumo dos relatórios de época realizados entre as épocas 2015/16 e 2024/25.

A concordância temporal entre os períodos com índices FRIESA mais elevados e os períodos com excesso de mortalidade demonstrada no gráfico da **figura 2** evidencia a utilidade do Sistema FRIESA na vigilância epidemiológica. A sua capacidade de integrar dados meteorológicos e de saúde permitiu a identificação precoce de riscos e disponibilização de informação útil para a tomada de medidas de prevenção e mitigação dos efeitos do frio na saúde das populações.

As épocas 2019/20 e 2021/22 foram as épocas com um menor número de dias com temperaturas extremamente baixas com impacto na mortalidade, identificados especialmente no Porto (menos de 5 % dos dias).

Especificamente no distrito de Lisboa (**tabela 1**), ao longo de todas as épocas, os valores de especificidade têm-se mantido elevados (média de 90%), garantindo que a maioria dos períodos sem excesso não são sinalizados como alerta. Por outro lado, a sensibilidade média (55 %) indica que o sistema identifica pouco mais de metade dos períodos com excesso, revelando uma limitação na capacidade de deteção completa dos eventos. Esta limitação pode estar associada a fatores externos, como o impacto da gripe na mortalidade dado que a epidemia de gripe é geralmente coincidente com os períodos mais frios, que não são diretamente captados pelos indicadores utilizados no sistema.

Já no distrito do Porto (**tabela 1**) e também ao longo de todas as épocas, o valor médio de especificidade superior a 90 % (96 % para a população geral e 92 % para a população do 65 e mais anos de idade), garante, também, que a maioria dos períodos sem excesso de mortalidade não são sinalizados como alerta. Por outro lado, a sensibilidade é também mais baixa, o que pode mais uma vez estar relacionado com fatores externos, que não são diretamente captados pelos indicadores utilizados no sistema.

Figura 2: ▾ Índices FRIESA diários em cada época (azul) com indicação dos limiares específicos (linhas a tracejado laranja e vermelho).

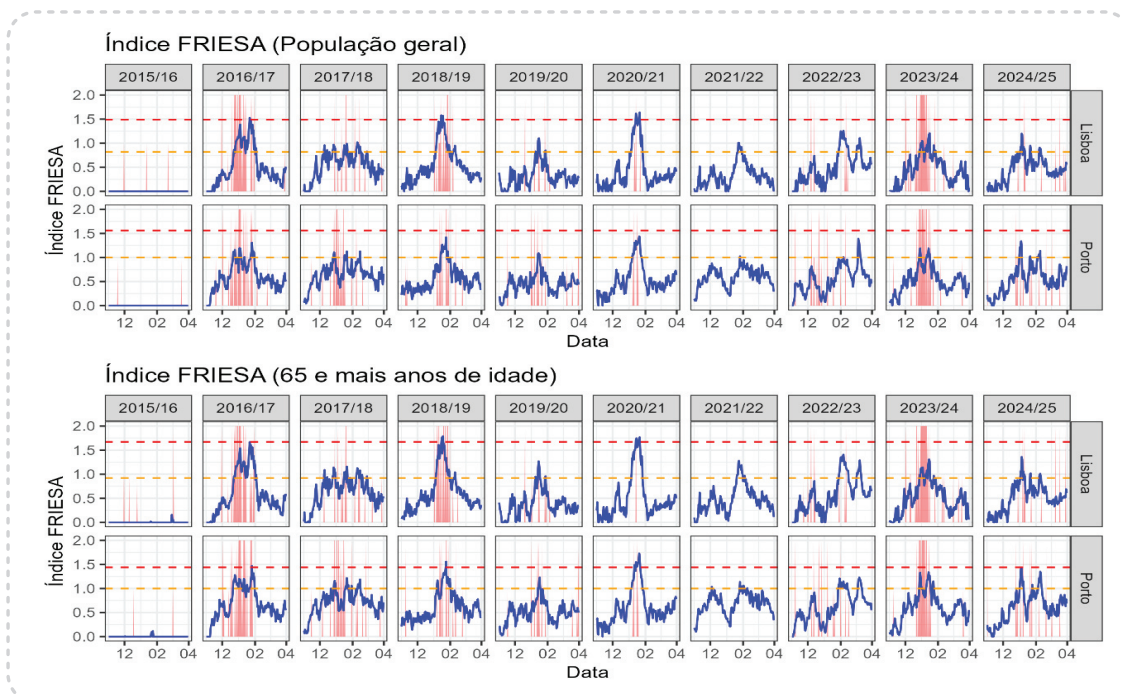


Tabela 1: Valor médios de cada métrica de avaliação para cada um dos distritos e estratos (proporções).

Distrito	Estrato	Sensibilidade	Especificidade	VPP	VPN
Lisboa	Geral	0,56	0,90	0,29	0,96
	65 mais	0,54	0,90	0,31	0,95
Porto	Geral	0,32	0,96	0,36	0,93
	65 mais	0,40	0,92	0,28	0,94

VPP - valor preditivo positivo; VPN - valor preditivo negativo

Importa salientar que os valores preditivos negativos em todos os estratos são bastante elevados, o que dá confiança em caso de ausência de alerta.

## Conclusões

O Sistema FRIESA consolidou-se como um instrumento essencial para a saúde pública em Portugal, como o ilustra a inclusão nos planos sazonais. A sua continuidade é recomendada, sendo um dos instrumentos considerado no Planos de Continuidade para o Inverno.

A expansão geográfica do sistema FRIESA a todo o território nacional está em fase de execução, para que seja possível melhorar a avaliação do risco extremo noutras áreas geográficas. Por outro lado, o trabalho desenvolvido ao longo desta última década reforça o valor da vigilância integrada e da colaboração interinstitucional entre o INSA e o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), assim como, com todas as instituições e decisores em Saúde Pública.

## Referências bibliográficas:

- (1) Santos FD, Forbes K, Moita R. Climate Change in Portugal Scenarios, Impacts and Adaptation Measures: SIAM Project. Lisboa: Gradiva, 2002.
- (2) Kodra E, Ganguly AR. Asymmetry of projected increases in extreme temperature distributions. *Sci Rep.* 2014 Jul 30;4:5884. <https://doi.org/10.1038/srep05884>
- (3) Fdez-Arroyabe P. Climate Change, Local Weather and Customized Early Warning Systems based on Biometeorological Indexes. *J Earth Sci Eng.* 2015;5:9. <https://doi.org/10.17265/2159-581X/2015.03.002>
- (4) Nogueira P, Paixão E. Models for mortality associated with heatwaves: update of the Portuguese heat health warning system. *Int J Climatol.* 2008;28(4):545-62. <https://doi.org/10.1002/joc.1546>
- (5) Nogueira PJ, Nunes B, Dias CM, et al. Um sistema de vigilância e alerta de ondas de calor com efeitos na mortalidade: o índice Ícaro. *Rev Port Saúde Pública.* 1999;(Supl 6):79-84. <http://hdl.handle.net/10362/103272>

- (6) Antunes L, Silva SP, Marques J, et al. The effect of extreme cold temperatures on the risk of death in the two major Portuguese cities. *Int J Biometeorol.* 2017 Jan;61(1):127-35. Epub 2016 Jun 18. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1196-x>
- (7) Pereira da Silva S, Antunes L, Marques J, et al. FRIESA (FRlo Extremo Na SAúde) 2015/2016: Relatório da Fase-Piloto. Lisboa: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, 2016. <http://hdl.handle.net/10400.18/4374>
- (8) Pereira da Silva S, Antunes L, Marques J, et al. FRIESA (FRlo Extremo Na SAúde) 2016/2017: Relatório da Fase-Piloto. Lisboa: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, 2016. <http://hdl.handle.net/10400.18/5137>
- (9) Pereira da Silva S, Dias CM, Antunes S, Marques J, Nunes B. FRIESA (FRlo Extremo Na SAúde) 2017/2018: Relatório de Época. Lisboa: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, 2018. <http://hdl.handle.net/10400.18/6122>
- (10) Pereira da Silva S, Torres AR, Rodrigues AP, et al. FRIESA (FRlo Extremo Na SAúde): Relatório da Época de Inverno 2018/19. Lisboa: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, 2019. <http://hdl.handle.net/10400.18/6900>
- (11) Pereira da Silva S, Torres AR, Rodrigues AP, et al. FRIESA (FRlo Extremo Na SAúde): Relatório Da Época de Inverno 2019/20. Lisboa: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, 2020. <http://hdl.handle.net/10400.18/7723>
- (12) Pereira da Silva S, Torres AR, Rodrigues AP, et al. FRIESA (FRlo Extremo Na SAúde): Relatório da Época de Inverno 2020/21. Lisboa: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, 2021. <http://hdl.handle.net/10400.18/7803>
- (13) Pereira da Silva S, Torres AR, Rodrigues AP, et al. FRIESA (FRlo Extremo Na SAúde): Relatório Da Época de Inverno 2021/22. Lisboa: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, 2022. <http://hdl.handle.net/10400.18/8624>
- (14) Pereira da Silva S, Torres AR, Rodrigues AP, et al. FRIESA (FRlo Extremo Na SAúde): Relatório Da Época de Inverno 2022/23. Lisboa: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, 2023.
- (15) Pereira da Silva S, Rodrigues AP, Antunes S, Marques J, et al. FRIESA (FRlo Extremo Na SAúde): Relatório Da Época de Inverno 2023/24. Lisboa: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, 2024.
- (16) Pereira da Silva S, Rodrigues AP, Antunes S, et al. FRIESA (FRlo Extremo Na SAúde): Relatório Da Época de Inverno 2024/25. Lisboa: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, 2025.
- (17) Moriyama M, Hugentobler WJ, Iwasaki A. Seasonality of Respiratory Viral Infections. *Annu Rev Virol.* 2020 Sep 29;7(1):83-101. <https://doi.org/10.1146/annurev-virology-012420-022445>