U.PORTO

MESTRADO
ECONOMIA E GESTÃO DO AMBIENTE

Impacto de Determinantes Ambientais e Socioeconómicos na Carga Global de Doenças Não Transmissíveis

Elisa Magalhães

M

2026

U.PORTO
FEP FACULDADE DE ECONOMIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

IMPACTO DE DETERMINANTES AMBIENTAIS E SOCIOECONÓMICOS NA CARGA GLOBAL DE DOENÇAS NÃO TRANSMISSÍVEIS

Elisa Maria Sousa Magalhães

Dissertação
Mestrado em Economia e Gestão do Ambiente

Orientado por
Maria Cristina Guimarães Guerreiro Chaves

Coorientado por
Armindo Manuel da Silva Carvalho

2026

Agradecimentos

If I have seen further
it is by standing on the shoulders of Giants
Isaac Newton

À professora Cristina Chaves, pela sua incansável orientação e carinho, e pelo tempo e paciência despendidos, que permitiram tornar esta experiência numa das mais gratificantes do meu percurso académico.

Ao professor Armindo Carvalho, pela simpatia e acessibilidade e por ter partilhado comigo o seu conhecimento que foi imprescindível para a realização desta dissertação.

A todos os meus professores, pela orientação e apoio, ao longo deste percurso académico. E à FEP, pelas memórias ao longo destes 2 anos.

Mas existem Gigantes que vão além do mundo académico e, por isso, agradeço-te a ti, João, por existires na minha vida, por nunca me deixares desistir e por me ouvires e apoiares. Até onde cheguei não seria possível sem ti.

E aos meus pais, devo-vos mais do que possam imaginar. Em especial a ti, meu "Júlio", por todos os momentos em que foste um abraço apertado, uma expressão engraçada ou um ataque de riso de fazer doer a barriga, agradeço-te para além de onde chegam as palavras.

A todos, o meu mais sincero *Obrigada!*

Resumo

As doenças não transmissíveis (*Non-communicable diseases*, NCD) são a principal causa de mortalidade e morbilidade a nível mundial. Caracterizam-se como patologias progressivas, crónicas e geralmente assintomáticas, de longa duração e elevada prevalência. As NCD são influenciadas por uma miríade de fatores económicos, sociais e ambientais, afetando a qualidade de vida, a produtividade económica e os sistemas de saúde globais. O seu impacto nos anos vividos com saúde é avaliado pelos DALY (*Disability-Adjusted Life Years*), que combina anos vividos com incapacidade com anos perdidos por morte prematura.

A literatura atual sobre a relação entre os fatores de risco e a incidência e prevalência de NCD tende a focar-se num grupo reduzido de variáveis, para uma região ou país, permanecendo uma lacuna no que diz respeito a análises integradas globais, de longo prazo e com um conjunto amplo e variado de determinantes. O presente estudo visa preencher este défice de investigação, com uma análise global de 150 países, de 2000 a 2022, do impacto de determinantes ambientais e socioeconómicos na taxa de DALY por NCD, através de análises estatísticas econométricas, com *clusters* regionais.

Globalmente, a tendência temporal autónoma da taxa de DALY por NCD observada no presente trabalho não apresenta significância estatística, pelo que a sua variação é influenciada e explicada pela variabilidade das variáveis independentes em estudo. Contrariamente, a nível regional existem fatores autónomos que promovem a evolução temporal da variável dependente. Na maioria das regiões, observa-se uma tendência de decrescimento impulsionada pelo progresso médico e farmacêutico e pela implementação de políticas públicas de saúde. Contudo, na região da Ásia e Pacífico, observa-se a tendência contrária, de crescimento autónomo, associada à crescente industrialização e a degradação de ecossistemas naturais.

Estes resultados apontam para a presença de assimetrias locais, orientando para a necessidade de transição de diretrizes globais genéricas para políticas e programas de saúde e de clima adaptados às vulnerabilidades de cada população.

Palavras-chave: Doenças não transmissíveis; NCD; DALY; Determinantes Socioeconómicos; Determinantes Ambientais; Poluição do Ar; Alterações Climáticas.

Abstract

Non-communicable diseases (NCD) are the leading cause of mortality and morbidity worldwide. They are characterized as progressive, chronic, and usually asymptomatic diseases of long duration and high prevalence. NCD are influenced by a myriad of economic, social, and environmental factors affecting quality of life, economic productivity, and global healthcare systems. Their impact on population healthy life years is assessed through DALY (Disability-Adjusted Life Years), a health metric that combines years lived with disability and years lost due to premature death.

Current literature examines the relationship between these risk factors and the incidence and prevalence of NCD. However, it tends to focus on a small group of variables for a specific region or country, leaving a gap regarding integrated, long-term, and global analyses with a broad and varied set of determinants. This study aims to fill this research gap by proposing a global analysis of 150 countries, from 2000 to 2022, regarding the impact of environmental, and socioeconomic determinants on NCD-related DALY, through statistical and econometric analyses, with regional clustering.

Globally, the observed autonomous temporal trend of NCD-related DALY lacks statistical significance, indicating that it's influenced and explained by the variability of the independent variables under study. Conversely, at the regional level there are autonomous factors driving the temporal evolution of the dependent variable. In most regions, a trend of decline is observed, fuelled by medical and pharmaceutical advancements and the implementation of public health policies. However, the Asia-Pacific region exhibits the opposite trend, an autonomous growth, associated with rising industrialization and the degradation of natural ecosystems.

These results highlight the presence of local asymmetries, pointing to the need to shift from generic global guidelines toward health and climate policies and programs tailored to the specific vulnerabilities of each population.

Key-words: Non-Communicable Diseases; NCD; DALY; Socioeconomical determinants; Environmental determinants; Air pollution; Climate change.

Índice Geral

1. Introdução 1
2. Revisão da Literatura 4
2.1. Transição Epidemiológica: A Nova Era das Doenças Não Transmissíveis 4
2.1.1. Doenças Não Transmissíveis (NCD) 7
2.1.2. Métricas de Avaliação de Saúde Pública 8
2.2. Determinantes de Saúde: Modelos Teóricos e Influência do Contexto Socioeconómico 10
2.3. Determinantes Ambientais: O Papel do Clima e da Poluição Atmosférica na Saúde Pública 13
2.3.1. Impactos na Saúde Individual e nos Sistemas Sociais 17
2.3.2. Vulnerabilidade ao Risco Climático 18
2.4. Evidências Empíricas e Lacunas na Literatura 20
3. Metodologia 24
3.1. Questões e Hipóteses de Investigação 24
3.2. Variáveis e Período de análise 27
3.2.1. Variável Dependente 27
3.2.2. Variáveis Independentes 28
3.3. Amostra 34
3.4. Análise Estatística Descritiva 35
3.5. Modelo Econométrico 37
3.6. Análise por *Clusters* Regionais 39
4. Resultados e Discussão 42
4.1. Amostra Global – Modelo de Efeitos Seccionais Agrupados 42
4.1.1. Influência dos Determinantes Socioeconómicos nos DALY por NCD 45
4.1.2. Influência dos Determinantes Ambientais nos DALY por NCD 47
4.2. *Clusters* Regionais – Modelo de Efeitos Fixos Nacionais 48
5. Conclusão 52
5.1. Limitações da Investigação 54
5.2. Sugestões para Trabalhos Futuros 54
Referências Bibliográficas 56
Anexos 69

Anexo I – Lista de Países das Amostras Global e por *Cluster* 70
Anexo II – Testes de Diagnóstico do Modelo Econométrico Global 75
Anexo III – Análises Estatística e Econométrica dos *Clusters* 77

Índice de Figuras

Figura 2.1 – Carga total de doença por causa, no mundo, em percentagem do número anual de DALY, de 1990 a 2023. 4
Figura 2.2 – Dinâmicas, fases e determinantes da Transição Epidemiológica de Omran. 5
Figura 2.3 – Carga total de doença por causa, em cada região, em percentagem do número total anual de DALY, de 1990 a 2021. 6
Figura 2.4 – Cálculo dos DALY, através da soma dos anos vividos com incapacidade (YLD) e dos anos de vida perdidos por morte prematura (YLL). 9
Figura 2.5 – Modelo de Determinantes de Saúde da Organização Mundial de Saúde. 11
Figura 2.6 – Representação gráfica das interações entre urbanização, sedentarismo e poluição atmosférica no desenvolvimento de NCD. 14
Figura 2.7 – Aumento da temperatura global anual (º.C) acima dos valores 1850–1900. 16
Figura 3.1 – Evolução da taxa de DALY por NCD, por 100 000 habitantes por ano, de 2000 a 2022. 28
Figura 3.2 – Evolução do PIB *per capita* (US$) de 2000 a 2022. 32
Figura 3.3 – Evolução da despesa pública em saúde (%PIB) de 2000 a 2022. 32
Figura 3.4 – Evolução da média de anos de escolaridade de 2000 a 2022. 32
Figura 3.5 – Evolução da percentagem de população urbana de 2000 a 2022. 32
Figura 3.6 – Evolução da percentagem de população com idade igual ou superior a 65 anos de 2000 a 2022. 32
Figura 3.7 – Evolução da percentagem de população fumadora de 2000 a 2022. 32
Figura 3.8 – Evolução do consumo de álcool *per capita* (litros) de 2000 a 2022. 33
Figura 3.9 – Evolução da percentagem de população obesa de 2000 a 2022. 33
Figura 3.10 – Evolução da percentagem de população que utiliza combustíveis fósseis poluentes para cozinhar de 2000 a 2022. 33
Figura 3.11 – Evolução da concentração atmosférica de $PM_{2,5}$ de 2000 a 2022. 33
Figura 3.12 – Evolução da percentagem da população com acesso a serviços básicos de saneamento de 2000 a 2022. 33
Figura 3.13 – Evolução do número de dias com temperatura máxima acima do 90º percentil local de 2000 a 2022. 33
Figura 3.14 – Evolução do número de dias com temperatura mínima abaixo do 10º percentil local de 2000 a 2022. 34
Figura 3.15 – Mapa-mundo com os países da amostra destacados a azul. 35
Figura 3.16 – Mapa de calor de coeficientes de correlação entre as variáveis em estudo. 37
Figura 3.17 – Mapa-mundo com os cincos *clusters* regionais definidos no estudo. 40

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 – Variáveis independentes, com respetiva legenda, unidade e intervalo de anos com dados disponíveis. 27
Tabela 3.2 – Medidas de tendência central e de dispersão e número de observações das variáveis em estudo. 36
Tabela 3.3 – Medidas de tendência central e de dispersão e número de observações das variáveis DALY e PIB *per capita* (GDPpc) após transformação logarítmica. 36
Tabela 4.1 – Coeficientes, rácios t e p–values das variáveis independentes e medidas estatísticas da estimação pelo Modelo de Efeitos Seccionais Agrupados, após correção da dependência seccional e da heteroscedasticidade seccional. 43
Tabela 4.2 – Comparação entre os termos constantes (C) e os fatores de tendência temporal (*trend*) estimados para a amostra global e para os diferentes *clusters*, com indicação do número de países de cada amostra (N). 49
Tabela I.1 – Países da amostra e respetivos códigos ISO (3 letras). 70
Tabela I.2 – Países do *cluster* ASPAC e respetivos códigos ISO (3 letras). 72
Tabela I.3 – Países do *cluster* ECANA e respetivos códigos ISO (3 letras). 72
Tabela I.4 – Países do *cluster* LAC e respetivos códigos ISO (3 letras). 73
Tabela I.5 – Países do *cluster* MENAAP e respetivos códigos ISO (3 letras). 73
Tabela I.6 – Países do *cluster* SSA e respetivos códigos ISO (3 letras). 73
Tabela II.1 – Resultados dos testes LM (*Lagrange Multiplier*) nas dimensões seccional, temporal e ambas. 75
Tabela II.2 – Resultados do teste Hausman na dimensão seccional. 75
Tabela II.3 – Resultados da avaliação de autocorrelação seccional. 76
Tabela II.4 – Resultados da avaliação de heteroscedasticidade (seccional e temporal). 76
Tabela III.1 – Medidas de tendência central e de dispersão dos diferentes *clusters*. 77
Tabela III.2 – Coeficientes e *p–values* das variáveis independentes e medidas estatísticas da estimação pelo Modelo de Efeitos Fixos Nacionais para os diferentes *clusters*. 80

Lista de Siglas e Abreviaturas

ASPAC	*Asia and Pacific* (Ásia e Pacífico)
A	Consumo de álcool *per capita* (Litros por habitante)
ASPAC	*Asia and Pacific* (Ásia e Pacífico)
CD	Ondas de frio (número de dias com temperaturas inferiores ao 10º percentil local)
DALY	*Disability-Adjusted Life Years* (Anos de vida ajustados por incapacidade)
E	Envelhecimento populacional (% da população com 65 ou mais anos de idade)
EAP	Concentração atmosférica de $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$)
ECANA	*Europe, Central Asia and North America* (Europa, Ásia Central e América do Norte)
GBD	*Global Burden of Disease* (Carga Global de Doença)
GDPpc	PIB *per capita* (US$)
H	Despesa pública em saúde (% do PIB)
HALY	*Health-Adjusted Life Years* (Anos de vida ajustados pela saúde)
IAP	Uso de combustíveis sólidos poluentes para cozinhar (% da população)
K	Escolaridade (média de anos)
LAC	*Latin America and the Caribbean* (América Latina e Caraíbas)
MENAAP	*Middle East, North Africa, Afghanistan and Pakistan* (Médio Oriente, Norte de África, Afeganistão e Paquistão)
NCD	*Non-Communicable Diseases* (Doenças Não Transmissíveis)
O	Obesidade (% da população com IMC igual ou superior a 30 kg/m^2)
QALY	*Quality-Adjusted Life Years* (Anos de vida ajustados pela qualidade)
S	Acesso a serviços básicos de saneamento (% da população com acesso)
SSA	*Sub-Saharan Africa* (África Subsariana)
T	Tabagismo (% da população que consume produtos com tabaco)
U	Taxa de urbanização (% de população que vive em zonas urbanas)
WD	Ondas de calor (número de dias com temperaturas superiores ao 90º percentil local)
YLD	*Years Lived with Disability* (Anos vividos com incapacidade)
YLL	*Years of Life Lost* (Anos de vida perdidos)

1. Introdução

A carga global de doença (*Global Burden of Disease*) abrange mortalidade e morbilidade e é frequentemente avaliada pela métrica DALY (*Disability-Adjusted Life Years*), que representa os anos de vida saudável perdidos por incapacidade, doença ou morte prematura, sendo que um DALY equivale a um ano de vida saudável perdido (NCCID, 2015). De acordo com Murray *et al.* (2002), os DALY constituem a métrica de saúde mais útil e, por isso, mais utilizada na avaliação da saúde da população, sendo também a escolhida neste trabalho.

Os epidemiologistas dividem as doenças e incapacidades em três grandes grupos: doenças não transmissíveis (*Non-Communicable Diseases*, NCD); doenças transmissíveis, maternas, neonatais e nutricionais; e lesões. Se em 1990 a maioria da carga global de doença era atribuída às doenças transmissíveis, atualmente são as NCD as principais responsáveis pela carga global de doença a nível mundial (Roser *et al.*, 2024), sendo influenciadas por uma miríade de fatores económicos, sociais e ambientais, e afetando não só a qualidade de vida, como a produtividade económica e os sistemas de saúde globais (WHO, 2013; Paavola, 2017; UN, 2017).

O desenvolvimento e investimento na saúde pública contribuiu em larga escala para esta transição epidemiológica. Na primeira década do século XXI, o investimento e financiamento em saúde em países de baixo e médio rendimento (*Development Assistance for Health*, DAH) mais do que triplicou, permitindo combater problemáticas infeciosas que afetavam as populações mais pobres, como o VIH/SIDA. O DAH manteve-se na segunda década, e, em 2021, em resposta à pandemia COVID-19, atingiu valores máximos na ordem dos 80,3 mil milhões de dólares (US$). No entanto, desde então diminuiu até 39,1 mil milhões US$, em 2025, projetando-se que atinja 36,2 mil milhões US$ em 2030 (IHME, 2025a). De acordo com o *Institute for Health Metrics and Evaluation* (IHME) (2025a), este declínio deve-se em grande parte aos cortes realizados pelos governos americano e europeus, devido à guerra russo-ucraniana e à consequente necessidade de alocação de fundos para defesa interna, influenciando negativamente investidores privados e colocando em risco a saúde das populações pobres, sobretudo na região da África Subsariana.

Paralelamente, há também um défice de investimento nas NCD, com apenas 1% a 2% do DAH a ser alocado a estas doenças. Como tal, o fardo financeiro associado à crescente evolução das NCD recairá sobre os próprios governos e populações de países de baixo e

médio rendimento, comprometendo a sua resiliência económica e o desenvolvimento e manutenção dos seus sistemas de saúde (Conway & Yorgancioglu, 2025).

Assim, a identificação, combate e prevenção de fatores de risco de NCD é fundamental, estimando-se que a sua mitigação possa eliminar até metade de todos os DALY a nível global (IHME, 2025b). Contudo, são diversos os determinantes que influenciam a saúde e qualidade de vida das populações, contribuindo para o aumento da incidência e prevalência de NCD, desde fatores metabólicos (como pressão arterial elevada, colesterol elevado, glicemia elevada e obesidade/excesso de peso), comportamentais (consumo de álcool, tabaco e dietas não saudáveis), a ambientais (Goel *et al.*, 2025; IHME, 2025b).

Atualmente, as alterações climáticas e a poluição do ar são duas das maiores ameaças à saúde pública do século XXI, pelo que os determinantes ambientais assumem um papel de relevo no estudo da saúde global (Barbosa & Cardoso, 2023; Dilaver *et al.*, 2025).

A poluição do ar por partículas é o segundo principal fator de risco para as mortes prematuras e perda de saúde a nível global a seguir à hipertensão arterial (IHME, 2025b), contribuindo para a ocorrência de 5,7 milhões de mortes por NCD, como doenças cardíacas, AVC (Acidente Vascular Cerebral), DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica) e cancro do pulmão (Fuller *et al.*, 2018; Goel *et al.*, 2025). A má qualidade do ar interior pela queima de combustíveis sólidos para cozinhar e aquecer as habitações também contribui para NCD pulmonares, como alergias e asma (Dilaver *et al.*, 2025).

Por sua vez, as alterações climáticas, manifestadas por temperaturas extremas e eventos climáticos, agravam doenças pulmonares e causam lesões renais, cardiovasculares e da pele (Tavares, 2018; WHO, 2021; Dilaver *et al.*, 2025). Neste domínio, destacam-se as ondas de calor e de frio, com as mortes por exposição aos extremos térmicos a aumentarem cerca de 6% por ano, na última década (IHME, 2025b), e estimando-se que causem 250 000 mortes adicionais por cada ano entre 2030 e 2050 (Dilaver *et al.*, 2025). Para além de agravarem o estado de saúde da população, as alterações climáticas também intensificam desigualdades sociais, afetando principalmente grupos mais vulneráveis, como as populações idosas, pobres e migrantes (Paavola, 2017; Barbosa & Cardoso, 2023; Dilaver *et al.*, 2025).

A importância de considerar fatores ambientais nas políticas de saúde pública é reforçada pelo facto de sete dos nove limites planetários terem sido ultrapassados (Sakschewski *et al.*, 2025), comprometendo a resiliência dos ecossistemas e agravando a carga global de doenças.

Como tal, é fundamental complementar o conhecimento científico atual sobre a interação entre clima/poluição, saúde pública e contexto social, através do desenvolvimento de investigação acerca dos fatores de risco e da prevalência das NCD.

Assim, pretende-se com esta dissertação estimar os impactos de um conjunto de determinantes na taxa de DALY por NCD, usando uma amostra de 150 países, no período de 2000 a 2022, realizando-se análises de dados em painel a nível global e com mais detalhe a nível regional, através de *clusters* de grandes regiões, como, por exemplo, Europa/Ásia Central/América do Norte, Ásia/Pacífico, entre outras.

Uma vez que os atuais estudos são escassos no que respeita ao cruzamento de fatores explicativos ambientais e socioeconómicos na saúde e apresentam lacunas, que o presente trabalho irá evidenciar e tentar colmatar através de uma nova abordagem, acredita-se que esta dissertação pode constituir um contributo para a literatura na área. Nesse sentido, espera-se que promova uma melhor compreensão dos efeitos na saúde de certos determinantes ambientais (poluição do ar atmosférico e do ar habitacional e extremos térmicos de calor e de frio) e socioeconómicos (PIB *per capita*, despesa pública em saúde, urbanização, escolaridade, acesso a infraestruturas de saneamento, envelhecimento populacional), aos quais se adicionam variáveis comportamentais (tabagismo, consumo de álcool e obesidade), fornecendo evidência quantitativa para políticas públicas mais orientadas e eficientes, e que promovam a sustentabilidade e o bem-estar das populações.

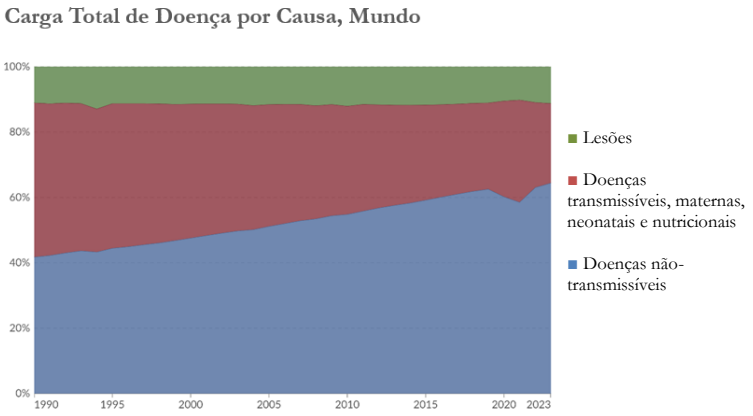
O relatório encontra-se estruturado em cinco capítulos, sendo que o primeiro corresponde à presente Introdução. De seguida, apresenta-se a revisão da literatura, onde se abordam as temáticas de transição epidemiológica, carga global de doença, determinantes sociais e ambientais de saúde e vulnerabilidade climática. No terceiro capítulo, são descritas as questões e hipóteses de investigação, as variáveis, amostra e período de análise, bem como a metodologia adotada, fundamentando-se a escolha do modelo de dados em painel. O quarto capítulo apresenta os resultados das análises econométricas, e reflete-se acerca da relação observada entre as variáveis independentes e a taxa de DALY por NCD, a nível global e regional. Por fim, na conclusão, sintetizam-se os principais resultados, identificam-se os contributos práticos e académicos desta dissertação e salientam-se as limitações observadas, propondo-se sugestões de melhoria de investigação em trabalhos futuros.

2. Revisão da Literatura

O presente capítulo apresenta o enquadramento teórico e a revisão da evidência empírica necessários para a compreensão da carga global das doenças não transmissíveis (NCD). Inicia-se com uma análise da evolução epidemiológica atual e das métricas de avaliação de saúde pública, destacando-se os DALY. De seguida, exploram-se os diversos determinantes económicos, sociais e ambientais que influenciam estas patologias, com especial destaque para a relação entre ambiente e saúde pública. Por fim, sintetizam-se os estudos empíricos já desenvolvidos sobre a relação entre NCD e os determinantes de saúde e identificam-se as lacunas na literatura atual, permitindo justificar a pertinência da presente investigação.

2.1. Transição Epidemiológica: A Nova Era das Doenças Não Transmissíveis

No último século, a saúde pública global sofreu uma transformação profunda, transitando das doenças transmissíveis, nas quais se englobam as doenças infeciosas, para as NCD como a principal causa de mortalidade e morbilidade a nível mundial (Modi *et al.*, 2024; Roser *et al.*, 2024) (Figura 2.1).



Fonte: Adaptado de Roser *at al.* (2024)

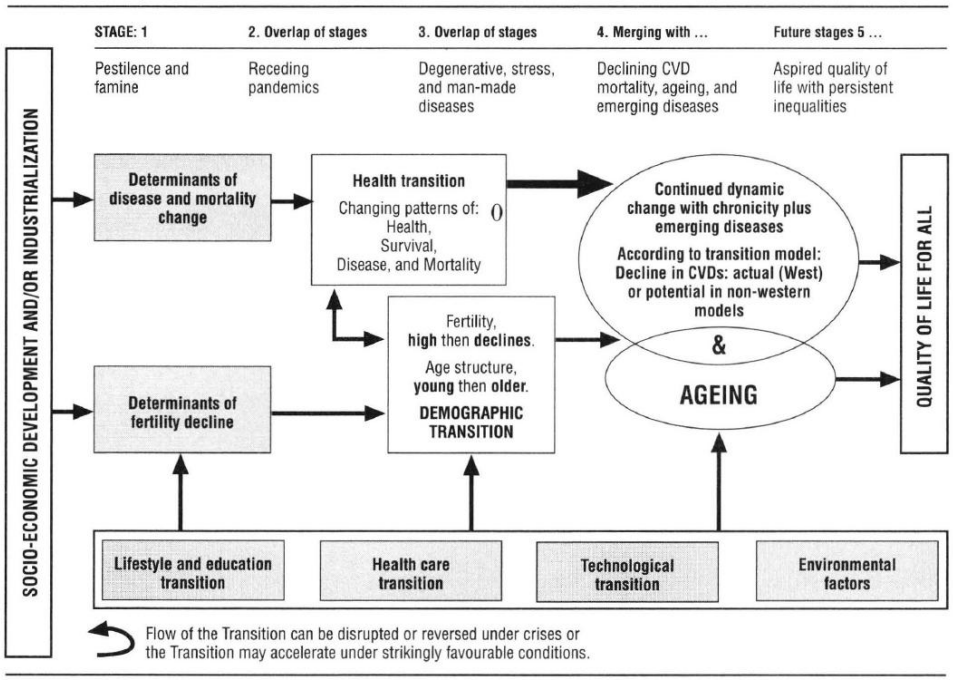
Figura 2.1 – Carga total de doença por causa, no mundo, em percentagem do número anual de DALY, de 1990 a 2023.

Este fenómeno, que reflete mudanças a longo prazo nos padrões de saúde e doença das populações, é conhecido como transição epidemiológica, um conceito inicialmente proposto por Abdel Omran em 1971 (Omran, 1971).

A transição epidemiológica de Omran descreve um declínio contínuo na mortalidade, com alterações progressivas nas principais causas de morte e fertilidade, e que ocorre em três fases distintas: Pestilência e Fome (*The Age of Pestilence and Famine*), com elevada mortalidade e com esperança média de vida à nascença entre os 20 e 40 anos; Pandemias em Recuo (*The*

Age of Receding Pandemics), onde se observa diminuição da mortalidade, aumento da esperança média de vida à nascença para os 30 a 50 anos e um crescimento populacional sustentado; e Doenças Degenerativas e "Criadas" pelo Homem (*The Age of Degenerative and Man-Made Diseases*), na qual a mortalidade continua a diminuir, estabilizando num nível baixo, e a esperança média de vida à nascença ultrapassa os 50 anos (Omran, 1971).

Assim, de acordo com a transição epidemiológica de Omran, ao longo do tempo, as doenças infeciosas, que afetavam grupos etários mais jovens, são substituídas por patologias crónicas, que incidem predominantemente em idades mais avançadas, como doenças degenerativas (cancros e doenças cardiovasculares), e doenças "criadas" pelo Homem, relacionadas com os estilos de vida, riscos ocupacionais e poluição (Omran, 1971, 2005). Este enquadramento teórico permitiu compreender o aumento sustentado da esperança média de vida, inicialmente na Europa Ocidental e América do Norte, e mais recentemente no resto do mundo (MPhil & Elliott, 2016; Mackenbach, 2022).



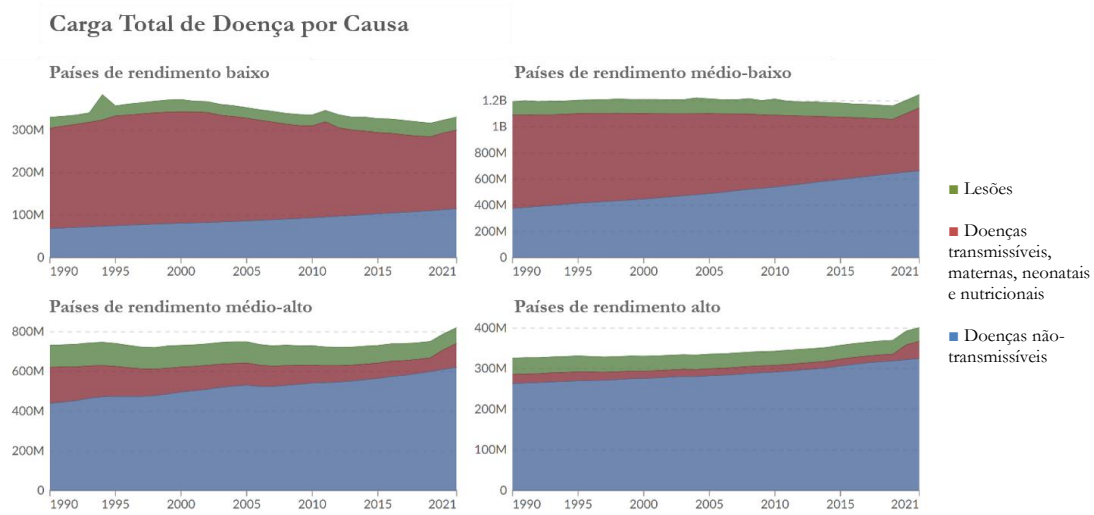
Fonte: Omran (1998).

Figura 2.2 – Dinâmicas, fases e determinantes da Transição Epidemiológica de Omran.

Posteriormente, Omran (1998) expandiu o seu modelo original, acrescentando-lhe duas fases (Figura 2.2): a quarta fase, marcada pelo envelhecimento populacional, por mudanças nos estilos de vida, pelo declínio da mortalidade por doenças cardiovasculares e pelo surgimento de novas doenças, com a esperança média de vida a atingir os 80-85 anos; e a quinta fase, ou Fase Futurística (*Futuristic Stage*), descrita como um período de grandes

conquistas da humanidade no que diz respeito ao controlo de doenças e à promoção de saúde. Este avanço global é o resultado da combinação de melhorias nas condições sanitárias, de avanços médicos e farmacológicos e de determinantes socioeconómicos, tecnológicos e ambientais que permitem alterar os padrões de mortalidade ao longo da história (Omran 1998).

Enquanto no século passado as doenças transmissíveis, maternas, neonatais e nutricionais eram as mais prevalentes, atualmente, com os avanços médicos e nas estruturas de saneamento, a saúde pública global é dominada pelas NCD, representando 74% (cerca de 41 milhões) das mortes globais (Goel et al., 2025). Este cenário varia quando se analisam regiões de baixo e médio rendimento (Figura 2.3), particularmente na África Subsariana e no Sul da Ásia, com as doenças transmissíveis, como a tuberculose, a malária e o VIH/SIDA, a ocupar o primeiro lugar (Baker *et al.*, 2022; Roser *et al.*, 2024).



Fonte: Adaptado de IHME (2025b).

Figura 2.3 – Carga total de doença por causa, em cada região, em percentagem do número total anual de DALY, de 1990 a 2021.

No entanto, na última década, a dinâmica epidemiológica global tem sofrido alterações com a ocorrência de múltiplos surtos de grande escala e o surgimento de ameaças como a síndrome respiratória do Médio Oriente (*Middle East Respiratory Syndrome*, MERS), ébola, zika, sarampo e COVID-19 (Oppong, 2020; Walker *et al.*, 2025).

Neste sentido, alguns autores acreditam que a quinta fase da transição epidemiológica será o oposto da utopia projetada por Omran, sendo, na realidade, uma nova transição epidemiológica, marcada pelo ressurgimento de doenças infeciosas, como tuberculose e VIH/SIDA, e pelo aparecimento de novas doenças, como COVID-19 (Nnebue 2010;

Vishnevsky, 2020; Mackenbach 2022). Esta previsão é apoiada por diversos fatores de risco atuais, como a resistência antimicrobiana, a globalização, a urbanização e as alterações climáticas (Oppong, 2020; Baker *et al.*, 2022; Hackett *et al.*, 2025; Walker *et al.*, 2025).

Independentemente da trajetória futura, verifica-se atualmente a continuidade do aumento da longevidade global, com a esperança média de vida à nascença a aumentar de 66,8 anos em 2000 para 73,1 anos em 2019 (WHO, 2025e). Estes ganhos são atribuídos não só à transição epidemiológica descrita por Omran, mas também ao crescimento dos rendimentos nacionais, à integração nos mercados globais, ao acesso a sistemas de saúde e a mudanças nos estilos de vida (MPhil & Elliott, 2016). A esperança de vida saudável também aumentou, mas de forma menos acentuada, passando de 58,1 anos para 63,5 anos, no mesmo período (WHO, 2025e), evidenciando que, embora as populações vivam mais tempo, parte desses anos de vida são vividos com doença ou incapacidade.

Este prolongamento da vida acarreta novos desafios para a saúde pública global. Se por um lado as doenças transmissíveis têm diminuído, as doenças crónicas têm dominado o cenário epidemiológico atual, posicionando as NCD como o principal desafio deste século (Ruthsatz & Candeias, 2020; Roser *et al.*, 2024).

2.1.1. Doenças Não Transmissíveis (NCD)

Contrariamente às doenças infeciosas, as NCD não são transmitidas entre pessoas e são geralmente incuráveis (Li *et al.*, 2025; WHO, 2025c). Constituem o maior fardo de saúde e um dos maiores desafios para o desenvolvimento socioeconómico global, sendo a principal causa de mortalidade e morbilidade (WHO, 2013; UN, 2017; Alwazzan, 2022; Soodejani, 2024). São responsáveis por 41 a 44 milhões de mortes anuais (Li *et al.*, 2025), cerca de 74% das mortes globais (Goel *et al.*, 2025), um valor que tem vindo a aumentar, quando comparado com os 63% registados em 2008 (Alwazzan, 2022). Além disso, contribuem para 18 milhões de mortes prematuras (abaixo dos 70 anos), sendo a principal causa de morte prematura (WHO, 2025c, 2025e).

São condições progressivas, crónicas e assintomáticas, com diagnóstico tardio e elevada prevalência, pelo que as pessoas vivem mais anos, mas com incapacidade e má qualidade de vida (Rechel *et al.,* 2020; Alwazzan, 2022; Soodejani, 2024). Adicionalmente, o aumento no número de anos vividos com doença, propicia a ocorrência de multimorbilidade, um fenómeno no qual as pessoas sofrem de múltiplas doenças (Kingston *et al.*, 2018).

As NCD dividem-se em 12 categorias: neoplasmas; doenças cardiovasculares; doenças respiratórias crónicas; doenças digestivas; condições neurológicas; transtornos mentais; transtornos por uso de substâncias; doenças renais e diabetes; doenças da pele e subcutâneas; doenças dos órgãos dos sentidos; doenças musculoesqueléticas; e outras, que incluem anomalias congénitas, doenças urinárias e infertilidade masculina, doenças ginecológicas, anemias, distúrbios endócrinos, sanguíneos, metabólicos e imunológicos, condições orais e síndrome de morte súbita infantil (IHME, 2026b). As doenças cardiovasculares, os cancros (neoplasmas), as doenças respiratórias e a diabetes *mellitus* são consideradas as quatro principais categorias e representam 80% das mortes prematuras por NCD (WHO 2013; WHO EMRO, 2026).

Nos dados mais recentes do IHME (2025b), oito das dez principais causas de morte, a nível mundial, e cinco das dez principais causas de incapacidade e morte prematura são NCD, com a doença isquémica cardíaca a assumir o primeiro lugar em ambos os grupos. De facto, as doenças cardíacas, em 2022, foram responsáveis por 19,8 milhões de mortes, correspondendo a cerca de 32% de todas as mortes globais. Destas, 85% resultaram de doença cardíaca isquémica e AVC (WHO, 2025b).

Os impactos das NCD estendem-se além dos óbitos, manifestando-se em incapacidades e doenças prolongadas que afetam a qualidade de vida das populações, reduzem a produtividade económica e sobrecarregam os sistemas de saúde globais (WHO, 2013; UN, 2017; Chen *et al.*, 2015; Karim *et al.*, 2024; Soodejani, 2024). Assim, esta realidade evidencia a insuficiência dos indicadores tradicionais utilizados nos estudos de saúde pública, que tendem a focar-se apenas nas taxas de mortalidade como indicador da saúde, e justifica a necessidade de métricas de avaliação de saúde pública mais holísticas e integradas.

2.1.2. Métricas de Avaliação de Saúde Pública

A quantificação do impacto global das patologias tem evoluído, acompanhando as transformações epidemiológicas. Inicialmente, as métricas de avaliação de saúde pública focavam-se predominantemente em indicadores de mortalidade, subavaliando o verdadeiro impacto que as doenças e lesões exerciam na saúde e qualidade de vida das populações (Chen *et al.*, 2015).

Atualmente, a abordagem *Global Burden of Disease* (GBD), ou Carga Global de Doença contraria essa tendência, ao englobar morbilidade e mortalidade, utilizando os DALY como métrica de saúde (IHME, 2025b). O estudo GBD teve início em 1991, tendo sido

publicado pela primeira vez no *World Development Report 1993: Investing in Health*, um relatório elaborado em conjunto pelo Banco Mundial e pela Organização Mundial de Saúde (Berkley *et al.*, 1993). Desde a sua criação sofreu uma expansão significativa, passando de 107 doenças em 8 regiões, para 292 causas de morte em 204 países e territórios, em 2023, utilizando os DALY como métrica de saúde (Smith L. *et al.*, 2022; Murray, 2022; Naghavi *et al.*, 2025; IHME, 2026a).

Os DALY fazem parte dos HALY (*Health-Adjusted Life Year*), uma métrica de saúde que combina mortalidade e morbilidade e que abrange também os QALY (*Quality-Adjusted Life Year*) (NCCID, 2015). Os QALY foram desenvolvidos no final da década de 1960 com o objetivo de criar uma medida para análise de custo-eficácia e de custo-utilidade de cuidados de saúde e tecnologias médicas (Gold *et al.*, 2002; MacKillop & Sheard, 2018; Moreno-Ternero *et al.*, 2023). Os DALY surgiram mais tarde, no *World Development Report 1993: Investing in Health* (Berkley *et al.*, 1993) e medem a perda de saúde, através da soma dos anos de vida perdidos por morte prematura ou doença (*Years of Life Lost*, YLL) com anos vividos com incapacidade (*Years Lived with Disability*, YLD) (Figura 2.4) (NCCID, 2015).



Fonte: NCDID (2025).

Figura 2.4 – Cálculo dos DALY, através da soma de YLD e YLL.

Embora ambos combinem mortalidade e morbilidade, funcionam de forma distinta. Os QALY medem a esperança e qualidade de vida, numa escala de 0 (morte) a 1,0 (saúde perfeita), permitindo avaliar a eficácia e o impacto na qualidade de vida de intervenções médicas, sendo que um QALY equivale ao ganho de um ano de vida saudável (Gold *et al.*, 2002; MacKillop & Sheard, 2018). Os DALY monitorizam a saúde populacional num nível mais macro, medindo a perda de saúde, isto é, o desvio entre o estado atual de saúde e um estado de saúde ideal, no qual os indivíduos vivem até à esperança média de vida, livres de doença e incapacidade, pelo que um DALY corresponde a um ano de vida saudável perdido (Gold *et al.*, 2002; Murray *et al.*, 2002; IHME, 2026a). Adicionalmente, os DALY permitem comparar a perda de saúde entre doenças e populações, a longo prazo,

fornecendo informações relevantes para a definição de prioridades de saúde pública e alocação eficiente de recursos (NCCID, 2015; IHME, 2026a). Permitem ainda a monitorização de progressos nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), destacando-se o ODS 3, nomeadamente a meta 3.4, focada em "reduzir num terço a mortalidade prematura por doenças não transmissíveis via prevenção e tratamento, e promover a saúde mental e o bem-estar" (BCSD Portugal, 2022).

No entanto, ainda que o risco de morte prematura pelas quatro principais categorias de NCD tenha diminuído de 22,5% em 2000 para 18,0% em 2019, projeta-se que, mantendo-se este ritmo de declínio, em 2030 o risco por morte prematura global seja de 16,3% (UN, 2025b), longe da meta de redução do ODS 3, sugerindo que as atuais políticas de prevenção e tratamento são insuficientes ou ineficazes na integração dos diferentes determinantes de saúde.

2.2. Determinantes de Saúde: Modelos Teóricos e Influência do Contexto Socioeconómico

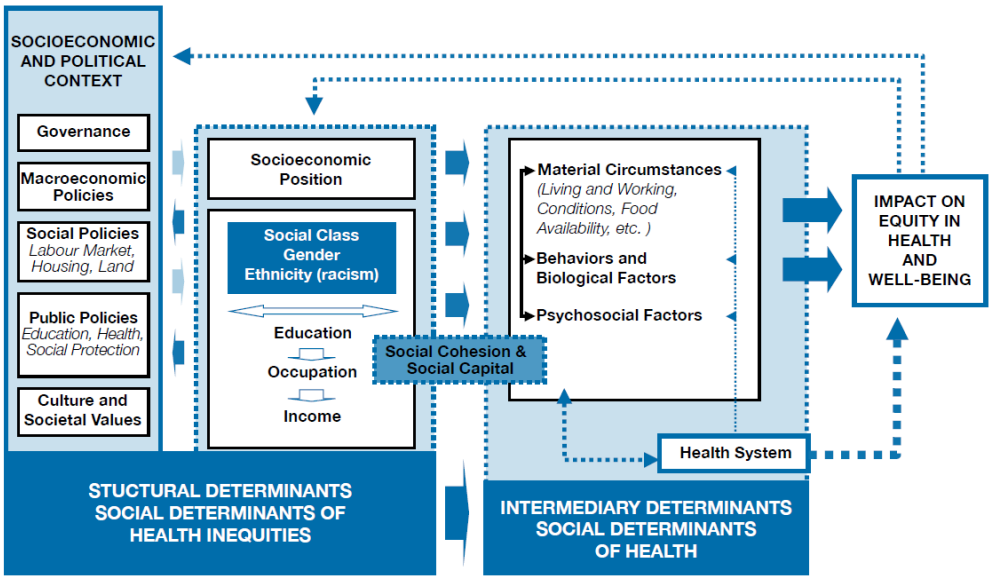
Determinantes de saúde dizem respeito às circunstâncias sociais, económicas e ambientais que influenciam a saúde dos indivíduos e populações, contribuindo para o aumento da incidência e prevalência de doenças como as NCD (Abreu, 2023; Capela & Biscaia, 2023; WHO, 2024a).

A noção de que os determinantes de saúde se estendem além dos fatores tradicionais de saúde e cuidados médicos, abrangendo fatores socioeconómicos e ambientais, surgiu em 1974, num modelo teórico desenvolvido por Hubert Laframboise e, mais tarde, popularizado por Marc Lalonde, ex-ministro da Saúde do Canadá. Este modelo defende que a saúde é influenciada por quatro grandes grupos de determinantes: biologia humana, como fatores genéticos; estilos de vida, isto é, comportamentos e decisões individuais; meio ambiente, englobando os fatores externos ao corpo humano; e acesso e qualidade dos sistemas de saúde (Glouberman & Millar, 2003; Abreu, 2023).

Mais tarde, em 1991, Dahlgren e Whitehead apresentaram um novo modelo que organiza os determinantes de saúde em "arco-íris", ou seja, em camadas concêntricas, salientando a influência que os fatores socioeconómicos, culturais e ambientais, como acesso a habitação, água, saneamento, educação e cuidados de saúde, desempenham nos fatores comportamentais e genéticos. Atualmente, é um dos modelos mais utilizados (Dahlgren & Whitehead, 2021; Abreu, 2023).

Recentemente, em 2010, a Organização Mundial de Saúde (*World Health Organization*, WHO) apresentou um novo modelo, baseado no modelo de Solar e Irwin (WHO, 2010).

O modelo da WHO organiza os fatores de risco entre determinantes estruturais e intermediários (Figura 2.5). O primeiro grupo considera o contexto social, político e económico, como a governação, as políticas macroeconómicas, sociais e públicas, e os valores culturais. O segundo grupo abrange fatores comportamentais, biológicos e psicossociais, as circunstâncias materiais, como habitação, vizinhança e ambiente físico, e o próprio sistema de saúde (WHO, 2010). Este modelo evidencia que as condições em que as pessoas nascem, crescem, vivem e trabalham são determinantes fundamentais de saúde e podem ser agrupados em fatores socioeconómicos e demográficos, como educação, profissão, classe social, raça e género, fatores comportamentais e metabólicos, como estilos de vida e genética, e fatores ambientais (WHO 2013, 2024a, 2025c).



Fonte: WHO (2010).

Figura 2.5 – Modelo de Determinantes de Saúde da Organização Mundial de Saúde.

Embora representem um fardo global, os impactos negativos das NCD são mais prevalentes nos países de baixo e médio rendimento, onde ocorrem 73% de todas as mortes por NCD e 82% das mortes prematuras por NCD (Fuller *et al.*, 2022; WHO, 2025c). Tal resulta de carências estruturais e de recursos, e de défices no apoio social e nos programas de prevenção, diagnóstico e tratamento (WHO 2013), com o investimento em saúde a ser 299 vezes menor face aos países de maior rendimento (IHME, 2025a). Simultaneamente, muitos destes países experienciam uma dupla carga de doença, pela

coexistência de doenças transmissíveis e NCD (Boutayeb, 2006). Também nestes países ocorre a grande maioria das mortes por poluição (92% das mortes) devido ao uso de combustíveis poluentes para cozinhar ou aquecer as habitações, à exposição a produtos químicos e metais pesados, que contaminam os solos e recursos hídricos, e à inexistência de infraestruturas de saneamento e de fornecimento de água adequados (Fuller *et al.*, 2022; Bennittt *et al.*, 2025).

No entanto, nos países desenvolvidos, apesar de a esperança média de vida e a esperança de vida saudável serem tendencialmente mais elevadas e de existir um maior investimento em despesas de saúde e no controlo e mitigação da poluição, verifica-se uma elevada prevalência de NCD, nomeadamente nas camadas mais pobres, como resultado da sua propensão à inatividade física e ao consumo de álcool, tabaco e dietas menos saudáveis (Stringhini & Bovet, 2017; Mwangi *et al.*, 2020).

Estes países enfrentam ainda uma crescente urbanização, com a percentagem de população urbana a aumentar de 2% em 1800 para 47% em 2000, sendo atualmente superior a 50% e projetando-se que atinja os 68% em 2050 (Huang *et al.*, 2015; Ritchie *et al.*, 2025; UN, 2025a). Um aumento insustentável da urbanização contribui para a sobrepopulação e degradação ambiental, promovendo a disseminação de doenças transmissíveis e não-transmissíveis e intensificando desigualdades sociais internas no acesso à habitação, transportes e serviços sociais (Moore *et al.*, 2003; Siiba *et al.*, 2024; UN, 2025a). No entanto, uma crescente urbanização tem também o potencial de contribuir para um maior número de infraestruturas sociais e de saúde, promovendo um melhor acesso a educação, cuidados de saúde e oportunidades de emprego, culminando, a longo prazo, na melhoria da saúde da população (Li *et al.*, 2023; Irandoust *et al.*, 2024).

Também o envelhecimento populacional desempenha um papel predominante no aumento da multimorbilidade e dos DALY por NCD nos países desenvolvidos, uma vez que a prevalência de doenças crónicas aumenta com a idade (Kingston *et al.*, 2018; Rechel *et al.*, 2020; Hambleton *et al.*, 2023; Schumacher *et al.*, 2025).

A nível demográfico, existem também disparidades no género, com as mulheres a apresentarem uma maior fragilidade e incidência de NCD (Rechel *et al.*, 2020; Naghavi *et al.*, 2025; Shu & Jin, 2023), apesar de os homens apresentarem mais comportamentos de risco (Qiao *et al.*, 2021; Andrade *et al.*, 2023). Estas disparidades são potenciadas pela escolaridade, verificando-se que indivíduos com maior nível educacional tendem a ter

menor probabilidade de adotar comportamentos de risco (Kingston *et al.*, 2018; Mwangi *et al.*, 2020; Rechel *et al.*, 2020).

Dentro dos fatores de risco comportamentais incluem-se o tabagismo, o consumo nocivo de álcool, a inatividade física e as dietas pouco saudáveis, responsáveis por alterações metabólicas, como hipertensão arterial, obesidade, e níveis elevados de glicose e lípidos no sangue, que aumentam o risco de NCD (WHO, 2010, 2013, 2025c; WHO EMRO, 2026).

Estes fatores atuam conjuntamente e são fortemente influenciados pelo contexto socioeconómico, sendo tendencialmente mais prevalentes em países em desenvolvimento (Capela & Biscaia, 2023; WHO, 2024a). Porém, também nos países de maior rendimento, fatores como a urbanização têm a capacidade de influenciar os estilos de vida, promovendo sedentarismo e dietas pouco saudáveis (Li *et al.*, 2023).

A adoção de comportamentos de risco é ainda exacerbada pelo aquecimento global, uma vez que a exposição a temperaturas elevadas cria barreiras fisiológicas, como o aumento do esforço cardíaco e da transpiração, que dificultam a prática de exercício físico, resultando no aumento da prevalência de sedentarismo e contribuindo para mais mortes prematuras e perdas de produtividade (García-Witulski *et al.*, 2026).

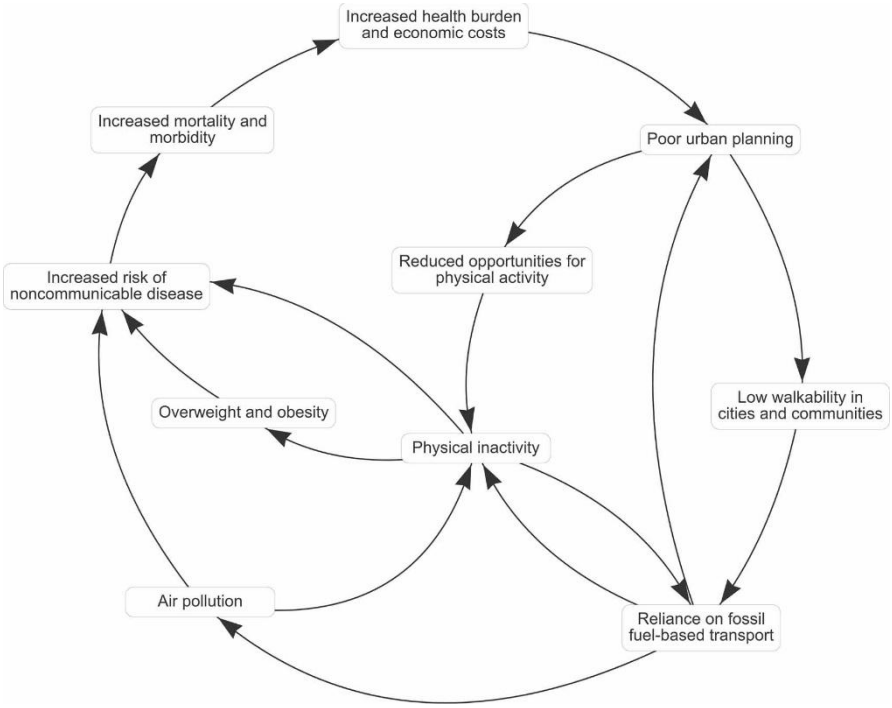
Ao nível demográfico também se verificam disparidades no género e faixa etária, com os DALY por consumo de tabaco, álcool e dietas pouco saudáveis a serem mais prevalentes em homens dos 30 aos 74 anos (Li *et al.*, 2025).

Ao contrário dos determinantes socioeconómicos anteriormente analisados e dos determinantes ambientais (analisados no subcapítulo 2.3), estes fatores de risco podem ser mitigados através de ações individuais, potenciadas por políticas públicas de prevenção, como campanhas de consciencialização, impostos sobre tabaco e álcool, reformulação alimentar e rotulagem nutricional, diminuindo a exposição populacional a estes riscos (WHO, 2013, 2025d; Fuller *et al.*, 2018).

2.3. Determinantes Ambientais: O Papel do Clima e da Poluição Atmosférica na Saúde Pública

Os determinantes ambientais assumem um papel de relevo na carga global de doença, sendo muitas vezes potenciados por outros fatores de risco. Por exemplo, uma rápida e insustentável urbanização, para além de promover o sedentarismo e a queima de combustíveis fósseis, sobrecarrega os serviços de saneamento e de gestão de resíduos, tornando-os ineficazes, e potencia a poluição atmosférica e hídrica, culminando no

aumento de NCD (Figura 2.6) (Howse *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2023). Assim, apesar deste grupo de determinantes ser frequentemente negligenciado nas análises integradas de saúde pública, em detrimento de fatores comportamentais e sociais (Howse *et al.*, 2021; Fuller *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2025), é preponderante na saúde das populações.



Fonte: Howse *et al.* (2021).

Figura 2.6 – Representação gráfica das interações entre urbanização, sedentarismo e poluição atmosférica no desenvolvimento de NCD.

Atualmente, a poluição do ar, do solo e da água encontra-se entre os principais fatores de risco para as NCD a nível global, contribuindo para 22% das mortes por doença cardiovascular, 26% das mortes por doença isquémica cardíaca, 25% das mortes por AVC, 53% das mortes por DPOC e 40% das mortes por cancro do pulmão (Fuller *et al.*, 2018). Neste domínio, destaca-se a poluição atmosférica que aumentou 66% face a 2000, como resultado direto da industrialização, urbanização, crescimento populacional e queima de combustíveis fósseis, e que se posiciona como o segundo maior fator de risco no desenvolvimento de NCD e a segunda principal causa de morte prematura e de fraca qualidade de vida, contribuindo para 9 milhões de mortes anuais (Howse *et al.*, 2021; Fuller *et al.*, 2022; IHME, 2025b; WHO, 2025a).

As partículas no ar, nomeadamente partículas com diâmetro inferior a 2,5 micrómetros ($PM_{2,5}$), são um dos poluentes mais letais, uma vez que, devido ao seu tamanho reduzido,

conseguem atingir os pulmões e entrar na corrente sanguínea, causando inflamação e danos cardíacos, pulmonares e neurológicos (Breitner-Busch *et al.*, 2023; WHO, 2025a). Em 2022, a exposição a $PM_{2,5}$ contribuiu para 8,5 milhões de mortes, das quais 6,5 milhões corresponderam a $PM_{2,5}$ de origem antropogénica, aumentando 7,6% e 11,3%, respetivamente, face a 2010 (Romanello *et al.*, 2025).

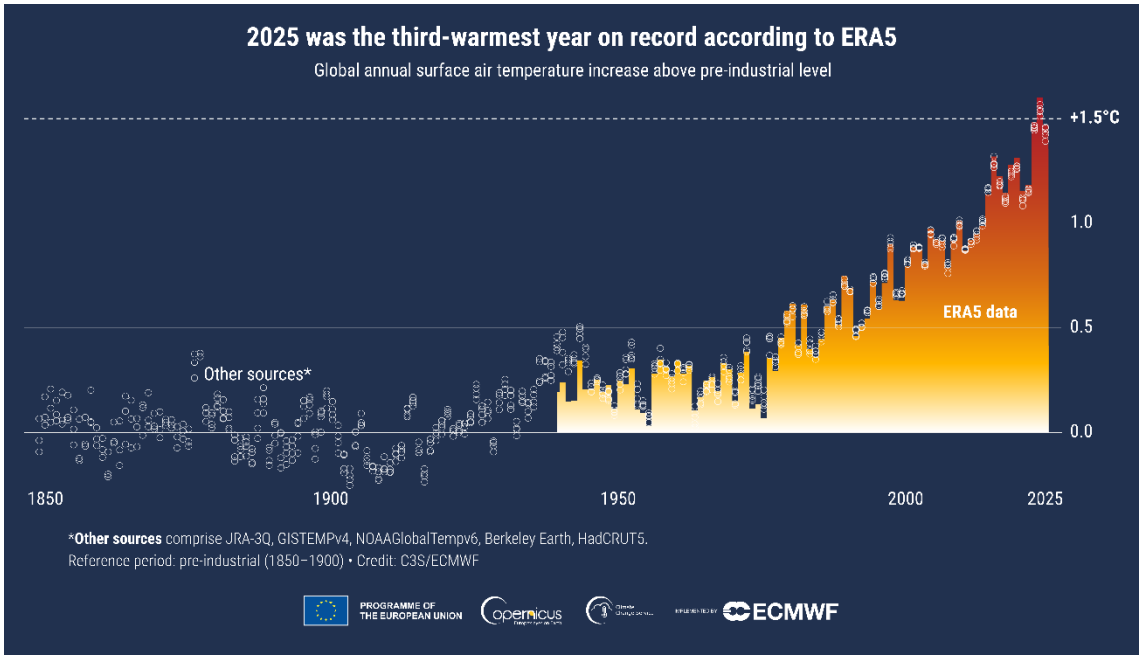
Importa ainda salientar a poluição do ar interior, pela utilização de combustíveis fósseis sólidos. Em 2022, 2,3 mil milhões de pessoas ainda recorriam a combustíveis poluentes para cozinhar e aquecer as suas habitações, resultando em concentrações interiores de $PM_{2,5}$ na ordem dos 410 $\mu g/m^3$, muito acima dos limites seguros da WHO de 5 $\mu g/m^3$, contribuindo para a morte de 2,3 milhões de pessoas (Romanello *et al.*, 2025) e 3,9% dos DALY globais (Bennitt *et al.*, 2025; Clark *et al.*, 2025). Nestas populações, para além da má qualidade do ar habitacional, também o desconforto térmico é uma problemática prevalente. A dificuldade de manutenção da temperatura das habitações aumenta a exposição às variações de temperatura exteriores, prejudicando o seu conforto térmico e intensificando os impactos adversos da poluição do ar na saúde, como o desenvolvimento ou agravamento de asma, DPOC, doenças cardíacas e cancros (Mendes *et al.*, 2013; Lima *et al.*, 2020; Breitner-Busch *et al.*, 2023).

Novos estudos têm ainda salientado a relação entre o contacto com poluentes atmosféricos, como $PM_{2,5}$, SO_2 (dióxido de enxofre), NO_2 (dióxido de azoto), O_3 (ozono) e CO (monóxido de carbono), e o desenvolvimento ou agravamento de NCD mentais, como depressão, ansiedade, esquizofrenia e transtorno bipolar (EEA, 2026).

Este cenário é potenciado pelas alterações climáticas, um fenómeno natural caracterizado por mudanças prolongadas nos padrões climáticos do planeta, resultantes de eventos naturais, como erupções vulcânicas, ou de atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis. Os seus efeitos manifestam-se a longo prazo, através do aumento da temperatura média global, e a curto prazo, através de episódios climáticos extremos, cada vez mais frequentes e intensos, como tempestades, secas prolongadas e ondas de frio e de calor (Tavares, 2018; Crespi *et al.*, 2020; Smith G.S. *et al.*, 2022; Barbosa & Cardoso, 2023).

De facto, os últimos três anos (2023–2025) representam os anos mais quentes de que há registo, com o ano de 2024 a exceder, pela primeira vez, um aumento de 1,5º.C acima dos níveis pré-industriais (1850–1900) (Figura 2.7) (C3S, 2025, 2026). Ainda que 2025 tenha sido 0,13º.C menos quente que 2024 (1,60º.C) e 0,01º.C menos quente que 2023 (1,48º.C), as temperaturas médias mensais de janeiro a abril e de outubro a novembro de 2025

excederam os 1,5º.C acima dos níveis pré-industriais, com 48% do planeta a apresentar temperaturas mais quentes que a média anual global. Adicionalmente, foi um ano caracterizado por mais dias com temperaturas extremas, com 50% da superfície terrestre a vivenciar mais dias do que a média com stresse térmico por calor (temperatura sentida igual ou acima de 32º.C) e com 14% da superfície terrestre a vivenciar mais dias do que a média com stresse térmico por frio (temperatura sentida igual ou inferior a -13º.C) (C3S, 2026).



Fonte: C3S (2026).

Figura 2.7 – Aumento da temperatura global anual (º.C) acima dos valores de 1850–1900.

A exposição a temperaturas não ideais tem contribuído para cerca de 5 milhões de mortes (9,43%) todos os anos, com o frio e o calor a contribuírem para 8,52% e 0,91% de todas as mortes, a nível global, respetivamente (Zhao *et al.*, 2021). No entanto, as mortes anuais por ondas de calor têm aumentando, observando-se 63,2% mais mortes entre 2012 e 2021 face ao período de 1990 a 1999 (Romanello *et al.*, 2025).

A ocorrência de ondas de calor e de frio e de outros eventos climáticos extremos, como secas, incêndios florestais e inundações, causam ainda alterações nos ecossistemas e afetam a produtividade e qualidade dos solos e água, promovendo insegurança alimentar e hídrica, elevando o risco de subnutrição e de doenças gastrointestinais, comprometendo a qualidade de vida e aumentando a mortalidade associada ao clima (Barbosa & Cardoso, 2023; WHO, 2023a).

Também a incidência e prevalência de doenças infeciosas aumenta com as alterações climáticas, uma vez que o aumento da temperatura e dos níveis de humidade expandem a

área de atuação de vetores de doença, como mosquitos e carraças, resultando no aumento de casos de doenças como dengue, febre amarela, malária, leishmaniose e doença de Lyme em regiões não tropicais, como o Sul da Europa (Tavares, 2018; WHO, 2021; Barbosa & Cardoso, 2023; IPCC, 2023; Romanello *et al.*, 2025).

Atualmente, as crescentes emissões antropogénicas de gases com efeito de estufa intensificam as alterações climáticas e exacerbam os seus impactos económicos, sociais e de saúde, situando-as como uma das maiores ameaças à saúde pública no século XXI (Barbosa e Cardoso, 2023; IPCC, 2023; Romanello *et al.*, 2025).

2.3.1. Impactos na Saúde Individual e nos Sistemas Sociais

Os impactos do clima e da poluição podem manifestar-se de forma direta, pelos danos humanos e estruturais da exposição aos eventos climáticos extremos, ou indireta, por alterações nos ecossistemas, nas infraestruturas e nos sistemas sociais e de saúde (Barbosa & Cardoso, 2023; IPCC, 2023).

A nível da saúde humana, destacam-se os efeitos da poluição do ar, pela exposição a CO_2, ozono troposférico e a partículas poluentes como as $PM_{2,5}$, e do aumento da temperatura, nomeadamente sob a forma de ondas de calor. Esta exposição agrava condições crónicas pré-existentes, como doenças cardiovasculares, respiratórias e renais, e potencia o surgimento de novas NCD, como rinite alérgica, asma, DPOC, cancro do pulmão, doenças cardíacas, AVC e doenças mentais (Tavares, 2018; WHO, 2021; Barbosa & Cardoso, 2023; Breitner-Busc *et al.*, 2023; Corvetto *et al.*, 2026).

No que diz respeito aos sistemas sociais e de saúde, os impactos do clima e do ambiente são influenciados pela sua resiliência, determinada pela existência de recursos físicos e humanos adequados e em quantidade suficiente que garanta o bom funcionamento dos serviços, principalmente após a ocorrência de eventos extremos (WHO, 2021; Barbosa & Cardoso, 2023). Também a reformulação dos planos curriculares dos profissionais de saúde de modo a abranger a temática das alterações climáticas é fundamental para que estes sejam mais eficientes na gestão de crises ambientais e no diagnóstico e tratamento de patologias climáticas (Barbosa & Cardoso, 2023; Romanello *et al.*, 2025).

Complementarmente, o desenvolvimento de estratégias de adaptação climática permite que os sistemas sociais e de saúde abandonem uma gestão reativa, tornando-se climaticamente mais resilientes. Alguns exemplos de medidas adaptativas que melhoram a resposta hospitalar e reduzem a morbilidade e mortalidade climática são a implementação de

sistemas de alerta precoce, a renovação de edifícios, com isolamento térmico e com infraestruturas autónomas de energia e água, e a realização de Avaliações de Vulnerabilidade e Adaptação (V&A) e de Planos Nacionais de Adaptação da Saúde (*Health National Adaptation Plan*, HNAP) que permitem identificar populações e infraestruturas em risco (WHO, 2021; Barbosa & Cardoso, 2023; IPCC, 2023; Romanello *et al.*, 2025).

No entanto, implementar estas estratégias a nível regional e nacional depende de financiamento climático. Em 2024, o Banco Mundial alocou 1,12 mil milhões de dólares para as alterações climáticas e adaptação climática do setor de saúde, mais 221% do que em 2023, mas ainda aquém dos 304 mil milhões de dólares de perdas económicas a nível global por eventos climáticos extremos e de um bilião de dólares de prejuízos pela perda de produtividade laboral no mesmo período (Romanello *et al.*, 2025).

Como tal, ainda prevalecem défices na resiliência e adaptação climática dos serviços sociais e de saúde que, juntamente com as desigualdades socioeconómicas, condicionam o acesso aos mesmos. Este acesso é ainda diretamente afetado pelos danos físicos e interrupções críticas no fornecimento de eletricidade, água, transporte e medicamentos causados por eventos climáticos extremos, como inundações, ondas de calor e tempestades (Tavares, 2018; WHO, 2021; IPCC, 2023). Entre 2005 e 2019, cerca de 412 instalações de saúde foram destruídas ou danificadas, em cada ano, por desastres climáticos (WHO, 2021). Adicionalmente, a diminuição na cobertura de seguros com perdas climáticas, de 67%, de 2010 a 2014, para 54%, de 2020 a 2024, reduz a capacidade de recuperação dos serviços e afeta a saúde das populações (Romanello *et al.*, 2025).

Alguns grupos, como as populações idosas, pobres ou migrantes, e algumas regiões, como as zonas agrícolas ou costeiras, onde a elevação do nível do mar, as secas e a desertificação são sentidas mais fortemente, são mais vulneráveis aos riscos e impactos climáticos (Barbosa & Cardoso, 2023; IPCC, 2023; WHO, 2023a; Romanello *et al.*, 2025).

2.3.2. Vulnerabilidade ao Risco Climático

O risco climático, isto é, o potencial para consequências adversas, resulta da interação entre a ocorrência do evento físico climático (perigo climático), a exposição ao longo do tempo e a vulnerabilidade dos sistemas afetados (WHO, 2021; IPCC, 2023). A vulnerabilidade consiste na predisposição ou tendência para um sistema ser mais afetado pelo perigo, como resultado de fatores físicos, sociais, económicos e ambientais (Angelsen & Dokken, 2018;

WHO, 2021; Deguen *et al.*, 2022), sendo frequentemente decomposta em três dimensões fundamentais (Barbosa & Cardoso, 2023):

- Exposição: Define-se como o "contacto entre uma pessoa e um ou mais factores de "stress" – psicossociais, biológicos, químicos ou físicos – consequentes das alterações climáticas" (Barbosa & Cardoso, 2023, p.71). Ou seja, refere-se à presença de pessoas, ecossistemas ou infraestruturas nos locais afetados pelo evento climático (Fussel & Klein, 2006; WHO, 2021);
- Sensibilidade: Refere-se ao grau a que os indivíduos ou comunidades são afetados, positiva ou negativamente, pela exposição ao clima (Fussel & Klein, 2006; Barbosa & Cardoso, 2023);
- Adaptabilidade: Consiste na capacidade de os indivíduos e comunidades se ajustarem aos potenciais danos, consequências ou benefícios das alterações climáticas. Encontra-se intrinsecamente relacionada com a existência e equidade de acesso a recursos económicos, institucionais, tecnológicos e de informação (Fussel & Klein, 2006; WHO, 2021; Barbosa & Cardoso, 2023).

Como tal, a vulnerabilidade varia de acordo com o contexto geográfico e socioeconómico. Populações de baixos rendimentos tendem a viver em zonas de maior risco e apresentam menor capacidade financeira e menos recursos de adaptação, como isolamento térmico e sistemas de refrigeração, resultando numa maior exposição e menor capacidade adaptativa aos perigos climáticos. Comunidades agrícolas ou costeiras e grupos ocupacionais que trabalhem maioritariamente ao ar livre, como construtores civis, são também mais sensíveis ao calor, à poluição do ar ou a outras condições ambientais e climáticas adversas. Também pessoas com doenças crónicas pré-existentes e grávidas, idosos e crianças, devido à sua baixa resistência imunitária, são mais sensíveis aos impactos das alterações climáticas (WHO, 2021; Barbosa & Cardoso, 2023; IPCC, 2023).

O risco é ainda amplificado pela ocorrência simultânea de múltiplos eventos climáticos, como ondas de calor acompanhadas de períodos de secas ou episódios de precipitação intensa seguida de inundações. A ocorrência destes fenómenos compostos resulta na diminuição da qualidade do solo, da produtividade alimentar e da capacidade laboral, contribuindo para uma maior insegurança alimentar, o aumento dos preços dos alimentos e a diminuição dos rendimentos familiares (Barbosa & Cardoso, 2023; IPCC, 2023).

Os impactos destes riscos climáticos dependem não só da exposição e vulnerabilidade das populações, mas também da existência de infraestruturas resilientes e mecanismos de

vigilância e de adaptação (WHO, 2021; IPCC, 2023). Estes devem ser orientados para as necessidades específicas de cada população, isto é, moldados aos principais fatores de risco de cada região ou país (Li *et al.*, 2025).

2.4. Evidências Empíricas e Lacunas na Literatura

Na literatura, existem evidências sólidas da relação entre os diferentes determinantes e a prevalência e incidência de NCD.

No âmbito socioeconómico e demográfico, diversos estudos analisam o impacto da região geográfica, do nível socioeconómico, da idade e do sexo na prevalência, mortalidade e DALY por NCD: Mwangi *et al.* (2020) salientam que, no Quénia, as populações em áreas urbanas apresentam maior tendência de adoção de dietas pouco saudáveis e de estilos de vida sedentários; Daroudi *et al.* (2021) demonstram a existência de relações inversas entre os DALY e as despesas em saúde *per capita*, o Índice de Desenvolvimento Humano e o PIB *per capita*; Khanzada *et al.* (2021) reforçam a relação inversa entre o PIB e a mortalidade por NCD; Qiao *et al.* (2021) concluem que os DALY por NCD atribuíveis a riscos dietéticos são maiores nas populações menos desenvolvidas e nos indivíduos do sexo masculino; Andrade *et al.* (2023) concluem que, nos países europeus analisados, apesar da diminuição nos DALY, os homens apresentam uma carga global de doença mais elevada devido à sua tendência para atividades profissionais de risco e para o consumo de álcool e tabaco, enquanto mulheres tendem a ter comportamentos preventivos; Hambleton *et al.* (2023) analisam o impacto do aumento e envelhecimento populacional na mortalidade e DALY por NCD, no continente americano, confirmando o seu impacto positivo, apesar dos avanços epidemiológicos; e Torres *et al.* (2024) observam que, na União Europeia, países com maior investimento e despesas em saúde apresentaram menores DALY na maioria das NCD analisadas.

A nível ambiental, a bibliografia tende a debruçar-se sobre a poluição do ar, confirmando a existência de uma relação positiva entre a exposição a poluentes e a prevalência e mortalidade por diversas doenças, como as NCD: Anyanwu *et al.* (2024) verificam que, das diferentes condições ambientais associadas ao desenvolvimento de NCD, na região da África Subsariana, a poluição do ar destaca-se, seguida das poeiras, condições meteorológicas adversas, metais pesados, radioatividade do solo e inexistência de espaços verdes; Behera *et al.* (2024) identificam um aumento no número de mortes por NCD relacionadas com a exposição a poluição do ar, nos últimos anos, nos países BRICS (Brasil,

Rússia, Índia, China e África do Sul), principalmente nas crianças com menos de 5 anos de idade e adultos com mais de 50 anos de idade; Karim *et al.* (2024) apontam que a carga global de doença por NCD associada a poluição do ar tende a aumentar em cenários de aumento populacional, envelhecimento e maiores desigualdades sociais, mas diminui em contextos socioeconómicos mais sustentáveis e com menores emissões de carbono e uso de solo; Bennitt *et al.* (2025) estimam que, apesar de a carga global de doença associada à exposição a poluição de ar habitacional pelo uso de combustíveis sólidos poluentes para cozinhar estar a diminuir, ainda persiste em certas regiões (África Subsariana e Sul de Ásia) e comunidades carenciadas, pelo que deve ser considerada nas discussões de saúde pública; e Clark *et al.* (2025) determinam que, em 2021, os fatores de risco ocupacionais e ambientais (poluição atmosférica e habitacional, exposição ao chumbo, baixas temperaturas e falta de acesso a serviços seguros de saneamento e de água) foram responsáveis por 18,9% (12,8 milhões) das mortes globais e 14,4% dos DALY, com a poluição atmosférica por $PM_{2,5}$ e a poluição habitacional pelo uso de combustíveis sólidos a serem as principais causas, com 4,7 milhões e 3,1 milhões de mortes, respetivamente;.

Existem ainda alguns estudos que relacionam as alterações climáticas, nomeadamente a exposição a temperaturas extremas, com o desenvolvimento e mortalidade por doenças, como as NCD: Zhao *et al.* (2021) indicam que cerca de 10% das mortes globais encontram-se associadas a temperaturas ambientais não ideais, com 51,49% destas mortes a ocorrer na Ásia, mas que a região da África Subsaariana apresenta a maior taxa de mortes por frio e a Europa de Leste apresenta a maior taxa de mortes por calor; Siiba *et al.* (2024) focam-se especificamente no continente africano, salientando que as alterações climáticas e a globalização contribuem para a urbanização e alterações nos sistemas alimentares, resultando no aumento das NCD; Zhang *et al.* (2024) concluem que as doenças cardiovasculares são o principal NCD associado a temperaturas elevadas, a nível global, entre 1990 e 2019, existindo uma correlação negativa entre o nível socioeconómico e as taxas de mortalidade e de DALY por NCD por temperaturas elevadas; e Corvetto *et al.* (2026) salientam que há uma clara evidência entre a exposição ao calor e o aumento de morbilidade e mortalidade por diversas doenças, nomeadamente doenças cardiovasculares e respiratórias, mas referem que, na sua revisão sistemática de literatura, a maioria dos estudos analisados são referentes a países de rendimento alto e médio-alto.

No entanto, apesar da vasta produção científica, a maioria dos estudos foca-se num único grupo de determinantes, para um único país ou região. Estudos como os de Shu e Jin

(2023) e Naghavi *et al.* (2025) contrariam esta tendência ao realizar análises globais de longo prazo, com diferentes grupos de fatores de risco.

Shu e Jin (2023) analisam a incidência, prevalência, mortes e DALY por doenças transmissíveis e NCD, relacionando-as com a localização geográfica, a faixa etária, o sexo e o nível socioeconómico, a nível global, de 1990 a 2019. Os autores concluem que, apesar de a mortalidade por NCD estar a diminuir, a sua incidência e prevalência tem aumentado desde 2010, sendo maior em países de menor nível socioeconómico. Adicionalmente, a incidência e prevalência de NCD é maior nas mulheres e nas faixas etárias mais jovens (< 20 anos), enquanto as mortes e DALY por NCD, em valor absoluto, são maiores nos homens e nas faixas etárias mais envelhecidas (> 80 anos). Os autores destacam ainda que, apesar de a taxa de DALY com padronização de idades (*age-standardized*) ter diminuído, devido aos avanços médicos, os DALY em número absoluto têm aumentado, possivelmente como resultado do aumento e envelhecimento populacional.

Naghavi *et al.* (2025) apresentam uma análise abrangente da mortalidade global por doenças transmissíveis, maternas, neonatais e nutricionais e por NCD, em 204 países, de 1990 a 2023, através da métrica YLL. Concluem que doença isquémica cardíaca e AVC, ambas NCD, continuam a ser as principais causas de morte, e que as regiões de menor rendimento apresentam uma menor idade média de morte do que os países de maior rendimento, nos quais as mulheres morrem com uma idade média de 80,9 anos e os homens com uma idade média de 74,8 anos. A região da África Subsariana apresentou a menor idade média de morte, com 38,0 anos para as mulheres e 35,6 anos para os homens.

Adicionalmente, também Irandoust *et al.* (2024) e Li *et al.* (2025) apresentam análises globais de longo prazo com diversas variáveis, mas destacam-se face aos estudos anteriores por incluírem determinantes ambientais nos fatores de risco analisados.

Irandoust *et al.* (2024) analisam a relação entre 13 determinantes de saúde e os DALY, YLL e YLD globais, sem distinguir entre doenças transmissíveis e NCD, em 194 países, de 2000 a 2018. Dentro dos diferentes determinantes encontram-se abrangidos o PIB, as despesas em saúde, a escolaridade, o desemprego, as lesões, o acesso a água potável, o consumo de substâncias (álcool, tabaco e drogas), a obesidade, a poluição do ar, a urbanização e as IST (Infeções Sexualmente Transmissíveis). Os autores referem que, globalmente, as lesões e as IST são os principais fatores com correlação positiva com os DALY globais, enquanto a urbanização é o principal fator com correlação negativa, apesar do aumento populacional e do aumento das taxas de excesso de peso/obesidade nas regiões urbanas.

O estudo de Li *et al.* (2025) foca-se especificamente na prevalência, mortalidade e DALY por NCD, a nível global, de 1990 a 2021, quantificando a fração de risco atribuível aos fatores de risco estudados. Os autores consideram 18 fatores de risco, que englobam determinantes socioeconómicos e demográficos, como idade, sexo e índice sociodemográfico, determinantes metabólicos, como hipertensão arterial e IMC (Índice de Massa Corporal) elevado, determinantes comportamentais, como tabagismo, consumo de álcool e dieta, e determinantes ambientais, como poluição do ar. Destes, destacam-se a hipertensão arterial, os riscos dietéticos e o tabagismo como os principais fatores de risco a nível global e o IMC elevado como o fator com o maior crescimento no período estudado. A nível socioeconómico, a carga global de NCD é maior em países de menor rendimento e, a nível demográfico, observa-se uma maior prevalência de NCD em mulheres e maiores taxas de mortalidade e de DALY por NCD nos homens. Em ambos os sexos, os DALY aumentam após os 45 anos de idade.

Apesar da relevância destes estudos, os diferentes autores identificam ainda pontos de melhoria, como a necessidade de explorar disparidades regionais e o uso de processos de estimação ou de imputação de dados em determinantes com dados incompletos (mas com pelo menos 80% dos dados), no sentido de não serem descartados fatores de risco importantes (Irandoust *et al.*, 2024; Li *et al.*, 2025; Naghavi *et al.*, 2025). Li *et al.* (2025) destacam ainda a importância de utilizar metodologias econométricas e temporais que permitam identificar padrões e variações abruptas localizadas, bem como a importância de incluir determinantes sociais, como educação e pobreza, e de aprofundar determinantes ambientais, como poluentes específicos e dinâmicas climáticas, garantindo-se assim uma análise integrada da poluição atmosférica, do clima e das dinâmicas populacionais e sociais. Adicionalmente, Karim *et al.* (2024) identificam a escassez de estudos que utilizem YLL, YLD ou DALY para avaliar a carga global de NCD.

Como tal, a evidência empírica tende a permanecer fragmentada, com lacunas metodológicas a nível temporal e regional. A presente dissertação visa colmatar estas lacunas, ao estimar o impacto de um conjunto de determinantes ambientais e socioeconómicos na mortalidade e morbilidade dos NCD. A relação entre os diversos determinantes e os DALY por NCD será estudada através de análises econométricas de séries em painel, num panorama global, de 2000 a 2022.

3. Metodologia

Neste capítulo, descrevem-se as variáveis, a amostra, o período em estudo e as diferentes análises realizadas, de modo a responder às questões centrais desta investigação e a testar as hipóteses de investigação formuladas sobre o impacto dos diferentes determinantes na carga global de NCD. A metodologia adotada segue uma abordagem quantitativa, assente na análise de dados em painel de 150 países, de 2000 a 2022. As diferentes análises apresentadas foram realizadas com recurso ao *software* EViews 14.

3.1. Questões e Hipóteses de Investigação

Esta investigação pretende analisar como determinantes ambientais, enquadrados através de variáveis socioeconómicas, demográficas e comportamentais, têm moldado a carga global das NCD, nas últimas duas décadas, respondendo às questões de investigação:

1. De que forma os determinantes ambientais, conjugados com os determinantes socioeconómicos, influenciam a carga global de doença por NCD?
2. Observam-se variações significativas regionais na relação entre os determinantes de saúde e os DALY por NCD?

De acordo com a revisão de literatura apresentada, e de modo a responder às questões de investigação, definiram-se as seguintes hipóteses de investigação:

H1. Um maior PIB *per capita* resulta num menor DALY por NCD. Diversos estudos verificam a existência de uma relação inversa entre o PIB, o PIB *per capita* e/ou o nível socioeconómico e a prevalência, mortalidade e DALY por NCD, uma vez que países de maior rendimento tendem a alocar mais recursos aos serviços sociais e de saúde (Daroudi *et al.*, 2021; Khanzada *et al.*, 2021; Qiao *et al.*, 2021; Shu & Jin, 2023; Irandoust *et al.*, 2024; Zhang *et al.*, 2024; Li *et al.*, 2025; Naghavi *et al.*, 2025).

H2. Uma maior despesa pública em saúde resulta num menor DALY por NCD. A literatura demonstra que, nos países desenvolvidos, a esperança média de vida e a esperança de vida saudável tendem a ser mais elevadas, ou seja, as pessoas vivem mais anos e com saúde, devido a um maior investimento financeiro em saúde (Stringhini & Bovet, 2017; Mwangi *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2023). Também os estudos de Daroudi *et al.* (2021), Irandoust *et al.* (2024) e Torres *et al.* (2024) reforçam esta premissa, uma vez que apontam para a existência de uma relação inversa entre o

investimento e despesas de saúde e a carga global de doença, avaliada pelas taxas de DALY.

H3. O aumento da média de anos de escolaridade resulta num menor DALY por NCD. Indivíduos com maior escolaridade tendem a apresentar menor probabilidade de adotar comportamentos de risco, diminuindo a carga global de doenças (Kingston *et al.*, 2018; Mwangi *et al.*, 2020; Rechel *et al.*, 2020; Daroudi *et al.*, 2021; Irandoust *et al.*, 2024).

H4. O envelhecimento populacional resulta num maior DALY por NCD. O envelhecimento populacional é predominante no aumento da multimorbilidade e dos DALY por NCD, uma vez que a prevalência de doenças crónicas aumenta com a idade (Kingston *et al.*, 2018; Rechel *et al.*, 2020; Schumacher *et al.*, 2025). Os estudos de Karim *et al.* (2024), Hambleton *et al.* (2023), Shu e Jin (2023) e Li *et al.* (2025) confirmam o impacto positivo do envelhecimento populacional nos DALY por NCD.

H5. O aumento da taxa de urbanização resulta num maior DALY por NCD. Grande parte da literatura conclui que uma crescente urbanização é acompanhada de um maior sedentarismo, de maior poluição atmosférica e hídrica e de uma sobrecarga de serviços sociais e de saúde devido ao aumento populacional, culminando no aumento da carga global por doenças não transmissíveis (Moore *et al.*, 2003; Howse *et al.*, 2021; Siiba *et al.*,2024).

H6. O aumento do consumo relativo de tabaco resulta num maior DALY por NCD. O tabagismo é um dos principais fatores de risco no desenvolvimento de NCD contribuindo para a morbilidade e mortalidade por doenças cardiovasculares, cancros, doenças respiratórias e diabetes (WHO, 2023b, 2025c).

H7. O aumento do consumo de álcool *per capita* resulta num maior DALY por NCD. O consumo de álcool contribui para 10% das NCD, incluindo doenças como cirrose hepática, pancreatite, hipertensão, AVC hemorrágico e alguns tipos de cancro do sistema digestivo (WHO, 2025c; WHO EMRO, 2026).

H8. O aumento da taxa de obesidade resulta num maior DALY por NCD. A prevalência de obesidade promove o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, que são a principal causa de morte prematura por NCD (WHO, 2025c, 2025b).

H9. O aumento do consumo de combustíveis sólidos poluentes para cozinhar resulta num maior DALY por NCD. Milhares de milhões de pessoas ainda

recorrem a combustíveis poluentes para cozinhar e aquecer as suas habitações, aumentando as concentrações habitacionais de $PM_{2,5}$ (Bennitt *et al.*, 2025; Romanello *et al.*, 2025). A exposição a estes poluentes contribui para doenças respiratórias, cardiovasculares, mentais, entre outras (Mendes *et al.*, 2013; Lima *et al.*, 2020; Breitner-Busc *et al.*, 2023).

H10. O aumento da concentração de $PM_{2,5}$ de origem antropogénica no ar atmosférico resulta num maior DALY por NCD. A poluição atmosférica é o segundo maior fator de risco no desenvolvimento de NCD e a segunda principal causa de morte prematura e de fraca qualidade de vida (Howse *et al.*, 2021; IHME, 2025b; WHO, 2025a). Anyanwu *et al.* (2024), Behera *et al.* (2024), Irandoust *et al.* (2024) e Clark *et al.* (2025) salientam a poluição do ar como um dos principais fatores de risco ambientais nas mortes e DALY globais.

H11. O aumento da percentagem de população com acesso a serviços básicos de saneamento resulta num menor DALY por NCD. A inexistência de serviços adequados de saneamento aumenta a exposição a matéria fecal, contribuindo para a proliferação de doenças gastrointestinais e parasitárias (Moore *et al.*, 2023; WHO, 2024b). A prevalência destas doenças infeciosas contribui para danos celulares e inflamação, promovendo o desenvolvimento de cancros e de doenças gastrointestinais, renais e cardiovasculares crónicas (Goswami, 2024).

H12. Mais dias de extremo térmico por calor resultam num maior DALY por NCD. A exposição a temperaturas extremamente altas pode causar palpitações e insolações, agravando condições pré-existentes como doenças cardiovasculares, mentais ou respiratórias (Tavares, 2018; Lima *et al.*, 2020; Romanello *et al.*, 2025), resultando no aumento da prevalência, mortalidade e DALY por NCD (Zhao *et al.*, 2021; Siiba *et al.*, 2024; Zhang *et al.*, 2024; Corvetto *et al.*, 2026).

H13. Mais dias de extremo térmico por frio resultam num maior DALY por NCD. A exposição a temperaturas extremamente baixas aumenta o risco de morbilidade e mortalidade por doenças cardiovasculares, como ataques cardíacos e AVC, e respiratórias, como asma e DPOC (Tavares, 2018; Lima *et al.*, 2020; Zhao *et al.*, 2021; Siiba *et al.*, 2024; Corvetto *et al.*, 2026).

3.2. Variáveis e Período de análise

O presente estudo utiliza a taxa de DALY por NCD como variável dependente e considera 13 variáveis independentes (Tabela 3.1). A recolha das séries de dados a partir de bases de dados globais foi concluída a 2 de março de 2026.

Tabela 3.1 – Variáveis independentes, com respetiva legenda, unidade e intervalo de anos com dados disponíveis.

Variáveis independentes	Legenda	Unidade	Intervalo
PIB *per capita*	GDPpc	US$	2000 – 2024
Despesa pública em saúde	H	%PIB	2000 – 2023
Escolaridade	K	anos	2000 – 2023
Taxa de urbanização	U	% população	2000 – 2024
Envelhecimento populacional	E	% população	2000 – 2024
Tabagismo	T	% população	2000 – 2025
Consumo de álcool *per capita*	A	Litros por habitante	2000 – 2022
Obesidade	O	% população	2000 – 2022
Acesso a serviços básicos de saneamento	S	% população	2000 – 2024
Utilização de combustíveis sólidos poluentes para cozinhar	IAP	% população	2000 – 2021
Concentração atmosférica de $PM_{2,5}$ de origem antropogénica	EAP	$\mu g/m^3$	2000 – 2022
Extremo térmico de calor	WD	número de dias	2000 – 2024
Extremo térmico de frio	CD	número de dias	2000 – 2024

Fonte: Elaboração própria no Excel.

A variável "Acesso a serviços básicos de água potável", inicialmente considerada, foi excluída devido a extensas lacunas e à ausência de variação (valores constantes de 100%) em vários países da amostra.

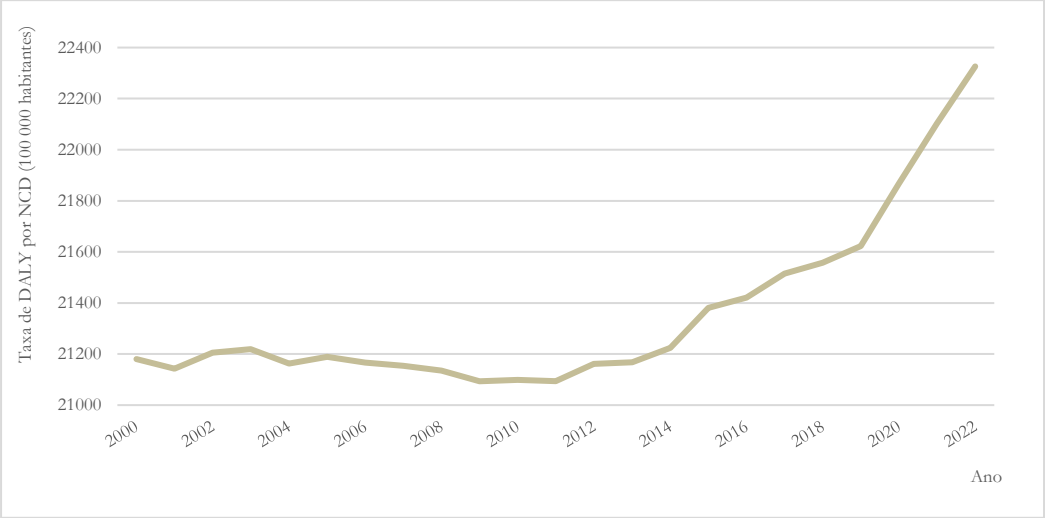
O período de análise foi estabelecido de 2000 a 2022, uma vez que a maioria das variáveis apresenta dados neste intervalo. Ainda que a variável IAP apresente dados apenas até 2021, uma vez que a sua variação é lenta e linear ao longo do tempo, foi possível implementar um processo de imputação de dados, para o ano de 2022, através de extrapolação linear simples, garantindo-se assim a densidade de todo o painel para o período de 2000 a 2022.

3.2.1. Variável Dependente

Os dados da métrica DALY foram recolhidos da base de dados IHME (2026b), sob a forma de taxa de DALY por NCD por 100 000 habitantes por ano. Esta taxa reflete o real comportamento da variação dos valores absolutos de DALY, mas, contrariamente ao valor absoluto, elimina as discrepâncias observadas entre países com diferentes números de habitantes, ou seja, permite aproximar a escala para os diferentes países. A nível

demográfico, selecionaram-se as especificações *both sexes* (ambos os sexos) e *all ages* (todas as faixas etárias), em vez de *age-standardized* (taxa padronizada por idade). A escolha de *all ages*, em detrimento de *age-standardized*, reflete a atual variação dos DALY por NCD na população, à medida que esta evolui ao longo dos anos, permitindo avaliar o verdadeiro impacto do envelhecimento populacional, que seria ocultado pelo uso de padronizações etárias (Hambleton *et al.*, 2023).

No período em análise, verifica-se que os valores médios da taxa de DALY por NCD, após um período de relativa estabilização, entre 2000 e 2013, apresentaram uma tendência de crescimento (Figura 3.1), tal como referido por Shu e Jin (2023) para os valores absolutos de DALY por NCD. Este aumento acentua-se a partir de 2019, possivelmente associado à sobrecarga dos sistemas de saúde e ao desenvolvimento e agravamento de doenças crónicas após a pandemia COVID-19.



Fonte: Elaboração própria no Excel com dados do IHME (2026b).

Figura 3.1 – Evolução da taxa de DALY por NCD, por 100 000 habitantes por ano, de 2000 a 2022.

3.2.2. Variáveis Independentes

As variáveis independentes deste estudo foram selecionadas de acordo com os determinantes de saúde identificados pela literatura, que se subdividem em duas principais categorias: socioeconómicas e ambientais.

Na categoria socioeconómica, englobam-se as variáveis que traduzem a capacidade económica, o investimento em saúde, o nível educacional, o desenvolvimento estrutural e o envelhecimento populacional. Todas as variáveis apresentaram um crescimento constante entre 2000 e 2022 (Figuras 3.2 a 3.6), com as variáveis económicas (PIB *per capita* e Despesa

pública em saúde) a apresentar ligeiras oscilações. Em períodos de recessão económica, como a despoletada pela crise financeira de 2008/2009 e a pandemia COVID-19, a variável PIB *per capita* diminuiu (Figura 3.2), enquanto a despesa pública em saúde aumentou (Figura 3.3).

- **PIB *per capita* (GDPpc).** Os dados foram recolhidos da base de dados do *World Bank* (2026c), expressos em dólares internacionais (US$) a preços constantes (ano 2021).
- **Despesa pública em saúde (H).** Representa a percentagem do PIB alocada às despesas públicas de saúde. Nestas despesas, são considerados os bens e serviços de saúde consumidos em cada ano, excluindo-se gastos com edifícios, maquinaria, tecnologias de informação e reservas de vacinas para emergências ou surtos. Os dados foram recolhidos da base de dados *World Bank* (2026c).
- **Escolaridade (K).** Corresponde à média de anos de escolaridade por indivíduos com 15 ou mais anos de idade. Estes valores foram recolhidos na base de dados do *Human Development Index* (HDI) do UNDP (*United Nations Development Programme*) (2026).
- **Taxa de urbanização (U).** Considerou-se como taxa de urbanização a percentagem da população que, à data da colheita de dados, vivia em zonas urbanas. Os dados foram recolhidos da base de dados do *World Bank* (2026c).
- **Envelhecimento Populacional (E).** Consiste na percentagem da população com idade igual ou superior a 65 anos, considerando-se todos os residentes a habitar naquele país à data da colheita de dados, independentemente da existência de estatuto de cidadão. Os dados foram recolhidos da base de dados *World Bank* (2026c).

A nível socioeconómico, incluíram-se ainda determinantes comportamentais e metabólicos, representados com recurso a variáveis que traduzem o consumo de substâncias nocivas (tabaco e álcool) e a adoção de dietas pouco saudáveis e de estilos de vida sedentários (obesidade). Os dados das diferentes variáveis comportamentais foram recolhidos da base de dados da WHO (2026). Contrariamente aos restantes determinantes socioeconómicos, estes manifestaram evoluções distintas no período em análise, com a percentagem de população fumadora a diminuir de 30,4% para 19,8% (Figura 3.7), mas a percentagem de população obesa a aumentar de 13,86% para 22,88% (Figura 3.9). A evolução do consumo de álcool *per capita* (Figura 3.8) apresentou um comportamento mais oscilatório, aumentando até 2007 (4,94 litros por pessoa por ano), mas, posteriormente, diminuindo até 2022 (4,65 litros por pessoa por ano).

- **Tabagismo (T).** Representa a percentagem de população com idade igual ou superior a 15 anos que usa produtos com tabaco, como cigarros, cachimbos, charutos, cachimbos de água (*hookah*, *sisha*), *bidi*, *kretek*, tabaco aquecido e formas orais e nasais de tabaco, excluindo-se produtos eletrónicos, desde que não contenham tabaco. Na base de dados consultada, existem apenas dados para os anos 2000, 2005, 2008, 2011, 2015, 2020, 2022, 2023, 2024 e 2025. Por ser uma variável de evolução lenta e gradual, procedeu-se à interpolação linear simples, de modo a completar a série temporal.
- **Consumo de álcool *per capita* (A).** Esta variável expressa a quantidade de álcool, em litros, consumida por ano por uma pessoa com idade igual ou superior a 15 anos.
- **Obesidade (O).** Corresponde à percentagem de adultos (idade igual ou superior a 18 anos) com IMC igual ou superior a 30 kg/m². Utilizou-se a obesidade como *proxy* do sedentarismo e do consumo de dietas pouco saudáveis.

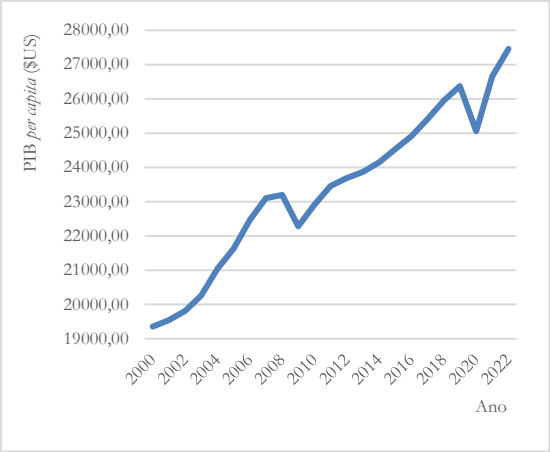
A nível ambiental, utilizaram-se variáveis de poluição do ar, habitacional e atmosférico, de acesso a saneamento, e de variações extremas de temperatura.

- **Utilização de combustíveis sólidos poluentes para cozinhar (IAP).** Corresponde à percentagem da população que utiliza combustíveis sólidos poluentes (carvão mineral, carvão vegetal, madeira/lenha, resíduos agrícolas e/ou estrume) para cozinhar, resultando na exposição a partículas poluentes no ar habitacional. Esta variável apresentou um decrescimento linear constante, de 38,64% até 27,74%, no período em análise (Figura 3.10). Os dados foram recolhidos de Bennitt *et al.* (2025).
- **Concentração atmosférica de $PM_{2,5}$ de origem antropogénica (EAP).** Corresponde à concentração atmosférica de partículas poluentes do tipo $PM_{2,5}$, com origem em atividades de origem antropogénica, como a queima de combustíveis fósseis. Desconsideram-se partículas de origem natural, como poeiras, maresia, relâmpagos e erupções vulcânicas. A variável EAP, apesar de uma tendência crescente até 2011 (14,648 $\mu g/m^3$), tem, desde então, diminuído com picos em 2015 (14,072 $\mu g/m^3$), 2018 (13,675 $\mu g/m^3$) e 2022 (13,451 $\mu g/m^3$) e o valor mais baixo observado em 2020 (13,006 $\mu g/m^3$) (Figura 3.11). Os dados foram recolhidos do relatório *Environmental Performance Index* (EPI) 2024 (YCELP, 2026).
- **Acesso a serviços básicos de saneamento (S).** Representa a percentagem da população com acesso a infraestruturas de saneamento, no mínimo, básicas, isto é, qualquer sistema que não seja partilhado com outros agregados familiares e que impeça

o contacto direto com fezes e urina, como sanitas de compostagem, latrinas ou sistemas de autoclismo ou de descarga conectados a redes de esgoto ou tanques séticos. Os dados foram recolhidos da base de dados da WHO (2026). Esta variável apresentou um crescimento constante de 67,5% para 79,6% (Figura 3.12).

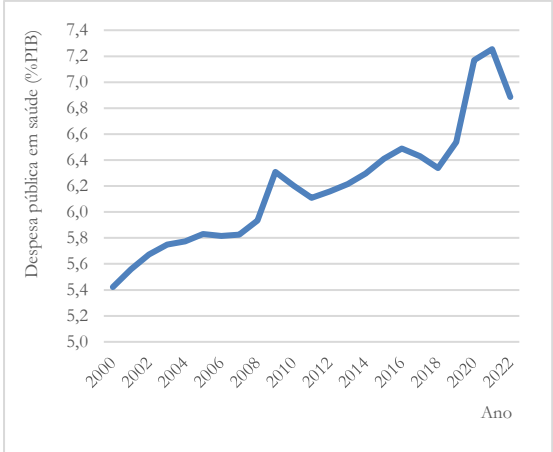
- **Extremos térmicos de calor (WD) e de frio (CD).** As variáveis WD e CD operam como *proxies* das alterações climáticas e correspondem ao número de dias nos quais os valores de temperatura máxima são superiores ao 90º percentil local e os valores de temperatura mínima são inferiores ao 10º percentil local, respetivamente. Utilizaram-se os dados dos índices WSDI (*Warm Spell Duration Index*) e CSDI (*Cold Spell Duration Index*) da base dados *Climate Change Knowledge Portal* (World Bank, 2026a), sendo que estes dados englobam dados reais observados, de 2000 a 2014, e dados projetados pelo SSP2–4.5, de 2015 a 2025. O SSP2–4.5 corresponde a um cenário SSP (*Shared Socioeconomic Pathway*) intermédio, ou *Middle of the Road*, com desafios moderados à adaptação e mitigação e que prevê que o desenvolvimento social, económico e tecnológico seguirá as tendências históricas, o desenvolvimento sustentável fará progressos lentamente e os sistemas ambientais sofrerão degradação, apesar das mudanças positivas realizadas por alguns países (Riahi *et al.*, 2017). De acordo com Hausfather e Peter (2020), o cenário SSP2–4.5 é o cenário mais "provável" devido à sua concordância com as atuais políticas climáticas. Mais recentemente, Scafetta (2024) destacou o cenário SSP2–3.4, um cenário intermédio, mas com políticas de mitigação mais restritas, um aquecimento global mais moderado e que se alinha de forma ideal com a evolução recente e com as projeções da Agência Internacional de Energia até 2050. No entanto, este cenário não estava englobado nas opções de projeção da base de dados consultada, pelo que, no presente trabalho, optou-se pelo cenário SSP2–4.5.

  O número de dias com extremos térmicos de calor aumentou nas últimas duas décadas, de 1,9 dias em 2000 para 29,5 dias em 2022, com um crescimento mais acelerado entre 2014 (6,9 dias) e 2022 (Figura 3.13). Por sua vez, o número de dias com extremos térmicos de frio decresceu entre 2000 (0,86 dias) e 2012 (0,24 dias) e 2016 (1,40 dias) e 2022 (0,32 dias), com o pico máximo observado em 2016 (Figura 3.14). Apesar destas oscilações, a variação do número de dias de frio extremo manteve-se entre 0,24 a 1,47 dias, valores bastante inferiores ao intervalo de variação do número de dias de calor extremo ([1,9; 29,5] dias).



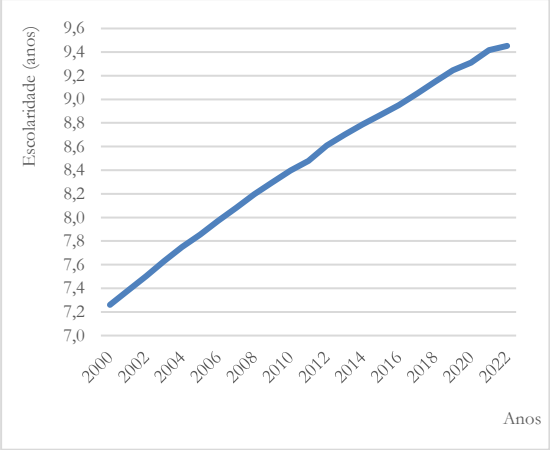
Fonte: Elaboração própria no Excel com dados do *World Bank* (2026c).

Figura 3.2 – Evolução do PIB *per capita* (US$) de 2000 a 2022.



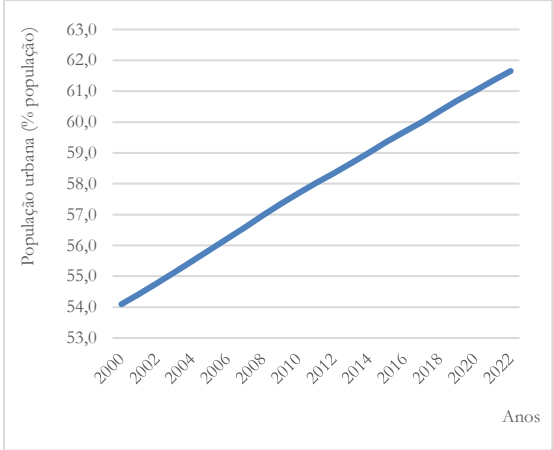
Fonte: Elaboração própria no Excel com dados do *World Bank* (2026c).

Figura 3.3 – Evolução da despesa pública em saúde (%PIB) de 2000 a 2022.



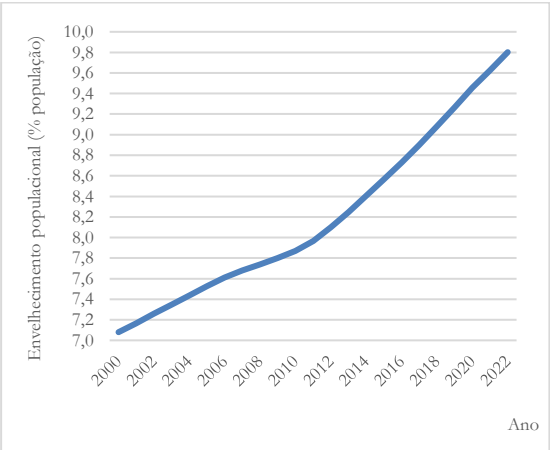
Fonte: Elaboração própria no Excel com dados do UNDP (2026).

Figura 3.4 – Evolução da média de anos de escolaridade de 2000 a 2022.



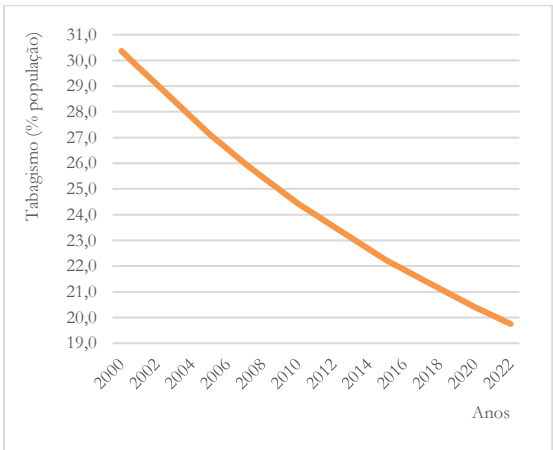
Fonte: Elaboração própria no Excel com dados do *World Bank* (2026c).

Figura 3.5 – Evolução da percentagem de população urbana de 2000 a 2022.



Fonte: Elaboração própria no Excel com dados do *World Bank* (2026c).

Figura 3.6 – Evolução da percentagem de população com idade igual ou superior a 65 anos de 2000 a 2022.



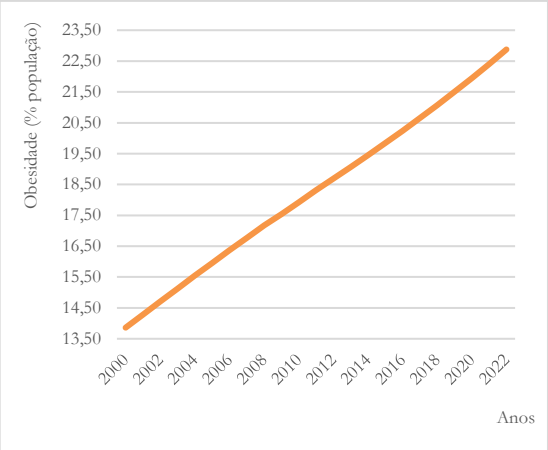
Fonte: Elaboração própria no Excel com dados da WHO (2026).

Figura 3.7 – Evolução da percentagem de população fumadora de 2000 a 2022.



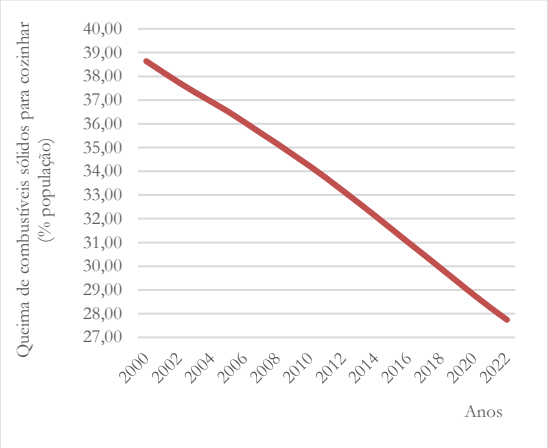
Fonte: Elaboração própria no Excel com dados da WHO (2026).

Figura 3.8 – Evolução do consumo de álcool *per capita* (litros) de 2000 a 2022.



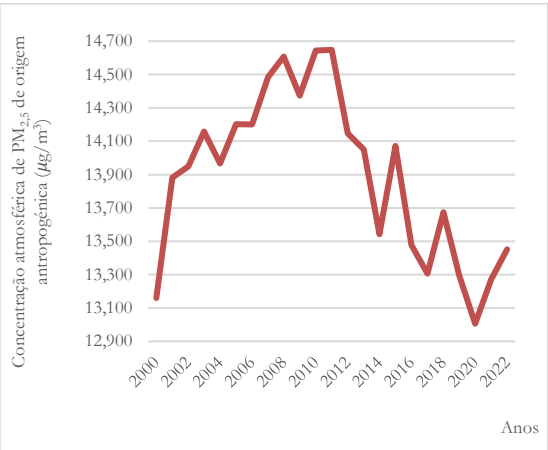
Fonte: Elaboração própria no Excel com dados da WHO (2026).

Figura 3.9 – Evolução da percentagem de população obesa de 2000 a 2022.



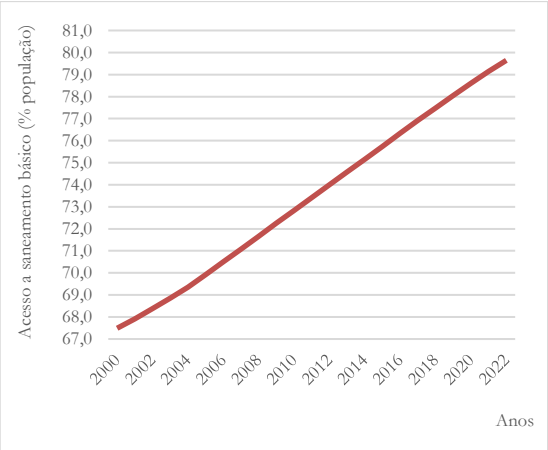
Fonte: Elaboração própria no Excel com dados de Bennitt *et al.* (2025).

Figura 3.10 – Evolução da percentagem de população que utiliza combustíveis fósseis poluentes para cozinhar de 2000 a 2022.



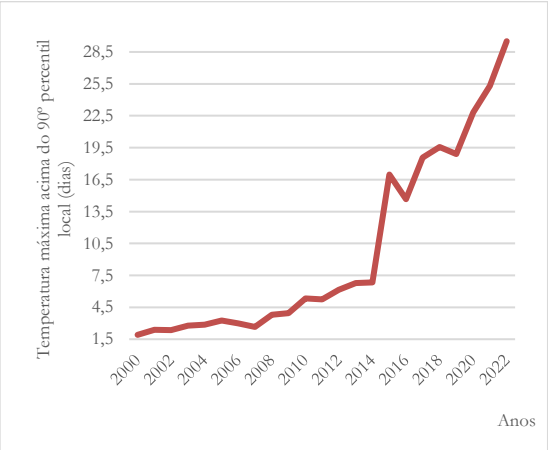
Fonte: Elaboração própria no Excel com dados do EPI 2024 (YCELP, 2026).

Figura 3.11 – Evolução da concentração atmosférica de $PM_{2,5}$ de 2000 a 2022.



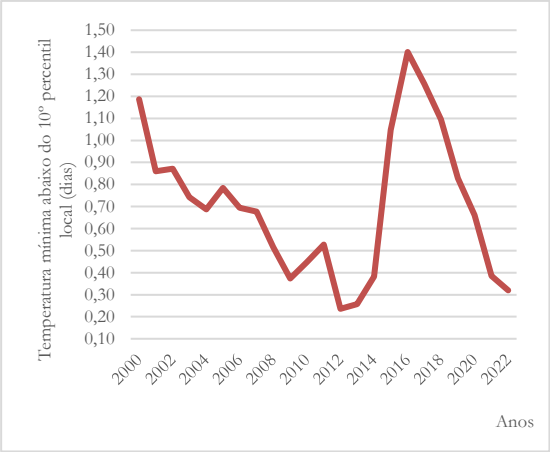
Fonte: Elaboração própria no Excel com dados da WHO (2026).

Figura 3.12 – Evolução da percentagem da população com acesso a serviços básicos de saneamento de 2000 a 2022.



Fonte: Elaboração própria no Excel com dados do *World Bank* (2026a).

Figura 3.13 – Evolução do número de dias com temperatura máxima acima do 90º percentil local de 2000 a 2022.



Fonte: Elaboração própria no Excel com dados do *World Bank* (2026a).

Figura 3.14 – Evolução do número de dias com temperatura mínima abaixo do 10º percentil local de 2000 a 2022.

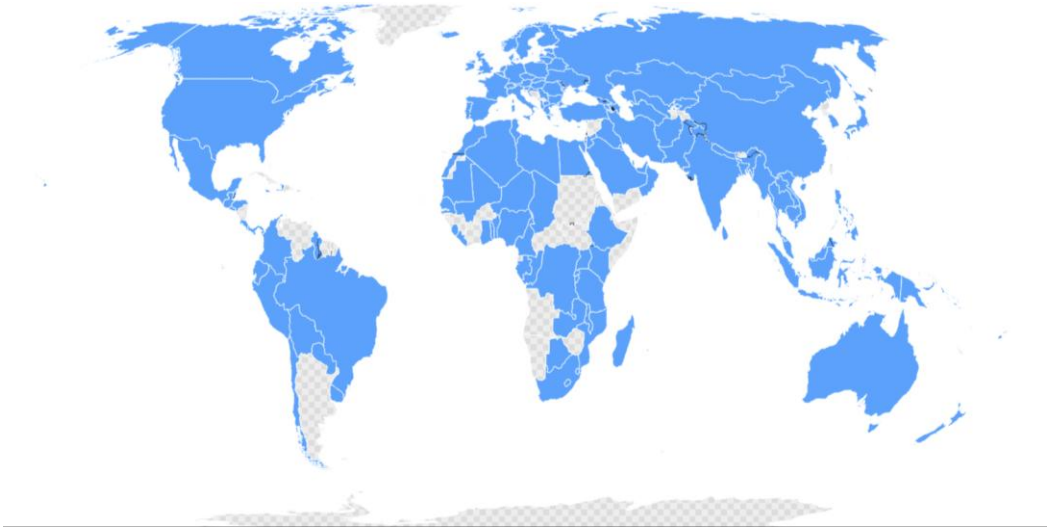
3.3. Amostra

A amostra inicial compreendia os 217 países listados no *World Bank* (2026b), tendo sido posteriormente revista, excluindo-se os 67 países que apresentavam séries incompletas ou ausência de dados para o período em análise.

O Iraque, apesar de apresentar três anos de dados em falta para a variável H (2000, 2001 e 2002), foi incluído na amostra devido ao seu impacto na poluição mundial, sendo o 26º maior emissor de CO_2, o 67º maior emissor de CO_2 *per capita* (Ritchie *et al.*, 2023b), e o 5º com maiores reservas de petróleo (Ritchie *et al.*, 2023a). Também o Afeganistão, apesar da ausência de dados para os anos de 2000 e 2001 na mesma variável, foi mantido. A Arábia Saudita, apesar de apresentar 13 anos de ausência de dados na variável S (2000 a 2012), foi preservada na amostra final, por ser o 8º maior emissor de CO_2, o 6º maior emissor de CO_2 *per capita* (Ritchie *et al.*, 2023b) e o 2º com maiores reservas de petróleo (Ritchie *et al.*, 2023a), e por a variável S ser uma variável estrutural de evolução lenta. Do mesmo modo, países com apenas um ano em falta na variável S foram considerados, como a Croácia, República do Congo, Roménia e Rússia.

Para os diferentes países com dados em falta foi efetuada extrapolação linear simples, à exceção do Iraque, uma vez que a aplicação desta metodologia resultaria em valores economicamente impossíveis (valores negativos). Neste país, optou-se por replicar o primeiro valor disponível da série (2003) para os anos 2000 e 2001.

Assim, a amostra final consolidou-se em 150 países (Tabela I.1) (Figura 3.15), assegurando-se um painel geograficamente abrangente e socioeconomicamente variado.



Fonte: Elaboração própria pelo *software* Flourish.

Figura 3.15 – Mapa-mundo com os países da amostra destacados a azul.

3.4. Análise Estatística Descritiva

Os dados foram inicialmente sujeitos a uma análise estatística descritiva, com avaliação das medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (desvio-padrão, amplitude e coeficiente de variação) (Tabela 3.2). Perante os valores elevados de amplitude das variáveis DALY (34 197,80) e GDPpc (14 4878,82), comparativamente às restantes variáveis, procedeu-se à sua transformação pelo logaritmo natural (Tabela 3.3).

Complementarmente, realizou-se uma análise do coeficiente de correlação entre as variáveis (Figura 3.16). Esta análise permitiu avaliar a intensidade e o sentido da relação existente entre as variáveis do modelo (Hair *et al.*, 2019), com valores observados a variar entre -0,89 e +0,83.

As variáveis WD, CD, EAP e T apresentam coeficientes de correlação reduzidos e, na sua maioria, situados no intervalo [-0,30; +0,34], o que indica uma relação fraca entre estes indicadores e os restantes em estudo.

No domínio das relações fortes, salientam-se as correlações negativas entre IAP e as variáveis S (-0,89), ln(GDPpc) (-0,87), K (-0,77) e U (-0,76). Estes valores indiciam que o progresso económico (ln(GDPpc)), estrutural (U e S) e social (K) é acompanhado por um decréscimo acentuado da poluição do ar habitacional (IAP).

Paralelamente, observam-se relações fortes, mas positivas, entre ln(GDPpc) e as variáveis S (+0,83), K (+0,79) e U (+0,78), e entre E e as variáveis A (+0,78), ln(DALY) (+0,74) e K (+0,72), indicando que o aumento de uma variável, como o PIB *per capita*, é concomitante

com a evolução, no mesmo sentido, de outras variáveis, como o desenvolvimento urbano (U), os serviços de saneamento (S) e a educação (K). Do mesmo modo, também a evolução do envelhecimento populacional (E) correlaciona-se positivamente com, por exemplo, o aumento das taxas de DALY por NCD (DALY).

Os resultados estatísticos e de correlação obtidos permitiram identificar a existência de interdependência entre as diferentes variáveis, bem como a presença de elevada heterogeneidade entre os países da amostra, evidenciando as suas diferenças económicas, sociais e ambientais. Como tal, a estimação das relações entre as variáveis independentes e os DALY por NCD foi estudada com recurso a metodologias econométricas.

Tabela 3.2 – Medidas de tendência central e de dispersão e número de observações das variáveis em estudo.

Variável	Média	Mediana	Amplitude	Desvio-padrão	Coeficiente de variação	Observações
DALY	21355,88	19811,50	34197,80	6163,27	0,29	3450
GDPpc	23351,79	13706,82	144878,82	24822,46	1,06	3450
H	6,19	5,75	22,99	2,80	0,45	3450
K	8,39	8,68	13,14	3,27	0,39	3450
E	8,20	5,62	28,54	5,94	0,72	3450
U	57,95	59,84	91,96	22,84	0,39	3450
T	24,38	23,99	64,70	11,22	0,46	3450
A	4,77	3,57	17,44	3,96	0,83	3450
O	18,32	17,68	71,34	11,86	0,65	3450
IAP	33,46	14,59	99,42	36,78	1,10	3450
EAP	13,89	12,29	73,93	9,85	0,71	3450
S	73,45	86,87	97,03	29,68	0,40	3450
WD	9,81	6,33	132,13	11,80	1,20	3450
CD	0,71	0,04	8,00	1,34	1,89	3450

GDPpc – PIB *per capita*; H – Despesa pública em saúde; K – Escolaridade; E – Envelhecimento populacional; U – Taxa de urbanização; T – Tabagismo; A – Consumo de álcool *per capita*; O – Obesidade; IAP – Uso de combustíveis sólidos poluentes; EAP – Concentração atmosférica de $PM_{2,5}$; S – Saneamento; WD – Ondas de calor; CD – Ondas de frio

Fonte: Elaboração própria no Excel com resultados do EViews 14.

Tabela 3.3 – Medidas de tendência central e de dispersão e número de observações das variáveis DALY e PIB *per capita* (GDPpc) após transformação logarítmica.

Variável	Média	Mediana	Amplitude	Desvio-padrão	Coeficiente de variação	Observações
ln(DALY)	9,93	9,89	1,47	0,27	0,03	3450
ln(GDPpc)	9,46	9,53	5,32	1,19	0,13	3450

Fonte: Elaboração própria no Excel com resultados do EViews 14.

	ln(DALY)	ln(GDPpc)	H	K	E	U	T	A	O	IAP	EAP	S	WD	CD
ln(DALY)	1,00	0,37	0,40	0,58	0,74	0,23	0,51	0,64	0,25	-0,44	-0,13	0,47	0,05	0,14
ln(GDPpc)	0,37	1,00	0,27	0,79	0,66	0,78	0,09	0,59	0,36	-0,87	-0,13	0,83	0,03	-0,01
H	0,40	0,27	1,00	0,40	0,52	0,31	0,20	0,40	0,32	-0,34	-0,27	0,33	0,09	-0,09
K	0,58	0,79	0,40	1,00	0,72	0,61	0,24	0,65	0,45	-0,77	-0,17	0,79	0,08	0,03
E	0,74	0,66	0,52	0,72	1,00	0,47	0,34	0,78	0,10	-0,58	-0,15	0,61	0,03	0,03
U	0,23	0,78	0,31	0,61	0,47	1,00	0,03	0,36	0,38	-0,76	-0,12	0,64	-0,02	-0,06
T	0,51	0,09	0,20	0,24	0,34	0,03	1,00	0,24	0,13	-0,13	0,12	0,21	-0,15	0,19
A	0,64	0,59	0,40	0,65	0,78	0,36	0,24	1,00	0,07	-0,49	-0,14	0,50	-0,06	-0,03
O	0,25	0,36	0,32	0,45	0,10	0,38	0,13	0,07	1,00	-0,53	-0,30	0,50	0,22	-0,10
IAP	-0,44	-0,87	-0,34	-0,77	-0,58	-0,76	-0,13	-0,49	-0,53	1,00	0,19	-0,89	-0,05	-0,01
EAP	-0,13	-0,13	-0,27	-0,17	-0,15	-0,12	0,12	-0,14	-0,30	0,19	1,00	-0,09	-0,05	0,34
S	0,47	0,83	0,33	0,79	0,61	0,64	0,21	0,50	0,50	-0,89	-0,09	1,00	0,10	0,05
WD	0,05	0,03	0,09	0,08	0,03	-0,02	-0,15	-0,06	0,22	-0,05	-0,05	0,10	1,00	-0,02
CD	0,14	-0,01	-0,09	0,03	0,03	-0,06	0,19	-0,03	-0,10	-0,01	0,34	0,05	-0,02	1,00

Relação positiva Relação negativa
A intensidade da cor é proporcional à força da relação entre variáveis.

Fonte: Elaboração própria no Excel com resultados do EViews 14.

Figura 3.16 – Mapa de calor de coeficientes de correlação entre as variáveis em estudo.

3.5. Modelo Econométrico

Optou-se por um modelo econométrico de dados em painel, relativo a 150 países (N=150) no período de 2000 a 2022 (T=23). O painel em estudo é considerado um painel equilibrado e fixo, ou "retangular", uma vez que não há variação da amostra ao longo do período analisado nem ausência de dados (Beck, 2005). Também se considera um painel curto, uma vez que a dimensão seccional (N) é relativamente grande comparativamente à dimensão temporal (T) (Wooldridge, 2002).

Iniciou-se a estimação com uma avaliação prévia do modelo mais adequado, partindo-se de três modelos iniciais: Modelo POLS (*Pooled Ordinary Least Square*); Modelo de Efeitos Fixos (*Fixed Effects*, FE); e Modelo de Efeitos Aleatórios (*Random Effects*, RE).

O Modelo POLS é o método de estimação onde todas as observações seccionais e temporais são agrupadas (*pooled*) e estimadas por Mínimos Quadrados Ordinários (*Ordinary Least Square*), supondo-se a existência de homogeneidade completa entre as unidades de observação. A sua utilização pressupõe exogeneidade, isto é, que não existe correlação entre as variáveis independentes e o termo de erro observado (Wooldridge, 2002). A Equação 3.1 representa a equação genérica do Modelo POLS.

$$Y_{it} = \alpha + \mathrm{X}_{it}\beta + u_{it} \qquad \text{(Equação 3.1)}$$

Em que:

- Y_{it} corresponde à variável dependente;
- X_{it} corresponde às diferentes variáveis independentes;

- α representa o termo constante;
- β corresponde ao vetor de coeficientes de regressão não observáveis e não aleatórios a estimar;
- u_{it} representa o termo de perturbação não observável e aleatório;
- i representa o número de ordem do país; e
- t representa o ano de observação.

Contrariamente, tanto o Modelo FE como o Modelo RE pressupõem a existência de heterogeneidade não observada, isto é, de diferenças entre as unidades de observação causadas por fatores que não são observados ou medidos nos dados. No entanto, enquanto o Modelo FE admite que essa heterogeneidade está correlacionada de forma arbitrária com as variáveis independentes observadas, o Modelo RE assume que a heterogeneidade é aleatória e não tem qualquer correlação com as variáveis independentes, sendo tratada como parte do termo de erro (Wooldridge, 2002).

À Equação 3.1 acrescentam-se os termos δ_i e γ_t, representando a presença de efeitos específicos seccionais e efeitos específicos temporais, respetivamente, obtendo-se a equação genérica dos Modelos EF e RE (Equação 3.2).

$$Y_{it} = \alpha + \mathrm{X}_{it}\beta + \delta_i + \gamma_t + u_{it} \qquad \text{(Equação 3.2)}$$

Os resultados dos testes de diagnóstico, pelos testes LM (*Lagrange Multiplier*) (Tabela II.1) e de Hausman (Tabela II.2), apoiam a exclusão dos Modelos POLS e RE, respetivamente, prosseguindo-se a estimação com a adoção do Modelo FE. A estimação pelo Modelo FE garante que se reconhece a heterogeneidade entre países e que se atenua o enviesamento de possíveis variáveis omitidas (Wooldridge, 2002). Substituindo a expressão genérica do Modelo FE (Equação 3.2) pelas variáveis do caso em estudo, obtém-se a Equação 3.3.

$$\ln(DALY)_{it} = \alpha + \beta_1 \ln(GDPpc)_{it} + \beta_2 \mathrm{H}_{it} + \beta_3 \mathrm{K}_{it} + \beta_4 \mathrm{E}_{it} + \beta_5 \mathrm{U}_{it} + \beta_6 \mathrm{T}_{it} + \beta_7 \mathrm{A}_{it}$$
$$+ \beta_8 \mathrm{O}_{it} + \beta_9 \mathrm{IAP}_{it} + \beta_{10} \mathrm{EAP}_{it} + \beta_{11} \mathrm{S}_{it} + \beta_{12} \mathrm{WD}_{it} + \beta_{13} \mathrm{CD}_{it} + \delta_i + \gamma_t + u_{it}$$

(Equação 3.3)

A estimação final do modelo compreendeu ainda a inclusão de um fator de tendência temporal (*trend*) que absorve os efeitos das variações que ocorrem de forma autónoma ao longo do tempo, substituindo os efeitos fixos temporais (γ_t) por uma tendência linear de progresso tecnológico e social (série "trend=year-1999"). Inseriram-se também variáveis binárias (*dummy*) regionais, usando o comando *@expand* do *software* EVIEWS 14, que

substitui os efeitos fixos seccionais (δ_i) através da variável *cluster*, permitindo que os efeitos sejam calculados ao nível das grandes regiões, adotando as regiões mais desenvolvidas da Europa e América do Norte (*cluster* ECANA) como referencial (*@expand(cluster, @drop(ECANA)*), resultando num Modelo de Efeitos Seccionais Agrupados (Equação 3.4).

$$\ln(DALY)_{it} = \alpha + \beta_1 \ln(GDPpc)_{it} + \beta_2 \mathrm{H}_{it} + \beta_3 \mathrm{K}_{it} + \beta_4 \mathrm{E}_{it} + \beta_5 \mathrm{U}_{it} + \beta_6 \mathrm{T}_{it} + \beta_7 \mathrm{A}_{it}$$
$$+ \beta_8 \mathrm{O}_{it} + \beta_9 \mathrm{IAP}_{it} + \beta_{10} \mathrm{EAP}_{it} + \beta_{11} \mathrm{S}_{it} + \beta_{12} \mathrm{WD}_{it} + \beta_{13} \mathrm{CD}_{it} + \delta_{cluster} + \theta trend_t + u_{it}$$

(Equação 3.4)

Em que:

- θ representa o coeficiente do fator de tendência temporal regional ($trend$);

O teste *Residual Cross-Section Dependence* do *software* EVIEWS 14 (Tabela II.3) permitiu detetar a presença de autocorrelação seccional (*p–value* 0,0000), isto é, os erros de uma determinada unidade estão correlacionados com os erros das outras unidades analisadas no mesmo período, devido à proximidade geográfica e interligações económicas (Wang & Xu, 2021; Beck, 2005). Também a presença de heteroscedasticidade seccional foi confirmada pelo teste *Heteroskedasticity likelihood ratio (LR)* do mesmo *software* (*p–value* 1,0000) (Tabela II.4), sugerindo que a variância varia entre unidades (países) mas mantém-se constante dentro de cada unidade, ao longo do tempo (Beck, 2005). Estes problemas são frequentes em dados em painel com elevada heterogeneidade, tendo sido corrigidos com os estimadores adequados: *White cross-section (period cluster)* e *Cross-section weights*.
Os resultados da regressão econométrica na amostra global e a sua interpretação são apresentados no capítulo subsequente.

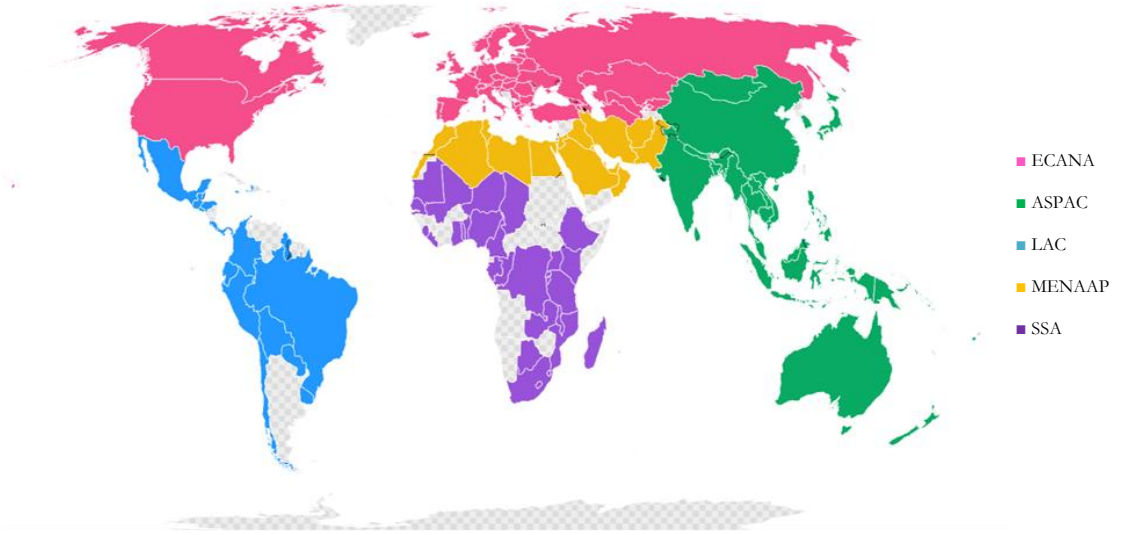
3.6. Análise por *Clusters* Regionais

Por fim, dividiu-se a amostra em cinco *clusters* regionais (Figura 3.17), baseados nas regiões geográficas do *World Bank Group* (World Bank, 2026b):

- ECANA – engloba os 49 países da Europa, Ásia Central e América do Norte presentes na amostra (Tabela I.2);
- ASPAC – engloba os 29 países da Ásia (à exceção da Ásia Central) e do Pacífico presentes na amostra (Tabela I.3);
- LAC – engloba os 19 países da América Latina e das Caraíbas presentes na amostra (Tabela I.4);

- MENAAP – engloba o Afeganistão, o Paquistão e os 13 países do Médio Oriente e Norte de África presentes na amostra (Tabela I.5);
- SSA – engloba os 36 países da África Subsariana presentes na amostra (Tabela I.6).

A definição de *clusters* permite agrupar na mesma amostra países que partilham características económicas, sociais e demográficas devido à sua proximidade geográfica, garantindo-se o máximo de homogeneidade dentro dos *clusters* e a máxima heterogeneidade entre os grupos (Hair *et al.*, 2019; Wang & Xu, 2021).



Fonte: Elaboração própria pelo *software* Flourish.

Figura 3.17 – Mapa-mundo com os cincos *clusters* regionais definidos no estudo.

Para cada *cluster* repetiu-se a análise estatística, com determinação das medidas de tendência central e de dispersão de cada variável explicativa, seguindo-se uma análise econométrica, através de modelos de regressão diferenciados por região. Dadas as particularidades geográficas de cada região, pela existência de efeitos seccionais específicos de cada país dentro do respetivo *cluster*, adotou-se um Modelo de Efeitos Fixos Nacionais com um fator de tendência temporal diferenciado para cada região (Equação 3.5[1]).

$$\ln(DALY)_{it} = \alpha + \beta_1 \ln(GDPpc)_{it} + \beta_2 \mathrm{H}_{it} + \beta_3 \mathrm{K}_{it} + \beta_4 \mathrm{E}_{it} + \beta_5 \mathrm{U}_{it} + \beta_6 \mathrm{T}_{it} + \beta_7 \mathrm{A}_{it}$$
$$+ \beta_8 \mathrm{O}_{it} + \beta_9 \mathrm{IAP}_{it} + \beta_{10} \mathrm{EAP}_{it} + \beta_{11} \mathrm{S}_{it} + \beta_{12} \mathrm{WD}_{it} + \beta_{13} \mathrm{CD}_{it} + \delta_i + \theta trend_t + u_{it}$$

(Equação 3.5)

[1] Destaca-se que, na equação 3.5, é mantida a mesma nomenclatura matemática ($\alpha, \beta_1 \ldots \beta_{13}, \theta, trend_t\ u_{it}$) utilizada na equação 3.4, porém os coeficientes estimados não apresentam o mesmo valor numérico. A equação 3.4 corresponde à estimação do modelo econométrico global (N=150), enquanto a equação 3.5 representa o modelo genérico aplicado independentemente em cada *cluster* regional.

Em que:

- α representa o termo constante regional;
- δ_i representa os efeitos específicos seccionais a nível nacional;
- $trend$ representa o fator de tendência temporal regional, com coeficiente θ;
- u_{it} representa o termo de perturbação não observável e aleatório;
- i representa o número de ordem do país; e
- t representa o ano de observação.

A realização desta análise por *clusters* permite identificar padrões de risco regionais específicos, explorar disparidades regionais e compreender como os diferentes determinantes influenciam os DALY por NCD em cada região, resultando em políticas mais direcionadas e adaptadas às realidades locais.

Os resultados das análises estatística e econométrica para os diferentes *clusters* encontram-se nas Tabelas III.1 e III.2, respetivamente. A interpretação é apresentada no capítulo subsequente.

4. Resultados e Discussão

Neste capítulo, apresentam-se os resultados da análise econométrica dos dados em painel, permitindo estimar a relação entre as variáveis socioeconómicas e ambientais e a carga global das NCD, nas últimas duas décadas, a nível global e regional. Para além da análise da amostra global, são também apresentados os resultados da análise econométrica dos diferentes *clusters* regionais. Os resultados obtidos foram ainda discutidos com base na bibliografia apresentada previamente.

4.1. Amostra Global – Modelo de Efeitos Seccionais Agrupados

Na Tabela 4.1, apresentam-se os coeficientes e os respetivos rácios *t* e $p-values$ da equação final estimada para a amostra global (N=150), pelo Modelo de Efeitos Seccionais Agrupados, com correção da dependência seccional e da heteroscedasticidade seccional, pelos estimadores de covariância *White Cross-Section* e Cross-*section Weights*, dando origem à Equação 4.1.

$$\ln(DALY)_{it} = 11{,}2405 - 0{,}1499\ln(GDPpc)_{it} - 0{,}0120\mathrm{H}_{it} - 0{,}0008\mathrm{K}_{it} + 0{,}0246\mathrm{E}_{it} - \\ - 0{,}0002\mathrm{U}_{it} + 0{,}0020\mathrm{T}_{it} + 0{,}0207\mathrm{A}_{it} + 0{,}0051\mathrm{O}_{it} - 0{,}0028\mathrm{IAP}_{it} + 0{,}0006\mathrm{EAP}_{it} - \\ - 0{,}0009\mathrm{S}_{it} + 0{,}0008\mathrm{WD}_{it} + 0{,}0059\mathrm{CD}_{it} + 0{,}0002trend_t + \delta_{cluster}$$

(Equação 4.1)

Os resultados obtidos revelam que o logaritmo natural da taxa de DALY por NCD (ln(DALY)) apresenta uma relação empírica inversa com as variáveis logaritmo do PIB *per capita* (ln(GDPpc)), Despesa pública em saúde (H), Escolaridade (K), Taxa de urbanização (U), Acesso a saneamento básico (S) e Utilização de combustíveis sólidos poluentes para cozinhar (IAP), mas uma relação direta com as variáveis Envelhecimento populacional (E), Tabagismo (T), Consumo de álcool *per capita* (A), Obesidade (O), Concentração atmosférica de $PM_{2,5}$ de origem antropogénica (EAP), Extremo térmico de calor (WD) e Extremo térmico de frio (CD). As relações observadas são, na sua maioria, estatisticamente significativas ao nível de significância de 1%. A variável U revela significância estatística ao nível de 5% ($p-value$=0,0325), enquanto a variável K não apresenta significância estatística para os níveis convencionais ($p-value$=0,1974).

Tabela 4.1 – Coeficientes, rácios *t* e *p–values* das variáveis independentes e medidas estatísticas da estimação pelo Modelo de Efeitos Seccionais Agrupados, após correção da dependência seccional e da heteroscedasticidade seccional.

Variável	**Coeficiente**		**Rácio *t***	***p–value***
C	α	11,24053	185,8391	0,0000
ln(GDPpc)	β_1	-0,149929	-27,44360	0,0000
H	β_2	-0,012012	-16,45566	0,0000
K	β_3	-0,000795	-1,329316	0,1974
E	β_4	0,024580	46,94278	0,0000
U	β_5	-0,000199	-2,281627	0,0325
T	β_6	0,002047	16,88382	0,0000
A	β_7	0,020736	79,14490	0,0000
O	β_8	0,005098	36,96441	0,0000
IAP	β_9	-0,002837	-17,00668	0,0000
EAP	β_{10}	0,000636	8,193752	0,0000
S	β_{11}	-0,000909	-9,547745	0,0000
WD	β_{12}	0,000836	5,468773	0,0000
CD	β_{13}	0,005891	6,415416	0,0000
trend		0,000183	0,430538	0,6710
***Cluster* "ASPAC"**		-0,093312	-30,31839	0,0000
***Cluster* "LAC"**		-0,164034	-36,18200	0,0000
***Cluster* "MENAAP"**		-0,142374	-20,70745	0,0000
***Cluster* "SSA"**		-0,218693	-31,72066	0,0000
R^2		0,926549		
R^2 ajustado		0,926164		
Erro Padrão da Regressão		0,126289		
Estatística-F		2404,471		
***p-value* (Estatística-F)**		0,000000		
Soma dos Quadrados dos Resíduos		54,72100		
Estatística Durbin-Watson		0,085211		

GDPpc – PIB *per capita*; H – Despesa pública em saúde; K – Escolaridade; E – Envelhecimento populacional; U – Taxa de urbanização; T – Tabagismo; A – Consumo de álcool *per capita*; O – Obesidade; IAP – Uso de combustíveis sólidos poluentes; EAP – Concentração atmosférica de $PM_{2,5}$; S – Saneamento; WD – Ondas de calor; CD – Ondas de frio

Fonte: Elaboração própria no Excel com resultados do EViews 14.

Assim, pelos resultados obtidos, estima-se que a taxa de DALY por NCD, mantendo-se os demais fatores constantes:

- diminui cerca de 0,15% quando o PIB *per capita* aumenta 1%;
- diminui cerca de 1,20% quando a proporção da despesa pública em saúde aumenta um ponto percentual;

- aumenta cerca de 2,46% quando a proporção de população com idade igual ou superior a 65 anos (envelhecimento populacional) aumenta um ponto percentual;
- diminui cerca de 0,02% quando a proporção de população que vive em áreas urbanas aumenta um ponto percentual;
- aumenta cerca de 0,20% quando a proporção de população fumadora com idade igual ou superior a 15 anos aumenta um ponto percentual ;
- aumenta cerca de 2,07% quando o consumo de álcool *per capita* aumenta um litro por habitante;
- aumenta cerca de 0,51% quando a proporção de população obesa aumenta um ponto percentual.
- diminui cerca de 0,28% quando a proporção de população que utiliza combustíveis sólidos poluentes para cozinhar aumenta um ponto percentual;
- aumenta cerca de 0,06% quando a concentração atmosférica de $PM_{2,5}$ de origem antropogénica aumenta uma micrograma por metro cúbico de ar ($\mu g/m^3$);
- diminui cerca de 0,09% quando a proporção de população com acesso a serviços básicos de saneamento aumenta um ponto percentual;
- aumenta cerca de 0,08% por cada dia adicional de extremo térmico de calor; e
- aumenta cerca de 0,59% por cada dia adicional de extremo térmico de frio.

A obtenção de um coeficiente significativo para o termo constante (variável C) revela que existem efeitos autónomos no ano zero (quando todas as variáveis explicativas são teoricamente iguais a zero) explicados pela existência de fatores estruturais intrínsecos, como características geográficas, genéticas e estruturais históricas, que influenciaram o ponto de partida da taxa de DALY por NCD.

Por sua vez, a inclusão da variável *trend*, um fator de tendência temporal, visa captar o impacto da evolução dos fatores autónomos, ao longo do período analisado (2000-2022), ou seja, de fatores que não são abrangidos pelas variáveis independentes analisadas, mas que conjuntamente afetam a taxa da DALY por NCD ao longo do tempo, como, por exemplo, a inovação médica e tecnológica, a transição epidemiológica, os conflitos geopolíticos, entre outros. No entanto, o coeficiente estimado da variável *trend* não apresentou significância estatística ($p-value$=0,6710), pelo que se descarta a hipótese de uma variação temporal da taxa de DALY por NCD autónoma e uniforme nos 150 países da amostra.

Estes resultados evidenciam que ainda que existam efeitos autónomos estruturais no ano zero, as variações da taxa de DALY por NCD observadas nas últimas duas décadas, a nível global, são, no essencial, influenciadas e explicadas pela variabilidade observada nas variáveis independentes em estudo.

Adicionalmente, os coeficientes negativos das variáveis binárias regionais demonstram que, mantendo-se todos os restantes fatores constantes, comparativamente ao *cluster* de referência (ECANA), as demais regiões apresentam taxas esperadas de DALY por NCD significativamente mais reduzidas. Constata-se ainda que são as regiões menos desenvolvidas (*clusters* SSA, LAC e MENAAP) a apresentarem estimativas dos respetivos coeficientes de impacto mais negativas. Estes resultados são congruentes com a bibliografia consultada que apontam para uma carga global de doença por NCD mais elevada em países com maior grau de desenvolvimento socioeconómico (Baker *et al.*, 2022; Roser *et al.*, 2024). Tal poderá corresponder a um efeito de amplificação associado à existência de uma população mais envelhecida no *cluster* ECANA (média da variável E no *cluster* ECANA: 14,79%, Tabela III.1) comparativamente às restantes regiões (média da variável E no *cluster* ASPAC: 5,29%; no *cluster* LAC: 6,51%; no *cluster* MENAAP: 3,93%; no *cluster* SSA: 3,40%, Tabela III.1), dado que o aumento da esperança média de vida aumenta também a prevalência de doenças crónicas (Kingston *et al.*, 2018; Rechel *et al.*, 2020; Hambleton *et al.*, 2023; Schumacher *et al.*, 2025).

4.1.1. Influência dos Determinantes Socioeconómicos nos DALY por NCD

Em consonância com Shu e Jin (2023), Irandoust *et al.* (2024), Li *et al.* (2025) e Naghavi *et al.* (2025), os resultados evidenciam que um maior rendimento *per capita* (ln(GDPpc)) e um maior investimento na saúde (H) resultam numa menor taxa de DALY por NCD, uma vez que países de maior rendimento tendem a alocar mais recursos aos serviços de saúde, traduzindo-se numa maior esperança de vida saudável (Stringhini & Bovet, 2017; Li *et al.*, 2023; WHO, 2025c). Também ao nível das infraestruturas, os resultados apontam para uma relação inversa entre S e ln(DALY), demonstrando que o acesso a serviços de saneamento adequados tem o potencial de contribuir para uma melhor saúde e qualidade de vida da população. Assim, os resultados confirmam as hipóteses H1, H2 e H11.

A nível demográfico, verifica-se um impacto positivo e direto do envelhecimento populacional na taxa DALY por NCD (H4), tal como observado por Karim *et al.* (2024), Hambleton *et al.* (2023), Shu e Jin (2023) e Li *et al.* (2025).

Relativamente à escolaridade, ainda que se tenha obtido um coeficiente negativo para K, tal como apontado por Kingston *et al.* (2018), Mwangi *et al.* (2020) e Irandoust *et al.* (2024), o resultado não apresenta significância estatística, pelo que não se pode extrair conclusões definitivas sobre o seu impacto negativo na carga global de doença, ou seja, os resultados são inconclusivos quanto a H3.

Relativamente à variável U, a obtenção de um coeficiente estimado negativo contraria os estudos de Mwangi *et al.* (2020) e Siiba *et al.* (2024) e conduz à rejeição da hipótese de investigação H5. No entanto, a obtenção de um coeficiente estimado negativo e estatisticamente significativo é congruente com os resultados de Irandoust *et al.* (2024). Sabe-se que países com maior taxa de urbanização tendem a ser socioeconomicamente mais desenvolvidos e com sistemas sociais e de saúde mais eficientes e de melhor acesso (Li *et al.*, 2023), sendo capazes de atenuar os efeitos adversos da poluição atmosférica ou dos estilos de vida urbanos na saúde da população. Assim, é possível que, neste estudo, U esteja a operar como *proxy* do acesso aos sistemas de saúde.

No domínio comportamental, a hipótese de investigação H6 é confirmada, em coerência com as conclusões da WHO que identifica o tabagismo como um dos principais fatores de risco (WHO, 2023b, 2025c), apesar de, no conjunto das três variáveis comportamentais, ser a única que apresentou um comportamento decrescente, entre 2000 e 2022 (Figura 3.7). Este facto poderá ser explicado pela implementação de políticas públicas e de campanhas de sensibilização de combate ao tabagismo, como a Convenção-Quadro para o Controlo do Tabaco (*WHO Framework Convention on Tobacco Control*) (WHO, 2023b).

Também a estimativa obtida para o consumo de álcool *per capita* permitiu confirmar a hipótese H7, apesar do decrescimento observado desde 2007 (Figura 3.8). O seu elevado impacto nas taxas de DALY por NCD, a nível global, pode ser justificado pela condição lenta e progressiva das doenças crónicas. NCD como cirrose hepática, doenças cardiovasculares e cancros do sistema digestivo são desencadeadas por um consumo elevado, recorrente e prolongado de álcool (WHO EMRO, 2026), pelo que, mesmo que o consumo cesse ou diminua, os efeitos no organismo ainda poderão surgir anos depois.

Os resultados corroboram ainda a hipótese H8. A obesidade aumentou cerca de 10 pontos percentuais nas últimas duas décadas (Figura 3.9), provavelmente influenciada por fatores como a urbanização e o aquecimento global (Li *et al.*, 2023; García-Witulski *et al.*, 2026). Com o crescimento deste fator de risco, será de esperar que, em resultado do efeito lento e

progressivo das NCD, a relação de impacto assumida em H8 tenda a ampliar-se, uma vez que não foi atingido o pico dos impactos clínicos da obesidade na carga global de doença. Esta conclusão aponta para que, apesar de os comportamentos de risco apresentarem um impacto direto na carga global de doença por NCD, este impacto é de carácter cumulativo, pelo que os seus efeitos no organismo e, consequentemente, nas taxas de DALY por NCD não são imediatos.

4.1.2. Influência dos Determinantes Ambientais nos DALY por NCD

No que respeita à dimensão ambiental, os resultados suportam a existência de uma relação positiva e significativa, entre a exposição aos extremos térmicos e as NCD, levando à aceitação de H12 e H13. Estes resultados são concordantes com a literatura consultada que aponta para um aumento da prevalência, mortalidade e DALY por NCD associado à exposição a temperaturas extremamente altas ou extremamente baixas (Zhao *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2024).

No entanto, verifica-se ainda que, apesar de o número de dias de extremo térmico de frio terem sido inferiores ao número de dias de extremo térmico de calor nas últimas duas décadas (Figuras 3.14 e 3.13, respetivamente), o frio exerce um impacto maior na saúde e qualidade de vida da população. Tal pode ser justificado pelo facto de o frio desencadear um stresse fisiológico mais prolongado na saúde, com efeitos cardíacos, respiratórios ou na pele (queimaduras pelo frio) duradouros, enquanto o calor tende a apresentar efeitos agudos imediatos, como desidratação, cãibras, síncope ou golpe de calor (Barbosa & Cardoso, 2023). Adicionalmente, sabe-se que a exposição a baixas temperaturas resulta em mais mortes do que as ondas de calor (Zhao *et al.*, 2021; Romanello *et al.*, 2025).

Relativamente à exposição a poluição atmosférica, e em coerência com o documentado por Anyanwu *et al.* (2024), Behera *et al.* (2024) e Irandoust *et al.* (2024), que posicionam a poluição do ar como um dos principais fatores de risco nas mortes e DALY globais, também neste estudo a concentração atmosférica de $PM_{2,5}$ evidencia uma estimativa de impacto direto na variação dos DALY por NCD positiva e significativa, com consequente confirmação de H10.

No que diz respeito à poluição habitacional, e contrariamente ao abordado na literatura (Lima *et al.*, 2020; Breitner-Busc *et al.*, 2023; Bennitt *et al.,* 2025), os resultados evidenciam a existência de uma relação significativa ($p-value$=0,0000) mas negativa entre IAP e ln(DALY), sugerindo que o uso de combustíveis poluentes para cozinhar diminui a taxa de

DALY por NCD. Contudo, sabe-se que a exposição a ar habitacional poluído contribui para o desenvolvimento e agravamento de NCD, como doenças respiratórias, cardiovasculares e mentais (Mendes *et al.*, 2013; Lima *et al.*, 2020; Breitner-Busc *et al.*, 2023), pelo que a presença de um coeficiente estimado negativo é contraintuitiva, não sustentando a hipótese H9.

Nos países menos desenvolvidos, nomeadamente da África Subsariana, observa-se a maior proporção de população que utiliza combustíveis sólidos (média da variável IAP no *cluster* SSA: 75,40%, Tabela III.1). Adicionalmente, são países que ainda não completaram a transição epidemiológica, tendo elevadas taxas de doenças transmissíveis e de morte prematura (Baker *et al.*, 2022; Roser *et al.*, 2024) e uma população maioritariamente jovem (média da variável E no *cluster* SSA: 3,40%, Tabela III.1). Como tal, apresentam menor prevalência de doenças crónicas não transmissíveis (média da variável DALY no *cluster* SSA: 16 644,62, Tabela III.1). Paralelamente, nas regiões mais desenvolvidas, como na Europa e América do Norte, observa-se a menor proporção de população que utiliza combustíveis sólidos (média da variável IAP no *cluster* ECANA: 7,79%, Tabela III.1), mas a maior taxa de DALY por NCD (média da variável DALY no *cluster* ECANA: 27 478,56, Tabela III.1).

Deste modo, a variável IAP poderá estar a operar como *proxy* de pobreza extrema, uma vez que países extremamente pobres apresentam uma carga global de doença dominada pelas doenças transmissíveis, com taxas reduzidas de DALY por NCD, culminando, assim, num coeficiente estimado negativo.

4.2. *Clusters* Regionais – Modelo de Efeitos Fixos Nacionais

Contrariamente à análise econométrica global, que assentava num Modelo de Efeitos Seccionais Agrupados, a análise econométrica por *clusters* assentou em Modelos de Efeitos Fixos Nacionais para cada grupo, mantendo-se as variáveis explicativas como fatores de controlo (Tabela III.2).

Como tal, a análise regional apresentada (Tabela 4.2) incide apenas nos termos autónomos estimados (termos constantes, C, e fatores de tendência temporal, *trend*), permitindo a comparabilidade entre as estimações globais e as estimações regionais.

Pela análise da Tabela 4.2, verifica-se que, à semelhança do modelo global, também nos modelos regionais os termos constantes (C) apresentam estimativas com significância estatística a 1%, apontando para a existência de efeitos específicos regionais, como, por exemplo, fatores genéticos, culturais ou geográficos, que se traduzem em efeitos

autónomos no ano zero. O *cluster* ECANA apresenta a constante autónoma mais baixa (8,873), seguida do SSA (9,669) e do LAC (10,05), e com as regiões ASPAC (10,241) e MENAAP (10,325) a revelarem as estimativas mais elevadas. Os termos constantes regionais estimados são inferiores à constante C global (11,241), uma vez que os modelos de regressão regionais captam a variabilidade parcial observada para o conjunto de países de cada região, através dos efeitos fixos nacionais, ao contrário do modelo de regressão global que capta a variabilidade na totalidade dos 150 países analisados.

No que diz respeito à tendência de evolução temporal autónoma (*trend*), contrariamente à estimativa global, as estimativas regionais de *trend* apresentam significância estatística (Tabela 4.2). Na maioria das regiões, verifica-se uma tendência de decrescimento autónomo da taxa de DALY por NCD inferior a 1% por ano, estatisticamente significativa a 1% nas regiões ECANA e SSA e significativa a 10% nas regiões LAC e MENAAP. No entanto, no ASPAC, verifica-se o oposto, com uma tendência de crescimento autónomo estatisticamente significativa a 1% na ordem dos 1,01% por ano. Estes resultados sugerem que, enquanto a nível global as variações da taxa de DALY por NCD eram explicadas pelas variáveis independentes em estudo, a nível regional existem variáveis omitidas que atuam ao longo do tempo e influenciam o comportamento regional.

Tabela 4.2 – Comparação entre os termos constantes (C) e os fatores de tendência temporal (*trend*) estimados para a amostra global e para os diferentes *clusters*, com indicação do número de países de cada amostra (N).

Variável	Global	ECANA	ASPAC	LAC	MENAAP	SSA
C	11,24053	8,872545	10,24082	10,05044	10,32525	9,669335
p−value	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
trend	0,000183	-0,00728	0,01011	-0,00325	-0,00271	-0,00205
p−value	0,6710	0,0000	0,0000	0,0512	0,0561	0,0037
N	150	49	29	19	13	36

Fonte: Elaboração própria no Excel com resultados do EViews 14.

Nos países desenvolvidos, como a região ECANA, o aparecimento de doenças crónicas é altamente afetado pelo envelhecimento populacional (Kingston *et al.*, 2018; Rechel *et al.*, 2020; Schumacher *et al.*, 2025), sendo que há também um maior investimento em saúde, o que melhora o acesso e a qualidade dos cuidados de saúde e permite que a população viva com doença mais tempo (Stringhini & Bovet, 2017; Mwangi *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2023), resultando numa carga global de doença mais elevada. Paralelamente, cidades e centros urbanos, como os europeus e da América do Norte, também contribuem para a promoção da inatividade física e o consumo de dietas pouco saudáveis (Moore *et al.*, 2003; Mwangi *et*

al., 2020; Li *et al.*, 2023), aumentando as taxas de DALY por NCD. Estes fatores de risco estruturais já se encontram abrangidos pelas variáveis explicativas do modelo, diminuindo os efeitos autónomos no ano zero, resultando numa estimativa de C reduzida.

Relativamente à evolução temporal autónoma da taxa de DALY por NCD, o *trend* de ECANA (-0,0073) é o mais elevado em valor negativo, apontando para a existência de fatores autónomos que promovem o decrescimento autónomo da variável dependente ao longo do tempo, como, por exemplo, a implementação atempada de políticas de saúde pública e o investimento em inovação e novas tecnologias médicas e farmacêuticas. Adicionalmente, também o investimento em urbanização verde e o isolamento eficiente nas infraestruturas garantem um maior conforto térmico, reduzindo os impactos das ondas de calor na saúde da população, apesar da sua tendência crescente.

Contrariamente à região ECANA, o *cluster* ASPAC apresenta um dos termos constantes (C) mais elevados e um fator de tendência temporal positivo, com o *trend* regional estimado mais elevado, em valor absoluto. Estas estimativas revelam a existência de efeitos específicos regionais no ano zero e de fatores autónomos temporais que promovem o crescimento das taxas de DALY por NCD ao longo do tempo, como, por exemplo, a crescente industrialização asiática e a degradação de ecossistemas naturais locais secundária às alterações climáticas.

Também os *clusters* LAC e MENAAP apresentam termos constantes (C) elevados, que revelam a existência de efeitos autónomos no ano zero, como os períodos de instabilidade política, conflitos ou crises económicas que pautam a história destes países, para além de existir uma elevada heterogeneidade entre os países de cada grupo. Os países MENAAP são ainda historicamente marcados por climas áridos, com infraestruturas e habitações climaticamente adaptadas, como resultado do uso de materiais locais e de planeamentos espaciais tradicionais (Manshour & Lehmann, 2026), revelando a existência de efeitos estruturais específicos que contribuem para uma estimativa C elevada nesta região.

Nestas regiões, verifica-se ainda um decrescimento autónomo da variável dependente na ordem dos 0,32% por ano no LAC e na ordem dos 0,27% no MENAAP, apontando para a existência de fatores autónomos que promovem a saúde da população, como, por exemplo, o investimento privado e/ou externo em infraestruturas sociais e de saúde, que melhoram o acesso a serviços e a cuidados de saúde atempados.

Por fim, o *cluster* SSA apresenta uma das estimativas C mais baixas, facto que pode ser explicado pela elevada prevalência de doenças transmissíveis, maternas, neonatais e

nutricionais na região. Na maioria dos países da África Subsariana, o início da transição epidemiológica ocorreu apenas na segunda década do século XXI, com o combate de doenças infeciosas, como a malária e VIH/SIDA, pelo que os efeitos específicos regionais desta região são historicamente pautados por doenças transmissíveis.

No que diz respeito à evolução temporal das taxas de DALY por NCD, esta região apresenta uma tendência de decrescimento autónomo na ordem dos 0,21% por ano, possivelmente associada a fatores como o crescente investimento em cuidados de saúde primários, a formação de profissionais de saúde mais qualificados e a promoção de iniciativas de literacia em saúde.

Assim, a análise geral por *clusters* demonstra que a evolução da carga global por NCD apresenta especificidades regionais, reforçando a necessidade de adequação das políticas e intervenções de saúde às realidades locais observadas.

5. Conclusão

O carácter progressivo, crónico e duradouro das NCD torna-as um dos principais desafios do século XXI. Se no último século as doenças infeciosas dominavam a área da saúde pública, atualmente, e a par da transição epidemiológica e do crescente envelhecimento populacional, os sistemas de saúde globais têm sido confrontados com um aumento da incidência e prevalência de NCD. Complementarmente, o atual panorama ambiental, marcado pela poluição atmosférica e por eventos climáticos extremos cada vez mais frequentes, não só degrada os ecossistemas, como compromete a saúde e qualidade de vida das populações e sobrecarrega os sistemas de saúde.

Neste sentido, a presente dissertação propôs-se a estimar o impacto de um conjunto integrado de determinantes socioeconómicos e ambientais na carga global das NCD, expressa através da taxa de DALY por NCD, ao longo das últimas duas décadas (2000–2022). A utilização de uma abordagem quantitativa, assente num modelo econométrico de dados em painel para 150 países, permitiu identificar as principais tendências globais e salientar a elevada heterogeneidade regional.

Os resultados obtidos revelam que, enquanto a nível global a evolução da taxa de DALY por NCD é explicada pelas variáveis independentes em estudo, a nível regional podem existir variáveis omitidas (transição epidemiológica, a existência de conflitos geopolíticos ou de crises económicas, a evolução médica e a implementação de políticas públicas) que promovem o crescimento da taxa de DALY por NCD na região da Ásia e Pacífico e o decrescimento nas restantes regiões.

A nível global, a maioria das hipóteses de investigação foram validadas, à exceção das hipóteses formuladas para taxa de urbanização e para o uso de combustíveis sólidos poluentes para cozinhar, apontando para que estas variáveis estejam a operar como *proxies* do acesso aos sistemas de saúde e de pobreza extrema, respetivamente.

No domínio comportamental, o impacto estimado das variáveis comportamentais aponta para um carácter cumulativo dos comportamentos de risco e um desfasamento temporal entre a adoção do comportamento e as suas manifestações fisiológicas e na carga global de doença. Adicionalmente, a evolução temporal destas variáveis aponta para a necessidade de mudança de foco das políticas e intervenções de saúde, transitando-se do tabagismo para o consumo de álcool e as tendências crescentes de obesidade.

No domínio ambiental, especificamente nas variáveis de extremos térmicos, as ondas de frio apresentaram uma estimativa significativamente superior à das ondas de calor (+0,59%

e +0,08%, respetivamente), congruente com o facto de que o frio provoca mais mortes e morbilidades mais duradouras do que o calor. No entanto, observou-se um crescimento acentuado no número de dias de extremo térmico por calor nas últimas duas décadas, passando de 1,9 dias em 2000 para 29,5 dias em 2022. Esta tendência crescente, associada ao período de latência das doenças crónicas, reforça a pertinência e urgência em considerar as ondas de calor nas discussões globais de saúde pública.

A nível regional, a análise por *clusters* permitiu identificar especificidades locais, orientando para áreas de saúde pública prioritárias, por região.

Na região da Ásia e Pacífico (ASPAC), o aumento da taxa de DALY por NCD, associado à crescente urbanização e envelhecimento populacional, direciona os focos de atenção estratégica para a degradação ambiental e os comportamentos de risco associados à crescente urbanização. Também a Europa, América do Norte e Ásia Central (ECANA) debatem-se com a cronicidade inerente ao envelhecimento populacional e o sedentarismo associado à crescente urbanização e ondas de calor, pelo que a educação da população, a promoção do envelhecimento ativo e saudável e o investimento em infraestruturas urbanas e de saúde climaticamente adaptadas são fundamentais.

Tanto na Améria Latina e nas Caraíbas (LAC) como no Médio Oriente, Norte de África e Afeganistão e Paquistão (MENAAP), a saúde populacional depende da estabilização do contexto económico e político e da manutenção de infraestruturas sociais e de saúde resilientes, pelo que estes governos devem focar-se na equidade de acesso aos sistemas sociais e na promoção de programas de prevenção e diagnóstico precoce.

Por fim, a região da África Subsariana (SSA) encontra-se no limiar crítico da transição epidemiológica, pelo que o investimento na erradicação de doenças infeciosas deverá ser acompanhado de programas de educação em saúde e de prevenção de fatores de risco, bem como pelo investimento em infraestruturas de diagnóstico precoce e tratamento de NCD.

Em suma, a gestão da saúde pública, ainda que seja um desafio universal, não deve depender de diretrizes globais genéricas, mas de políticas nacionais e programas de saúde e de clima adaptados às vulnerabilidades específicas de cada população. O investimento em saúde e o desenvolvimento de investigação orientada para as problemáticas ambientais e epidemiológicas atuais são imprescindíveis para o bem-estar social e o desenvolvimento de sistemas sustentáveis e resilientes.

5.1. Limitações da Investigação

Apesar de este estudo fornecer contributos práticos e teóricos para áreas da saúde pública, existem limitações intrínsecas que devem ser consideradas na interpretação dos resultados obtidos. A primeira limitação prende-se com a colheita dos dados à escala global, marcada pela ausência de registos em alguns países para determinadas variáveis. Esta ausência de dados resultou na exclusão de potenciais determinantes e países, reduzindo as variáveis em estudo e a amostra inicial, bem como na necessidade de utilizar técnicas de imputação e extrapolação linear que, embora estatisticamente válidas, resultam em dados aproximados e não reais. Também a necessidade de recorrer a diferentes bases de dados poderá ter afetado a densidade e robustez do painel.

Uma segunda limitação reside na construção e dimensão dos *clusters* regionais. Para além do número de países que integra cada grupo ser desproporcional, variando entre 49 na região ECANA e apenas 15 no MENAAP, também a existência de heterogeneidades intra-*cluster*, a nível socioeconómico e político, poderá ter afetado ou enviesado as estimações obtidas. Adicionalmente, a utilização de modelos de regressão regionais (Modelo de Efeitos Fixos Nacionais) diferentes do modelo de regressão global (Modelo de Efeitos Seccionais Agrupados) limita a comparação entre as estimativas obtidas.

Por fim, a não inclusão de variáveis que afetam a resiliência dos sistemas de saúde, como indicadores de instabilidade política, conflitos armados, crises económicas ou pobreza extrema, omite dinâmicas locais específicas e limita a interpretação dos resultados do modelo econométrico.

5.2. Sugestões para Trabalhos Futuros

A identificação de limitações permite apresentar propostas para estudos futuros que complementem os contributos desta investigação.

Em primeiro lugar, sugere-se o alargamento da amostra e do espaço temporal, de modo a capturar de forma mais precisa o carácter cumulativo dos fatores de risco comportamentais, mas também as consequências fisiológicas a longo prazo associadas ao aumento na frequência de ondas de calor.

Adicionalmente, salienta-se a necessidade de inclusão de novas variáveis socioeconómicas e ambientais. No primeiro grupo, recomenda-se a incorporação de variáveis ligadas à governação, como o Índice de Perceção de Corrupção (*Corruption Perceptions Index*, CPI), e à

resiliência a crises económicas, como o Índice de Declínio Económico (*Economic Decline Index*), bem como a inclusão de indicadores sociais e estruturais, como o Índice de Pobreza Multidimensional (*Multidimensional Poverty Index*, MPI) e o índice de Cobertura Universal de Saúde (*Universal Health Coverage*, UHC). A nível ambiental, propõe-se a inclusão de outros poluentes atmosféricos e ambientais, como ozono e metais pesados, e de indicadores de monitorização dos planos nacionais de adaptação e mitigação climática, para os quais, à data da realização deste trabalho, ainda não existia informação pública disponível, a nível global.

Por último e como alternativa ao que foi desenvolvido neste estudo, propõe-se que a matriz das variáveis independentes em estudo seja adequada às especificidades estruturais, sociais e climáticas históricas de cada *cluster*, em vez de se replicar a mesma matriz usada a nível global, permitindo assim construir painéis regionais alinhados com as realidades locais e obter resultados direcionados.

Referências Bibliográficas

Abreu, M. (2023). *Determinantes sociais de saúde*. Saúde das Populações para um Futuro Sustentável, Escola Superior de Enfermagem do Porto. https://doi.org/10.48684/3JMB-B556

Alwazzan, A. (2022). Non-Communicable Diseases. *Pakistan Biomedical Journal*, 5 (4). https://doi.org/10.54393/pbmj.v5i4.413

Andrade, C.A.S., Mahrouseh, N., Gabrani, J., Charalampous, P., Cuschieri, S., Grad, D.A., Unim, B., Mechili, E., Chen-Xu, J., Devleesschauwer, B., Isola, G., von der Lippe, E., Baravelli, C.M., Fischer, F., Weye, N., Balaj, M., Haneef, R., Economou, M., Haagsma, J. A., ... Varga, O. (2023). Inequalities in the burden of non-communicable diseases across European countries: a systematic analysis of the Global Burden of Disease 2019 study. *International Journal for Equity in Health*, 22 (140). https://doi.org/10.1186/s12939-023-01958-8

Angelsen, A. & Dokken, T. (2018). Climate exposure, vulnerability and environmental reliance: a cross-section analysis of structural and stochastic poverty. *Environment and Development Economics*, 23, 257–278. https://doi.org/10.1017/S1355770X18000013

Anyanwu C., Bikomeye J. & Beyer K. (2024). The impact of environmental conditions on non-communicable diseases in sub-Saharan Africa: A scoping review of epidemiologic evidence. *Journal of Global Health*, 14, 04003. https://doi.org/10.7189/jogh.14.04003

Baker, R. E., Mahmud, A. S., Miller, I. F., Rajeev, M., Rasambainarivo, F., Rice, B. L., Takahashi, S., Tatem, A. J., Wagner, C. E., Wang, L.-F., Wesolowski, A. & Metcalf, C. J. E. (2022). Infectious disease in an era of global change. *Nature Reviews Microbiology*, 20, 193–205. https://doi.org/10.1038/s41579-021-00639-z

Barbosa, J. & Cardoso, C. (2023*). Riscos climáticos e a saúde dos portugueses: Futuro(s) por imaginar e construir*. Saúdes. Lisboa: Medis - Companhia Portuguesa de Seguros de Saúde, SA.

Beck, N. (2005). Time-Series–Cross-Section Data. *Encyclopedia of Social Measurement*, 3, 839–850. https://doi.org/10.1016/B0-12-369398-5/00320-0

Behera, D., Viswanathan, P. K. & Mishra, S. (2024). Effects of air pollution on global health: evidence from the global burden of disease study in the BRICS countries. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 97, 813–832. https://doi.org/10.1007/s00420-024-02087-7

Bennitt, F. B., Wozniak, S., Causey, K., Spearman, S., Okereke, C., Garcia, V., Hashmeh, N., Ashbaugh, C., Abdelkader, A., Abdoun, M., Abdurebi, M. J., Abedi, A., Abeldaño Zuñiga, R. A., Aboagye, R. G., Abubakar, B., Abu-Zaid, A., Adane, M., Adegboye, O. A., Adekanmbi, V., ... Burkart, K. (2025). Global, regional, and national burden of household air pollution, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet*, 405, 1167-1181. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)02840-X

BCSD Portugal. (2022). *Objetivo 3 – Garantir o acesso à saúde de qualidade e promover o bem-estar para todos, em todas as idades*. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. https://ods.pt/objectivos/3-vida-saudavel/ (Acedido a 12 de janeiro de 2026)

Berkley, S., Bobadilla, J.L., Hecht, R.M.,; Hill, K., Jamison, D.T., Murray, C.J.L., Musgrove, P.A., Saxenian, H., & Tan, J.P. (1993). *World development report 1993: investing in health*. World Development Indicators. World development report Washington, DC: World Bank Group. http://documents.worldbank.org/curated/en/468831468340807129

Boutayeb, A. (2006). The double burden of communicable and non-communicable diseases in developing countries. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 100 (3), 191-199. https://doi.org/10.1016/j.trstmh.2005.07.021

Breitner-Busch, S., Mücke, H.G., Schneider, A. & Hertig, E. (2023). Impact of climate change on non-communicable diseases due to increased ambient air pollution. *Journal of Health Monitoring*, 8(Suppl 4), 103-121. https://doi.org/10.25646/11655

C3S. (2025). *Copernicus: 2024 is the first year to exceed 1.5°C above pre-industrial level.* Copernicus Climate Change Service, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). https://climate.copernicus.eu/copernicus-2024-first-year-exceed-15degc-above-pre-industrial-level (Acedido a 9 de fevereiro de 2026).

C3S. (2026). *Global Climate Highlights 2025*. Copernicus Climate Change Service, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). https://climate.copernicus.eu/sites/default/files/custom-uploads/GCH-2025/GCH2025-full-report.pdf (Acedido a 2 de abril de 2026).

Capela, D. & Biscaia, R. (2023). Análise de determinantes sociais da saúde na utilização de consultas nos cuidados de saúde primários. *Revista Portuguesa de Medicina Geral e Familiar*, 39(4). https://doi.org/10.32385/rpmgf.v39i4.13651

Chen, A., Jacobsen, K.H., Deshmukh, A.A. & Cantor, S.B. (2015). The evolution of the disability-adjusted life year (DALY). *Socio-Economic Planning Sciences*, 49, 10-15. https://doi.org/10.1016/j.seps.2014.12.002

Clark, S.N., Anenberg, S.C. & Brauer, M. (2025). Global Burden of Disease from Environmental Factors. *Annual Review Public Health*, 46, 233-251. https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-071823-105338

Conway, M. & Yorgancioglu, D. (2025). *Aging developing nations and the care gap for noncommunicable diseases*. McKinsey & Company. https://www.mckinsey.com/industries/social-sector/our-insights/aging-developing-nations-and-the-care-gap-for-noncommunicable-diseases (Acedido a 23 de abril de 2026).

Corvetto, J.F., Simion, R., Boutros, P., Kassem, N., Belesova, K., Bärnighausen, T., Sauerborn, R. & Barteit, S. (2026). Mapping the global health burden of climatesensitive exposures: a systematic scoping review. *Environmental Health*, 25, 31. https://doi.org/10.1186/s12940-026-01294-8

Crespi, A., Terzi, S., Cocuccioni, S., Zebisch, M., Berckmans, J. & Füssel, H.M. (2020). *Climate-related hazard indices for Europe*. European Topic Centre on Climate Change impacts, Technical Paper 2020/1. https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-cca/products/etc-cca-reports/climate-related-hazard-indices-for-europe (Acedido a 3 de fevereiro de 2026).

Dahlgren, G. & Whitehead, M. (2021). The Dahlgren-Whitehead model of health determinants: 30 years on and still chasing rainbows. *Public Health*, 199, 20-24. https://doi.org/10.1016/j.puhe.2021.08.009

Daroudi, R., Sari, A.A., Nahvijou, A. & Faramarzi, A. (2021). Cost per DALY averted in low, middleand high-income countries: evidence from the global burden of disease study to estimate the cost-effectiveness thresholds. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 19 (7). https://doi.org/10.1186/s12962-021-00260-0

Deguen, S., Amuzu, M., Simoncic, V. & Kihal-Talantikite, W. (2022). Exposome and Social Vulnerability: An Overview of the Literature Review. *International Journal Environmental Research and Public Health*, 19 (3534). https://doi.org/10.3390/ijerph19063534

Dilaver, I., Karakullukcu, S., Gurcan, F., Topbas, M., Ursavas, O. F., & Beyhun, N. E. (2025). Climate Change and Non-Communicable Diseases: A Bibliometric, Content, and Topic Modeling Analysis. *Sustainability*, 17(6), 2394. https://doi.org/10.3390/su17062394

EEA. (2026). *Pollution and mental health: current scientific evidence*. EEA Briefing 02/2026, European Environmental Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/pollution-and-mental-health-current-scientific-evidence?activeTab=def89e87-9459-4a15-a9e0-dc6030d0c497 (Acedido a 2 de abril de 2026).

Fuller, R., Rahonaa, E., Fishera, S., Caravanosa, J., Webbb, D., Kassc, D., Mattec, T. & Landrigand, P. J. (2018). Pollution and non-communicable disease: time to end the neglect. *The Lancet Planetary Health*, 2 (3), 96-98. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30020-2

Fuller, R., Landrigan, P. J., Balakrishnan, K., Bathan, G., Bose-O'Reilly, S., Brauer, M., Cara-vanos, J., Chiles, T., Cohen, A., Corra, L., Cropper, M., Ferraro, G., Hanna, J., Hanrahan, D., Hu, H., Hunter, D., Janata, G., Kupka, R., Lanphear, B., ... Yan, C. (2022). Pollution and health: a progress update. The *Lancet Planetary Health*, 6, 535–547. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00090-0

Fussel, H.-M. & Klein, R.J. T. (2006). Climate Change Vulnerability Assessments: an Evolution of Conceptual Thinking. *Climatic Change*, 75, 301–329. https://doi.org/10.1007/s10584-006-0329-3

García-Witulski, C., Rabassa, M., Melo, O. & Sarmiento, J.H.. (2026). Effects of climate change on physical inactivity: a panel data study across 156 countries from 2000 to 2022. *The Lancet Global Health*, 14, e500-e511. https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S2214-109X%2825%2900472-3

Glouberman, S. & Millar, J. (2003). Evolution of the Determinants of Health, Health Policy, and Health Information Systems in Canada. *American Journal of Public Health*, 93(3), 388-392. https://doi.org/10.2105/ajph.93.3.388

Goel, S., Verma, M., Mohapatra, A. & Popovic, S. (2025). Editorial: Raising awareness around trends in noncommunicable diseases and their risk factors to promote global prevention and control. *Frontiers in Public Health*, 13, 1553630. https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1553630

Gold, M.R., Stevenson, D. & Fryback, D.G. (2002). HALYs and QALYs and DALYs, Oh my: Similarities and Differences in Summary Measures of Population Health. *Annual Reviews of Public Health*, 23, 115–134. https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.23.100901.140513

Goswami, N. (2024). A Dual Burden Dilemma: Navigating the Global Impact of Communicable and Non-Communicable Diseases and the Way Forward. *International Journal of Medical Research*, 12(3), 65-77. https://doi.org/10.55489/ijmr.11202412

Hackett, R., Allen, J. E., Sanya, S., Tobin, D. M. & Vance, R. (2025). Infectious Disease: Evolution, Mechanism and Global Health. *Disease Models & Mechanisms*, 18, dmm052701. https://doi.org//10.1242/dmm.052701

Hair, J. F., Jr., Black, W. C., Babin, B. J. & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8.ª ed.). Cengage Learning.

Hambleton, I.R., Caixeta, R., Jeyaseelan, S. M., Luciani, S. & Hennis, A.J.M. (2023). The rising burden of non-communicable diseases in the Americas and the impact of population aging: a secondary analysis of available data. *The Lancet Regional Heatlh*, Americas, 21, 100483. https://doi.org/10.1016/j.lana.2023.100483

Hausfather, Z. & Peters, G.P. (2020). Emissions – the 'business as usual' story is misleading. *Springer Nature Limited*, 577, 618-620. https://doi.org/10.1038/d41586-020-00177-3

Howse, E., Crane, M., Hanigan, I., Gunn, L., Crosland, P., Ding, D., Hensher, M. & Rychet-nik, L. (2021). Air pollution and the noncommunicable disease prevention agenda: opportunities for public health and environmental science. *Environmental Research Letters*, 16 (6). https://doi.org/10.1088/1748-9326/abfba0

Huang, L., Wu, J. & Yan, L. (2015). Defining and measuring urban sustainability: a review of indicators. *Landscape Ecology*, 30, 1175-1193. https://doi.org/10.1007/s10980-015-0208-2

IHME. (2025a). *Financing Global Health 2025: Cuts in Aid and Future Outlook*. Institute for Health Metrics and Evaluation, Seattle.

IHME. (2025b). *Global Burden of Disease 2023 Findings from the GBD 2023 Study*. Institute for Health Metrics and Evaluation, University of Washington.

IHME. (2026a). *GBD History*. Institute for Health Metrics and Evaluation University of Washington. https://www.healthdata.org/research-analysis/about-gbd/history (Acedido a 4 de fevereiro de 2026)

IHME. (2026b). GBD Results. Institute for Health Metrics and Evaluation University of Washington. https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/ (Acedido a 2 de março de 2026)

IPCC. (2023). Sections. In Lee, H. & Romero, J. (eds.) (2023): *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, 35-115, https://doi.org//10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

Irandoust, K., Daroudi, R., Tajvar, M., Yaseri, M. (2024). Assessing health determinants worldwide: Econometric analysis of the Global Burden of Diseases Study 2000-18 -

Highlighting impactful factors on DALY, YLL, and YLD indicators. *Journal of Global Health, 15, 04051*. https://doi.org/10.7189/jogh.14.04051

Karim N., Hod R., Wahab M. I. A. &. (2024). Projecting non-communicable diseases attributable to air pollution in the climate change era: a systematic review. *BMJ Open*, 14, 079826. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-079826

Khanzada, A., Mousa, A., Thompson, R., Rawaf, D., Ikpeme, M., Watt, H. & Mechili, E.A. (2021). The Association between GDP and non-communicable disease mortality in the WHO European Region. *European Journal of Public Health*, 31 (3), 164-264. https://doi.org/10.1093/eurpub/ckab164.264

Kingston, A., Robinson, L., Booth, H., Knapp, M., & Jagger, C. (2018). Projections of multi-morbidity in the older population in England to 2035: estimates from the Population Ageing and Care Simulation (PACSim) model. *Age and Ageing*, 47 (3), 374–380. https://doi.org/10.1093/ageing/afx201

Li, X., Wei, N., Song, J., Liu, J., Yuan, J., Song, R., Liu, L., Mei, L., Yan, S., Wu, Y., Pan, R., Yi, W., Jin, X., Li, Y., Liang, Y., Sun, X., Cheng, J., & Su, H. (2023). The global burden of schizophrenia and the impact of urbanization during 1990–2019: An analysis of the global burden of disease study 2019. *Environmental Research*, 232, 116305. https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116305

Li, J., Pandian, V., Davidson, P. M., Song, Y., Chen, N. & Fong, D. Y. T. (2025). Burden and attributable risk factors of non-communicable diseases and subtypes in 204 countries and 10 territories, 1990–2021: a systematic analysis for the global burden of disease study 2021. *International Journal of Surgery*, 111(3), 2385-2397. http://dx.doi.org/10.1097/JS9.0000000000002260

Lima, F., Ferreira, P., & Leal, V. (2020). A Review of the Relation between Household Indoor Temperature and Health Outcomes. *Energies*, 13(11), 2881. https://doi.org/10.3390/en13112881

Mackenbach, J. P. (2022). Omran's 'Epidemiologic Transition' 50 years on. *International Journal of Epidemiology*, 51 (4), 1054–1057. https://doi.org/10.1093/ije/dyac020

MacKillop, E. & Sheard, S. (2018). Quantifying life: Understanding the history of Quality-Adjusted Life-Years (QALYs). *Social Science & Medicine*, 211, 359–366. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2018.07.004

Manshour, S. & Lehmann, S. (2026). A systematic review of passive cooling strategies integrating traditional wisdom and modern innovations for sustainable development in

arid urban environments. *Discover Cities*, 3, 42. https://doi.org/10.1007/s44327-026-00204-4

Mendes, A., Pereira, C., Mendes, D., Aguiar, L., Neves, P., Silva, S., Batterman, S. & Teixeira, J.P. (2013). Indoor air quality and thermal comfort-results of a pilot study in elderly care centers in Portugal. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 76 (4-5), 333-44. https://doi.org/10.1080/15287394.2013.757213

Modi, A., Panchani, R., Modi, B. & Asthana, A. (2024). The phenomenon of epidemiological transition in health and the necessity to update. *NMO Journal*, 17 (2), 85-89. https://doi.org//10.4103/JNMO.JNMO_13_23

Moore, M., Gould, P & Keary, B. S. (2003). Global urbanization and impact on health. *Inter-national Journal of Hygiene and Environmental Health*, 206 (4–5), 269-278. https://doi.org/10.1078/1438-4639-00223

Moreno-Ternero, J.D., Platz, T.T. & Østerdal, L.P. (2023). QALYs, DALYs, and HALYs: A unifying framework for the evaluation of population health. *Journal of Health Economics*, 87 102714. https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2022.102714

MPhil, A.G.A. & Elliott, S. J. (2016). The Global Epidemiologic Transition: Noncommunicable Diseases and Emerging Health Risk of Allergic Disease in Sub-Saharan Africa. *Health Education & Behavior*, 43(1S), 37S–55S, https://doi.org//10.1177/1090198115606918

Murray, C.J.L., Salomon, J.A., Mathers, C.D. & Lopez, A.D. (2002). *Summary measures of population health: concepts, ethics, measurement and applications*. World Health Organization, Geneva. https://iris.who.int/handle/10665/42439 (Acedido a 30 de julho de 2026)

Murray, C.J.L. (2022). The Global Burden of Disease Study at 30 years. *Nature Medicine*, 28, 2019–2026. https://doi.org/10.1038/s41591-022-01990-1

Mwangi, K. J., Mwenda, V., Gathecha, G., Beran, D., Guessous, I., Ombiro, O., Ndegwa, Z. & Masibo, P. (2020). Socio-economic and demographic determinants of non-communicable diseases in Kenya: a secondary analysis of the Kenya stepwise survey. *Pan-African Medical Journal*, 37(351). https://doi.org/10.11604/pamj.2020.37.351.21167

Naghavi, M., Kyu, H. H., Bhoomadevi, A., Aalipour, M. A., Aalruz, H., Ababneh, H. S., Abafita, B. J., Abaraogu, U. O., Abbafati, C., Abbasi, M., Abbaspour, F., Abbastabar, H., Abd Al Magied, A. H. A., Abd ElHafeez, S., Abdalla, A. N., Abdalla, M. A., Abdallah, E. M., Abdeeq, B. A., Abdel Razeq, N. M. I., … Murray, C.J.L. (2025). Global burden of 292 causes of death in 204 countries and territories and 660 subnational locations, 1990–2023:

a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2023. *The Lancet*, 406(10513), 1811-1872. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(25)01917-8

NCCID. (2015). Understanding Summary Measures Used to Estimate the Burden of Disease - All about HALYs, DALYs and QALYs (Project No: 211). National Collaborating Centre for Infectious Diseases. https://nccid.ca/wp-content/uploads/sites/2/2015/03/GBD_Factsheet_FINAL_E.pdf (Acedido a 10 de dezembro de 2025)

Nnebue, C. C. (2010). The Epidemiological Transition: Policy and Planning Implications for Developing Countries. *Nigerian Journal of Medicine*, 19(3), 250-256. https://doi.org//10.4314/njm.v19i3.60173

Omran, A. R. (1971). The epidemiologic transition: A theory of the epidemiology of population change. The *Milbank Memorial Fund Quarterly*, 49(4,), 509–538. https://doi.org/10.2307/3349375

Omran, A. R. (1998). The epidemiologic transition theory revisited thirty years later. *World Health Statistics Quarterly*, 51, 99-191. COI:20.500.12592/vx2d94

Omran, A. R. (2005). The Epidemiologic Transition: A Theory of the Epidemiology of Population Change. *The Milbank Quarterly*, 83 (4), 731–57. https://doi.org//10.1111/j.1468-0009.2005.00398.x

Oppong, J. R. (2020). Globalization of Communicable Diseases. *International Encyclopedia of Human Geography*, 6, 223-228. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102295-5.10438-X.

Paavola, J. (2017). Health impacts of climate change and health and social inequalities in the UK. *Environmental Health*, 16(1), 113. https://doi.org//10.1186/s12940-017-0328-z

Qiao, J., Lin, X., Wu, Y., Huang, X., Pan, X., Xu, J., Wu, JY., Ren, Y., & Shan, P-F. (2021). Global burden of non-communicable diseases attributable to dietary risks in 1990–2019. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 35, 202-213. https://doi.org/10.1111/jhn.12904

Rechel, B., Jagger, C. & McKee, M. (2020). *The Economics of Healthy and Active Ageing - Living longer, but in better or worse health?*. Policy brief. European Observatory on Health Systems and Policies. ISSN 1997-8073

Riahi, K., van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., Bauer, N., Calvin, K., Dellink, R., Fricko, O., Lutz, W., Popp, A., Crespo Cuaresma, J., KC, S., Leimbach, M., Jiang, L., Kram, T., Rao, S., Emmerling, J., ... Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas

emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, 42, 153–168. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009

Ritchie, H., Rosado, P. & Roser, M. (2023a). *Oil proved reserves*. Data adapted from Energy Institute. Our World in Data. https://ourworldindata.org/grapher/oil-proved-reserves (Acedido a 10 de dezembro de 2025)

Ritchie, H., Rosado, P. & Roser, M. (2023b). *Per capita, national, historical: how do countries compare on CO_2 metrics?*. Our World in Data. https://ourworldindata.org/co2-emissions-metrics (Acedido a 10 de dezembro de 2025)

Ritchie, H., Samborska, V. & Roser, M. (2025). *Urbanization*. Our World in Data. https://ourworldindata.org/urbanization (Acedido a 11 de fevereiro de 2026)

Romanello, M., Walawender, M., Hsu, S., Moskeland, A., Palmeiro-Silva, Y., Scamman, D., Smallcombe, J. W., Abdullah, S., Ades, M., Al-Maruf, A., Ameli, N., Angelova, D., Ayeb-Karlsson, S., Ballester, J., Basagaña, X., Bechara, H., Beggs, P. J., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., ..., & Costello, A. (2025). The 2025 report of the Lancet Countdown on health and climate change. *The Lancet*, 406, 1625–1700. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(25)01919-1

Roser, M., Ritchie, H. & Spooner, F. (2024). *Burden of Disease*. Our World in Data. https://ourworldindata.org/burden-of-disease (Acedido a 6 de outubro de 2025).

Ruthsatz, M. & Candeias, V. (2020). Non-communicable disease prevention, nutrition and aging. *Acta Biomedica*, 91 (2), 379-388. https://doi.org//10.23750/abm.v91i2.9721

Sakschewski, B., Caesar, L., Andersen, L., Bechthold, M., Bergfeld, L., Beusen, A., Billing, M., Bodirsky, B. L., Botsyun, S., Dennis, D., Donges, J. F., Dou, X., Eriksson, A., Fetzer, I., Gerten, D., Häyhä, T., Hebden, S., Heckmann, T., Heilemann, A., … & Rockström, J. (2025). *Planetary Health Check 2025: A Scientific Assessment of the State of the Plan-et*. Potsdam: Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK). https://doi.org/10.48485/pik.2025.017

Scafetta, N. (2024). Impacts and risks of "realistic" global warming projections for the 21st century. *Geoscience Frontiers*, 15 (2), 101774. https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101774

Schumacher, A., Zheng, P., Barber, R., Bhoomadevi, A., Aalipour, M., Aalruz, H., Ababneh, H., Abaraogu, U., Abbafati, C., Abbas, N., Abbasifard, M., Abbaspour, F., Abd Al Magied, A., Abd ElHafeez, S.,Abdalla, M., Abdallah, E., Abdel, N., Abdel-Hameed, R., Abdel-Rahman, W.,… Murray, C. (2025). Global age-sex-specific all-cause mortality and life expectancy estimates for 204 countries and territories and 660 subnational locations,

1950–2023: a demographic analysis for the Global Burden of Disease Study 2023. *The Lancet*, 406(10513), 1731-1810. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(25)01330-3

Shu, J. & Jin, W. (2023). Prioritizing non-communicable diseases in the post-pandemic era based on a comprehensive analysis of the GBD 2019 from 1990 to 2019. Scientific Reports, 13 (13325). https://doi.org/10.1038/s41598-023-40595-7

Siiba, A., Kangmennaang, J., Baatiema, L. & Luginaah, I. (2024). The relationship between climate change, globalization and non-communicable diseases in Africa: A systematic review. *PLoS ONE*, 19(2), e0297393. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0297393

Smith, L., Shin ,J.I., Hwang, S.Y., Tizaoui, K., Dragioti, E., Jacob, L., Kostev, K., Lee, S.W. & Koyanagi, A. (2022). Global Burden of Disease study at the World Health Organization: research methods for the most comprehensive global study of disease and underlying health policies. *Life Cycle*, 2 (8). https://doi.org/10.54724/lc.2022.e8

Smith, G.S., Anjum, E., Francis, C., Deanes, L. & Acey, C. (2022). Climate Change, Environ-mental Disasters, and Health Inequities: The Underlying Role of Structural Inequalities. *Current Environmental Health Reports*, 9, 80-89. https://doi.org/10.1007/s40572-022-00336-w

Soodejani M.T. (2024). Non-communicable diseases in the world over the past century: a secondary data analysis. *Frontiers in Public Health*, 12, 1436236. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1436236

Stringhini, S. & Bovet, P. (2017). Socioeconomic status and risk factors for non-communicable diseases in low-income and lower-middle-income countries. *The Lancet Global Health*, 5(3), 230-231. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(17)30054-2

Tavares, A. (2018). The Impact of Climate Change on Health. *Acta Médica Portuguesa*, 31(5), 241–242. https://www.actamedicaportuguesa.com/revista/index.php/amp/article/view/10473

Torres, M., Nunes, A., Martins, J.P., Ferreira, P.L. & Pimenta, R. (2024). Health care expenses impact on the disability-adjusted life years in non-communicable diseases in the European Union. *Frontiers in Public Health*, 12, 1384122. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1384122

UN. (2017). *Progress on the prevention and control of non-communicable diseases - Report of the Secretary-General.* (Agenda item 117). United Nations General Assembly. https://digitallibrary.un.org/record/1474584?v=pdf (Acedido a 10 de dezembro de 2025)

UN. (2025a). *68% of the world population projected to live in urban areas by 2050*. United Nations, Department of Economic and Social Affairs. https://www.un.org/uk/desa/68-world-population-projected-live-urban-areas-2050-says-un (Acedido a 11 de fevereiro de 2026)

UN. (2025b). *The Sustainable Development Goals Report 2025*. Department of Economic and Social Affairs, United Nations. ISBN: 978-92-1-107159-7

UNDP. (2026). *Documentation and downloads*. Human Development Reports, United Nations Development Programme. https://hdr.undp.org/data-center/documentation-and-downloads (Acedido a 2 de março de 2026)

Vishnevsky, A. (2020). The Epidemiological Transition and Its Interpretations. *Demographic Review*, 7(3), 6-50. https://doi.org//10.17323/demreview.v7i3.11635

Walker, R. J., Kingpriest, P. T., Gong, J., Naisanga, M., Ashraf, M. N., Roberti, J. & Lang, T. (2025). Global perspectives on infectious diseases at risk of escalation and their drivers. *Scientific Reports*, 15, 38630. https://doi.org/10.1038/s41598-025-22573-3

Wang, J. & Xu, T. (2021). Environmental impact of Information Communication Technology: A review of econometric assessment methods, influential mechanism, and influential direction. *Environmental Impact Assessment Review*, 89, 106590. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106590

WHO. (2010). *A Conceptual Framework for Action on the Social Determinants of Health*. Discussion Paper Series on Social Determinants of Health, 2. World Health Organization. ISBN: 9789241500852

WHO. (2013). *Global Action Plan for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases 2013-2020*. World Health Organization. Noncommunicable Diseases, Rehabilitation and Disability (NCD). ISBN: 978-92-4-150623-6.

WHO. (2021). *Climate change and health vulnerability and adaptation assessment*. World Health Organization. ISBN 978-92-4-003638-3.

WHO. (2023a). *Climate Change*. World Health Organization. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health (Acedido a 13 de janeiro de 2026)

WHO. (2023b). *Tobacco and noncommunicable diseases*. Technical document, World Health Organization. https://www.who.int/europe/publications/m/item/tobacco-and-noncommunicable-diseases (Acedido a 6 de abril de 2026)

WHO. (2024a). *Determinants of health*. World Health Organization. https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/determinants-of-health (Acedido a 5 de fevereiro 2026)

WHO. (2024b). Sanitation. World Health Organization. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sanitation. (Acedido a 5 de fevereiro 2026)

WHO. (2025a). *Air pollution: tackling a critical driver of the global NCD crisis*. World Health Organization. https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/air-pollution--tackling-a-critical-driver-of-the-global-ncd-crisis (Acedido a 9 de janeiro de 2026)

WHO. (2025b). *Cardiovascular diseases (CVDs)*. World Health Organization. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds) (Acedido a 4 de fevereiro de 2026)

WHO. (2025c). *Noncommunicable diseases*. World Health Organization. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases (Acedido a 10 de dezembro de 2025)

WHO. (2025d). *Noncommunicable diseases progress monitor 2025*. World Health Organization. ISBN 978-92-4-010577-5

WHO. (2025e). *World health statistics 2025: monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals*. World Health Organization, ISBN 978-92-4-011049-6

WHO. (2026). *The Global Health Observatory – Explore a world of health data*. World Health Organization. https://www.who.int/data/gho/data/indicators (Acedido a 2 de março de 2026)

WHO EMRO. (2026). *NCD risk factors*. World Health Organization, Eastern Mediterranean Region. https://www.emro.who.int/noncommunicable-diseases/causes/risk-factors.html (Acedido a 10 de dezembro de 2025)

Wooldridge, J.N. (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. MIT Press.

World Bank. (2026a). *Climate Change Knowledge Portal – For Development Practitioners and Policy Makers*. World Bank Group. https://climateknowledgeportal.worldbank.org/download-data (Acedido a 20 de fevereiro de 2026)

World Bank. (2026b). *The World by Income and Region*. World Bank Group. https://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/the-world-by-income-and-region.html (Acedido a 6 de abril de 2026)

World Bank. (2026c). *World Bank Open Data – Free and open access to global development data*. World Bank Group. https://data.worldbank.org/ (Acedido a 2 de março de 2026)

YCELP. (2026). *Environmental Performance Index – EPI Downloads*. Yale Center for Environmental Law & Policy. https://epi.yale.edu/downloads (Acedido a 2 de março de 2026)

Zhao, Q., Guo, Y., Ye, T., Gasparrini, A., Tong, S., Overcenco, A., Urban, A., Schneider, A., Entezari, A., Vicedo-Cabrera, A. M., Zanobetti, A., Analitis, A., Zeka, A., Tobias, A., Nunes, B., Alahmad, B., Armstrong, B., Forsberg, B., Pan, S.-C., ... Li, S. (2021) Global, regional, and national burden of mortality associated with non-optimal ambient temperatures from 2000 to 2019: a three-stage modelling study. *The Lancet Planetary Health*, 5, e415-e425. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00081-4

Zhang, J.D., Cheng, X.F., Min, S.H. Guo, R.Q., Wang, R.N., He, Y.T., Zhang, Y.L. & Li, B. (2024). Burden of non-communicable diseases attributable to high temperature in a changing climate from 1990 to 2019: a global analysis. *BMC Public Health*, 24, 2475. https://doi.org/10.1186/s12889-024-19947-z

Anexos

Anexo I – Lista de Países das Amostras Global e por *Cluster*

Na Tabela I.1, encontram-se listados os 150 países que constituem a amostra global (N=150) da presente investigação, com a respetiva identificação ISO – 3 letras.

Tabela I.1 – Países da amostra e respetivos códigos ISO (3 letras).

País	ISO	País	ISO
Afeganistão	AFG	Costa do Marfim	CIV
África do Sul	ZAF	Costa Rica	CRI
Albânia	ALB	Croácia	HRV
Alemanha	DEU	Dinamarca	DNK
Andorra	AND	Egito	EGY
Arábia Saudita	SAU	Emirados Árabes Unidos	ARE
Argélia	DZA	Equador	ECU
Arménia	ARM	Eslováquia	SVK
Austrália	AUS	Eslovénia	SVN
Áustria	AUT	Espanha	ESP
Azerbaijão	AZE	Essuatíni	SWZ
Bangladeche	BGD	Estados Unidos da América	USA
Barém	BHR	Estónia	EST
Bélgica	BEL	Etiópia	ETH
Belize	BLZ	Federação Russa	RUS
Benim	BEN	Fiji	FJI
Bielorrússia	BLR	Filipinas	PHL
Bolívia	BOL	Finlândia	FIN
Botsuana	BWA	França	FRA
Brasil	BRA	Gabão	GAB
Brunei	BRN	Gâmbia	GMB
Bulgária	BGR	Gana	GHA
Burundi	BDI	Geórgia	GEO
Cabo Verde	CPV	Grécia	GRC
Camarões	CMR	Guatemala	GTM
Camboja	KHM	Guiana	GUY
Canadá	CAN	Haiti	HTI
Catar	QAT	Honduras	HND
Cazaquistão	KAZ	Hungria	HUN
Chade	TCD	Ilhas Salomão	SLB
Chéquia	CZE	Índia	IND
Chile	CHL	Indonésia	IDN
China	CHN	Irão	IRN
Chipre	CYP	Iraque	IRQ
Colômbia	COL	Irlanda	IRL
Comores	COM	Islândia	ISL
Coreia do Sul	KOR	Israel	ISR

Tabela I.1 Países da amostra e respetivo código ISO (3 letras) (continuação).

País	ISO	País	ISO
Itália	ITA	Paraguai	PRY
Jamaica	JAM	Peru	PER
Japão	JPN	Polónia	POL
Jordânia	JOR	Portugal	PRT
Kuwait	KWT	Quénia	KEN
Laos	LAO	Quirguistão	KGZ
Lesoto	LSO	Quiribati	KIR
Letónia	LVA	Reino Unido	GBR
Libéria	LBR	República Democrática do Congo	COD
Líbia	LBY	República do Congo	COG
Lituânia	LTU	Roménia	ROU
Luxemburgo	LUX	Ruanda	RWA
Macedónia do Norte	MKD	Salvador	SLV
Madagáscar	MDG	Samoa	WSM
Malásia	MYS	Santa Lúcia	LCA
Maláui	MWI	São Tomé e Príncipe	STP
Maldivas	MDV	Seicheles	SYC
Mali	MLI	Senegal	SEN
Malta	MLT	Serra Leoa	SLE
Marrocos	MAR	Sérvia	SRB
Maurícia	MUS	Singapura	SGP
Mauritânia	MRT	Sri Lanka	LKA
México	MEX	Suécia	SWE
Mianmar	MMR	Suíça	CHE
Moçambique	MOZ	Tailândia	THA
Moldávia	MDA	Tanzânia	TZA
Mongólia	MNG	Togo	TGO
Nauru	NRU	Tonga	TON
Nepal	NPL	Tunísia	TUN
Níger	NER	Turquemenistão	TKM
Nigéria	NGA	Turquia	TUR
Noruega	NOR	Tuvalu	TUV
Nova Zelândia	NZL	Ucrânia	UKR
Omã	OMN	Uganda	UGA
Países Baixos	NLD	Uruguai	URY
Panamá	PAN	Usbequistão	UZB
Papua-Nova Guiné	PNG	Vietname	VNM
Paquistão	PAK	Zâmbia	ZMB

Fonte: Elaboração própria no Excel com dados do *World Bank* (2026b).

Nas Tabelas I.2, I.3, I.4, I.5 e I.6, encontram-se listados os países e respetivos códigos ISO – 3 letras das amostras dos *clusters* ECANA, ASPAC, LAC, MENAAP e SSA, respetivamente.

Tabela I.2 – Países do *cluster* ECANA e respetivos códigos ISO (3 letras).

País	ISO	País	ISO
Albânia	ALB	Finlândia	FIN
Alemanha	DEU	França	FRA
Andorra	AND	Geórgia	GEO
Arménia	ARM	Grécia	GRC
Áustria	AUT	Hungria	HUN
Azerbaijão	AZE	Irlanda	IRL
Bélgica	BEL	Islândia	ISL
Bielorrússia	BLR	Itália	ITA
Bulgária	BGR	Letónia	LVA
Canadá	CAN	Lituânia	LTU
Cazaquistão	KAZ	Luxemburgo	LUX
Chipre	CYP	Macedónia do Norte	MKD
Croácia	HRV	Malta	MLT
Dinamarca	DNK	Moldávia	MDA
Eslováquia	SVK	Noruega	NOR
Eslovénia	SVN	Países Baixos	NLD
Espanha	ESP	Polónia	POL
Estados Unidos da América	USA	Portugal	PRT
Estónia	EST	Quirguistão	KGZ
Federação Russa	RUS	Reino Unido	GBR
República Checa	CZE	Turquemenistão	TKM
Roménia	ROU	Turquia	TUR
Sérvia	SRB	Ucrânia	UKR
Suécia	SWE	Usbequistão	UZB
Suíça	CHE		

Fonte: Elaboração própria no Excel com dados do *World Bank* (2026b).

Tabela I.3 – Países do *cluster* ASPAC e respetivos códigos ISO (3 letras).

País	ISO	País	ISO
Austrália	AUS	Mianmar	MMR
Bangladeche	BGD	Mongólia	MNG
Brunei	BRN	Nauru	NRU
Camboja	KHM	Nepal	NPL
China	CHN	Nova Zelândia	NZL
Coreia do Sul	KOR	Papua Nova Guiné	PNG
Fiji	FJI	Quiribati	KIR
Filipinas	PHL	Samoa	WSM
Ilhas Salomão	SLB	Singapura	SGP

Tabela I.3 – Países do *cluster* ASPAC e respetivos códigos ISO (3 letras) (continuação).

País	ISO	País	ISO
Índia	IND	Sri Lanka	LKA
Indonésia	IDN	Tailândia	THA
Japão	JPN	Tonga	TON
Laos	LAO	Tuvalu	TUV
Malásia	MYS	Vietname	VNM
Maldivas	MDV		

Fonte: Elaboração própria no Excel com dados do *World Bank* (2026b).

Tabela I.4 – Países do *cluster* LAC e respetivos códigos ISO (3 letras).

País	ISO	País	ISO
Belize	BLZ	Honduras	HND
Bolívia	BOL	Jamaica	JAM
Brasil	BRA	México	MEX
Chile	CHL	Panamá	PAN
Colômbia	COL	Paraguai	PRY
Costa Rica	CRI	Peru	PER
Equador	ECU	Salvador	SLV
Guatemala	GTM	Santa Lúcia	LCA
Guiana	GUY	Uruguai	URY
Haiti	HTI		

Fonte: Elaboração própria no Excel com dados do *World Bank* (2026b).

Tabela I.5 – Países do *cluster* MENAAP e respetivos códigos ISO (3 letras).

País	ISO	País	ISO
Afeganistão	AFG	Israel	ISR
Arábia Saudita	SAU	Jordânia	JOR
Argélia	DZA	Kuwait	KWT
Barém	BHR	Líbia	LBY
Catar	QAT	Marrocos	MAR
Egito	EGY	Omã	OMN
Emirados Árabes Unidos	ARE	Paquistão	PAK
Irão	IRN	Tunísia	TUN
Iraque	IRQ		

Fonte: Elaboração própria no Excel com dados do *World Bank* (2026b).

Tabela I.6 – Países do *cluster* SSA e respetivos códigos ISO (3 letras).

País	ISO	País	ISO
África do Sul	ZAF	Comores	COM
Benim	BEN	Costa do Marfim	CIV
Botsuana	BWA	Essuatíni	SWZ
Burundi	BDI	Etiópia	ETH
Cabo Verde	CPV	Gabão	GAB
Camarões	CMR	Gâmbia	GMB

Tabela I.6 – Países do *cluster* SSA e respetivos códigos ISO (3 letras) (continuação).

País	ISO	País	ISO
Chade	TCD	Gana	GHA
Lesoto	LSO	República Democrática do Congo	COD
Libéria	LBR	República do Congo	COG
Madagáscar	MDG	Ruanda	RWA
Maláui	MWI	São Tomé Príncipe	STP
Mali	MLI	Seicheles	SYC
Maurícia	MUS	Senegal	SEN
Mauritânia	MRT	Serra Leoa	SLE
Moçambique	MOZ	Tanzânia	TZA
Níger	NER	Togo	TGO
Nigéria	NGA	Uganda	UGA
Quénia	KEN	Zâmbia	ZMB

Fonte: Elaboração própria no Excel com dados do *World Bank* (2026b).

Anexo II – Testes de Diagnóstico do Modelo Econométrico Global

Na Tabela II.1, apresentam-se os valores obtidos nos testes LM *(Lagrange Multiplier*).

Tabela II.1 – Resultados dos testes LM (*Lagrange Multiplier*) nas dimensões seccional, temporal e ambas.

	Dimensão Seccional	Dimensão Temporal	Ambas
Breusch-Pagan	27123,06	6,249492	27129,31
p−value	(0,0000)	(0,0124)	(0,0000)
Honda	164,6908	-2,499898	114,6863
p−value	(0,0000)	(0,9938)	(0,0000)
King-Wu	164,6908	-2,499898	56,73858
p−value	(0,0000)	(0,9938)	(0,0000)
Standardized Honda	174,3671	-2,297779	113,3513
p−value	(0,0000)	(0,9892)	(0,0000)
Standardized King-Wu	174,3671	-2,297779	53,95732
p−value	(0,0000)	(0,9892)	(0,0000)
Gourieroux, et al.	--	--	27123,06
p−value			(0,0000)

Fonte: Elaboração própria no Excel com resultados do EViews 14.

Os *p−values* da dimensão seccional são inferiores aos níveis de significância crítica convencionais (p<0,05), rejeitando a hipótese nula de ausência de efeitos aleatórios seccionais e indicando a inadequação do Modelo POLS tradicional.

Na Tabela II.2, apresentam-se os resultados do teste de Hausman na dimensão seccional.

Tabela II.2 – Resultados do teste Hausman na dimensão seccional.

	Estatística χ^2	Graus de Liberdade	*p−value*
Dimensão seccional	104,828125	14	0,0000

Fonte: Elaboração própria no Excel com resultados do EViews 14.

Os *p−values* obtidos são inferiores aos níveis de significância crítica convencionais (p<0,05), rejeitando-se a hipótese nula de ausência de correlação com as variáveis independentes, suportando a inadequação do Modelo de Efeitos Aleatórios (RE).

Nas Tabelas II.3 e II.4, encontram-se os resultados da avaliação de autocorrelação seccional, pelo teste *Residual Cross-Section Dependence*, e da avaliação de heteroscedasticidade (seccional e temporal), pelo teste *Heteroskedasticity likelihood ratio* (*LR*), respetivamente.

Tabela II.3 – Resultados da avaliação de autocorrelação seccional.

	Estatística	Graus de Liberdade	*p–value*
Breusch-Pagan LM	86734,35	11175	0,0000
Pesaran scaled LM	505,4165		0,0000
Pesaran CD	7,998865		0,0000

Fonte: Elaboração própria no Excel com resultados do EViews 14.

Tabela II.4 – Resultados da avaliação de heteroscedasticidade (seccional e temporal).

	Valor	Graus de Liberdade	*p–value*
Dimensão seccional	3114,117	150	0,0000
Dimensão temporal	3,43332404	150	1,0000

Fonte: Elaboração própria no Excel com resultados do EViews 14.

Anexo III – Análises Estatística e Econométrica dos *Clusters*

Na Tabela III.1, apresentam-se os resultados da análise estatística descritiva, com avaliação das medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (desvio-padrão, amplitude e coeficiente de variação) dos diferentes *clusters*.

Tabela III.1 – Medidas de tendência central e de dispersão dos diferentes *cluster*s.

Variável	*Cluster*	Média	Mediana	Amplitude	Desvio-padrão	Coeficiente de variação
DALY	**ECANA**	27478,56	26377,40	28161,45	5641,47	0,21
	ASPAC	20577,42	19633,21	21147,70	4288,91	0,21
	LAC	19266,24	18836,04	13801,32	3101,84	0,16
	MENAAP	17348,38	17619,56	15617,01	3438,24	0,20
	SSA	16644,62	16288,88	18068,10	2434,77	0,15
GDPpc	**ECANA**	39231,97	36260,07	135267,35	24148,01	0,62
	ASPAC	19091,16	7888,16	132212,07	24880,46	1,30
	LAC	14428,39	12801,64	34010,77	6833,60	0,47
	MENAAP	32595,57	15091,25	144136,69	31171,81	0,96
	SSA	5513,70	3052,98	33634,09	5914,68	1,07
H	**ECANA**	7,77	7,63	16,52	2,40	0,31
	ASPAC	5,58	4,36	22,69	3,57	0,64
	LAC	6,39	6,36	7,69	1,69	0,26
	MENAAP	4,92	4,57	21,49	2,53	0,51
	SSA	5,03	4,52	20,46	2,06	0,41
K	**ECANA**	11,45	11,56	8,85	1,48	0,13
	ASPAC	8,21	8,42	10,56	2,85	0,35
	LAC	7,74	8,02	7,64	1,63	0,21
	MENAAP	7,65	7,57	12,27	2,66	0,35
	SSA	5,05	4,88	10,45	2,43	0,48
E	**ECANA**	14,79	15,38	20,37	4,49	0,30
	ASPAC	6,65	5,29	28,13	4,65	0,70
	LAC	6,51	5,89	12,66	2,65	0,41
	MENAAP	3,93	3,48	11,44	2,32	0,59
	SSA	3,40	3,05	10,66	1,37	0,40
U	**ECANA**	68,87	68,54	60,90	14,03	0,20
	ASPAC	50,52	46,68	87,00	26,03	0,52
	LAC	62,49	63,09	77,02	18,84	0,30
	MENAAP	72,49	76,09	81,44	21,89	0,30
	SSA	39,78	39,90	83,18	17,33	0,44

Tabela III.1 – Medidas de tendência central e de dispersão dos diferentes *cluster*s (continuação).

Variável	*Cluster*	Média	Mediana	Amplitude	Desvio-padrão	Coeficiente de variação
T	**ECANA**	30,23	30,65	46,40	7,48	0,25
	ASPAC	32,30	30,98	57,70	11,87	0,37
	LAC	16,45	14,20	41,70	7,43	0,45
	MENAAP	21,02	20,60	31,10	7,36	0,35
	SSA	15,80	13,84	53,70	8,40	0,53
A	**ECANA**	8,57	9,32	17,11	3,36	0,39
	ASPAC	3,16	2,06	10,88	3,04	0,96
	LAC	4,83	4,18	10,60	2,24	0,46
	MENAAP	0,68	0,42	2,87	0,84	1,22
	SSA	2,79	2,02	13,49	2,48	0,89
O	**ECANA**	20,00	19,58	32,29	5,32	0,27
	ASPAC	18,63	9,89	71,34	19,71	1,06
	LAC	22,79	22,73	36,86	7,04	0,31
	MENAAP	26,58	27,22	40,02	9,51	0,36
	SSA	9,51	7,87	30,17	6,51	0,68
IAP	**ECANA**	7,79	1,43	62,27	11,34	1,46
	ASPAC	44,63	45,76	97,79	34,04	0,76
	LAC	24,87	14,57	94,42	23,93	0,96
	MENAAP	9,20	0,54	85,20	22,57	2,45
	SSA	75,40	87,77	99,32	30,23	0,40
EAP	**ECANA**	12,02	11,61	25,31	4,81	0,40
	ASPAC	16,73	15,24	73,93	15,73	0,94
	LAC	12,68	12,04	26,09	6,31	0,50
	MENAAP	18,64	17,81	47,77	10,36	0,56
	SSA	12,55	11,56	35,68	8,81	0,70
S	**ECANA**	95,44	98,06	31,65	6,11	0,06
	ASPAC	72,65	80,01	89,55	25,67	0,35
	LAC	78,42	83,27	80,56	17,13	0,22
	MENAAP	87,34	94,52	77,70	17,99	0,21
	SSA	34,97	30,07	96,73	23,22	0,66
WD	**ECANA**	8,96	6,78	64,23	7,20	0,80
	ASPAC	10,75	6,09	92,98	13,78	1,28
	LAC	11,30	5,04	132,13	17,08	1,51
	MENAAP	10,82	7,34	38,57	8,24	0,76
	SSA	8,95	5,25	124,24	12,94	1,45

Tabela III.1 – Medidas de tendência central e de dispersão dos diferentes *cluster*s (continuação).

Variável	*Cluster*	Média	Mediana	Amplitude	Desvio-padrão	Coeficiente de variação
CD	**ECANA**	1,05	0,38	6,92	1,47	1,39
	ASPAC	0,80	0,00	8,00	1,61	2,00
	LAC	0,11	0,00	4,44	0,41	3,67
	MENAAP	1,15	0,32	7,00	1,64	1,42
	SSA	0,26	0,00	5,20	0,64	2,46

GDPpc – PIB *per capita*; H – Despesa pública em saúde; K – Escolaridade; E – Envelhecimento populacional; U – Taxa de urbanização; T – Tabagismo; A – Consumo de álcool *per capita*; O – Obesidade; IAP – Uso de combustíveis sólidos poluentes; EAP – Concentração atmosférica de $PM_{2,5}$; S – Saneamento; WD – Ondas de calor; CD – Ondas de frio

Fonte: Elaboração própria no Excel com resultados do EViews 14.

Na Tabela III.2, apresentam-se os coeficientes e os respetivos *p–values* da estimação pelo Modelo de Efeitos Fixos Nacionais para os diferentes *clusters*.

Tabela III.2 – Coeficientes e *p–values* das variáveis independentes e medidas estatísticas da estimação pelo Modelo de Efeitos Fixos Nacionais para os diferentes *clusters*.

Variável		ECANA		ASPAC		LAC		MENAAP		SSA	
		Coeficiente	*p–value*	Coeficiente	*p–value*	Coeficiente	*p–value*	Coeficiente	*p–value*	Coeficiente	*p–value*
C	α	8,872545	0,0000	10,24082	0,0000	10,05044	0,0000	10,32525	0,0000	9,669335	0,0000
ln(GDPpc)	β_1	0,028292	0,0015	-0,101355	0,0000	-0,030357	0,2492	-0,086542	0,0000	-0,014897	0,0511
H	β_2	0,007582	0,0000	-0,000402	0,4623	-0,008367	0,0494	0,000499	0,8075	-0,003054	0,0012
K	β_3	0,002671	0,0195	0,018911	0,0000	-0,007449	0,4634	0,006188	0,0020	0,011016	0,0000
E	β_4	0,021016	0,0000	0,005434	0,0009	0,012711	0,0161	0,062228	0,0000	0,041741	0,0000
U	β_5	0,001140	0,0073	-0,000966	0,0007	0,001091	0,4732	-0,005083	0,0000	0,001896	0,0001
T	β_6	0,002181	0,0000	0,005876	0,0000	0,001558	0,5972	0,003173	0,0085	0,001092	0,0026
A	β_7	0,011238	0,0000	-0,007037	0,0000	-0,004696	0,1037	-0,068785	0,0000	-0,002581	0,1009
O	β_8	0,003327	0,0001	-0,006767	0,0000	0,008362	0,0077	-0,002029	0,1605	0,001295	0,3696
IAP	β_9	0,001586	0,0073	0,001080	0,0002	-0,005773	0,0000	-0,001115	0,0970	-0,001348	0,0000
EAP	β_{10}	0,002458	0,0002	0,000629	0,1047	-0,000378	0,7901	0,001157	0,3463	0,000217	0,8119
S	β_{11}	0,003801	0,0000	0,003208	0,0000	0,000418	0,7545	0,004733	0,0000	$4{,}06\text{x}10^{-05}$	0,8794
WD	β_{12}	0,001156	0,0000	0,001003	0,0000	0,001027	0,0015	-0,001064	0,0034	0,000537	0,0022
CD	β_{13}	0,000184	0,7410	0,001075	0,3039	-0,001684	0,0787	-0,000757	0,3251	0,000828	0,7844
trend		-0,007284	0,0000	0,010114	0,0000	-0,003249	0,0512	-0,002713	0,0561	-0,002048	0,0037
R^2		0,986426		0,989338		0,983309		0,981242		0,970139	
R^2 ajustado		0,985635		0,988620		0,981987		0,979679		0,968258	
Erro Padrão da Regressão		0,035381		0,032469		0,027000		0,035180		0,035369	
Estatística-F		1247,076		1378,606		743,7832		627,7185		515,8340	
***p-value* (Estatística-F)**		0,000000		0,000000		0,000000		0,000000		0,000000	

Tabela III.2 – Coeficientes e *p–values* das variáveis independentes e medidas estatísticas da estimação pelo Modelo de Efeitos Fixos Nacionais para os diferentes *clusters* (continuação).

Variável	ECANA	ASPAC	LAC	MENAAP	SSA
Soma dos Quadrados dos Resíduos	1,331930	0,657834	0,294522	0,445537	0,973278
Estatística Durbin-Watson	0,360522	0,462049	0,410351	0,272748	0,313802

GDPpc – PIB *per capita*; H – Despesa pública em saúde; K – Escolaridade; E – Envelhecimento populacional; U – Taxa de urbanização;
T – Tabagismo; A – Consumo de álcool *per capita*; O – Obesidade; IAP – Uso de combustíveis sólidos poluentes;
EAP – Concentração atmosférica de $PM_{2,5}$; S – Saneamento; WD – Ondas de calor; CD – Ondas de frio

Fonte: Elaboração própria no Excel com resultados do EViews 14.

FACULDADE DE **ECONOMIA**