

Estimativas de mortalidade por idade e sexo nos municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos/RJ: uma aplicação do método TOPALS

Age and sex-specific mortality estimates in the oil-producing municipalities of the Campos Basin/RJ: an application of the TOPALS method

Hisrael Passarelli-Araujo

hisraelpassarelli@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3534-8392>

Mestre e doutorando em Demografia pela Universidade Federal de Minas Gerais (Cedeplar/UFMG). Bacharel em Administração Pública pela Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) e especialista em Estatística pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Brasil

Bernardo Lanza Queiroz

lanza@cedeplar.ufmg.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2890-1025>

Professor titular no Departamento de Demografia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e pesquisador do Cedeplar. Doutor em Demografia pela Universidade da Califórnia em Berkeley e bacharel em Ciências Econômicas pela UFMG. Brasil

Joseane de Souza

joseanesouza@uenf.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3555-5423>

Mestre e doutora em Demografia pela UFMG. Professora associada da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Docente nos cursos de Graduação em Administração Pública e Ciências Sociais e do Programa de Pós-graduação em Políticas Sociais da UENF. Brasil

Resumo

Estimativas de mortalidade são essenciais para apoiar o planejamento e o financiamento de serviços de saúde, especialmente em pequenas áreas. Neste artigo, utilizamos modelos de regressão TOPALS para estimar as taxas de mortalidade e expectativas de vida ao nascer nos municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos/RJ em 2010 e 2018, desagregadas por idade e sexo. As estimativas

Palavras-chave

Mortalidade
Pequenas áreas
Método TOPALS
Brasil



se baseiam nos dados de mortalidade obtidos no Sistema de Informação de Mortalidade, nos dados do Censo de 2010 e nas estimativas populacionais de 2018. Os achados deste trabalho corroboram a hipótese de que, embora estejam espacialmente próximos, os diferentes níveis de urbanização, desenvolvimento e investimento público observados entre os municípios produtores de petróleo na Bacia de Campos/RJ podem imprimir níveis e padrões distintos de mortalidade por idade e sexo nas áreas menos populosas.

Abstract

Mortality estimates are essential for supporting the planning and financing of health services, especially in small areas. This article used TOPALS regression models to estimate age and sex-specific mortality rates and life expectancy at birth in the oil-producing municipalities of the Campos Basin/RJ in 2010 and 2018. The estimates are based on mortality data obtained from the Mortality Information System, the 2010 census data, and the 2018 population estimates. The results of this study support the hypothesis that, although spatially close, the different levels of urbanization, development, and public investment observed among the oil-producing municipalities in the Campos Basin/RJ can result in different levels and patterns of mortality by age and sex in the less populated areas.

Keywords

Mortality
Small Areas
TOPALS Method
Brazil

Enviado: 05/04/23
Aceptado: 17/08/23

Introdução

Estimar a mortalidade a partir de dados completos, oportunos e de boa qualidade é fundamental para conhecer as condições de saúde de uma população, identificar desigualdades socioeconômicas em saúde que se manifestam em diferentes territórios e direcionar ações, políticas públicas e investimentos em saúde. No entanto, ainda existem desafios metodológicos que precisam ser confrontados no estudo da mortalidade em pequenas áreas ou em pequenas populações (Gonzaga & Schmertmann, 2016; Schmertmann & Gonzaga, 2018). Nestes casos, a alta variabilidade dos dados nos registros de óbito, em razão do baixo número de pessoas expostas, tende a provocar uma elevada instabilidade nas taxas de evento/exposição observadas, especialmente quando desagregadas por microrregiões ou por outros atributos demográficos, como idade e sexo (Pletcher, 1999; Queiroz, Lima, et al., 2020; Rau & Schmertmann, 2020; Riggan et al., 1991; Schmertmann & Gonzaga, 2018). Nessas situações, o

uso de modelos que relacionam padrões conhecidos de mortalidade com os dados disponíveis pode ser uma boa alternativa.

Nos últimos anos, diversos pesquisadores têm desenvolvido ou aprimorado modelos estatísticos que buscam contornar os desafios metodológicos no estudo da mortalidade em pequenas áreas e fornecer estimativas confiáveis da esperança de vida e outras medidas (Gonzaga & Schmertmann, 2016; Queiroz et al., 2013; Queiroz et al., 2020; Queiroz, Lima, et al., 2020; Silva et al., 2022). Alguns desses métodos se destacam não somente por sua sofisticação estatística, mas também por fornecerem medidas de incerteza associadas às estimativas de mortalidade e expectativas de vida ao nascer, contemplando outras dimensões como o tempo, o espaço e a composição por idade e sexo de uma população (Alexander, Zagheni, & Barbieri, 2017; Paredes & Silva, 2017; Sacco, Williams, & L. Queiroz, 2021; Schmertmann & Gonzaga, 2018; Stephens et al., 2013). Eles podem ser, portanto, uma ferramenta poderosa para analisar os padrões de mortalidade em regiões subnacionais marcadas por transformações demográficas relacionadas ao desenvolvimento industrial, social e econômico. Os municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos/RJ, no Brasil, são um interessante estudo de caso nessa temática.

A Bacia de Campos se estende desde imediações de Vitória, no Espírito Santo, a Arraial do Cabo, no litoral norte do estado do Rio de Janeiro. No estado do Rio de Janeiro, além de Arraial do Cabo, fazem parte da Zona de Produção Principal os municípios de Armação dos Búzios, Cabo Frio, Casimiro de Abreu e Rio das Ostras, na mesorregião Baixadas Litorâneas, e Campos dos Goytacazes, Carapebus, Macaé, Quissamã e São João da Barra, na mesorregião Norte Fluminense. Antes de se tornarem produtores de petróleo, os municípios do Norte Fluminense se destacavam, no cenário nacional, pela produção sucroalcooleira. Os municípios das Baixadas Litorâneas, por sua vez, se destacavam pela produção salinera e pelo turismo.

As atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural tiveram início no primeiro quinquênio dos anos 1970 e implicaram em uma verdadeira reestruturação do mercado de trabalho, que, por sua vez, trouxe implicações diretas na vida social e cotidiana, na estrutura demográfica, na economia e na cultura local e até mesmo regional (Cruz & Terra, 2020; Souza & Terra, 2020). Mudanças que, por sua vez, afetam a forma como as pessoas vivem, trabalham e se relacionam. Algumas dessas transformações incluem o crescimento populacional, a migração e a pendularidade de pessoas de outras regiões ou entre os próprios municípios da Bacia de

Campos, o surgimento de novas atividades econômicas e a reconfiguração da hierarquia regional das cidades (Piquet, 2003; Souza & Terra, 2020; Terra & Azevedo, 2019). Segundo a Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2023), atualmente a Bacia de Campos é a segunda maior produtora de petróleo do país, ficando atrás somente da Bacia de Santos.¹

Apesar de terem em comum o fato de serem produtores de petróleo e da contiguidade geográfica, estes municípios diferem entre si, não apenas em relação à extensão territorial e ao contingente populacional, mas também em relação ao grau de urbanização, ao grau de cobertura dos principais serviços urbanos (abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo) e a tantos outros serviços públicos que podem impactar diretamente a qualidade de vida e o padrão de morbimortalidade das populações (Carmo, Barreto, & Silva Jr., 2003). Trata-se, portanto, de um território com várias urbanidades² o qual, por constituir um aspecto relevante da urbanização brasileira, é tido pelo próprio Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015) como um caso especial a ser estudado.

Há alguns motivos que tornam os municípios produtores de petróleo circunscritos na Bacia de Campos/RJ como casos especiais para o estudo da mortalidade. O primeiro deles é a relevância da região no cenário nacional e internacional em virtude da alta concentração de atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural na plataforma continental (Piquet, 2003). Do ponto de vista demográfico, apesar de existirem diversos estudos que investigaram os movimentos migratórios e pendulares (Passarelli-Araujo & Souza, 2020; Passarelli-Araujo, Souza, & Terra, 2021; Souza & Terra, 2020; Terra & Souza, 2017), pouco se sabe sobre os demais componentes da dinâmica demográfica – mortalidade e fecundidade – nesses espaços. No caso da mortalidade, há alguns estudos recentes que investigaram o impacto da mortalidade por causas externas na expectativa de vida da população residente nos municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos (Moraes, 2023; Moraes, Souza, & Passarelli-Araujo, 2023). No entanto, ao trabalharem com arranjos populacionais, como forma de contornar o problema do estudo da mortalidade para pequenas áreas, Moraes et al. (2023) agregaram, em um mesmo arranjo, municípios

1 Em janeiro de 2023, de um total de 4.175.356 barris equivalentes de petróleo/dia, 3.091.940 (74,1 %) foram produzidos na Bacia de Santos e 873.998 barris equivalentes de petróleo/dia (20,1 %), na Bacia de Campos. A produção destas duas bacias soma 95 % da produção total de petróleo e gás do país (Agência Nacional de Petróleo [ANP], 2023).

2 Urbanidade é um termo que abarca a “diversidade de situações percebidas no rótulo “urbanização”, no qual a enorme heterogeneidade da cidade, em seus múltiplos aspectos, não era capturada” (Rua, Agueda, & Simoni, 2021).

consideravelmente distintos em relação ao tamanho, composição e ritmo de crescimento populacional, algo que dificulta transpor os resultados para municípios isolados, justamente porque o padrão de mortalidade dos municípios de maior porte exerce maior influência sobre os resultados apresentados.

Este trabalho contribui para a redução dessa lacuna e para a compreensão das disparidades sociais e de saúde que se manifestam na região ao estimar as taxas de mortalidade e expectativas de vida ao nascer nos municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos/RJ por idade e sexo nos anos 2010 e 2018. Utilizamos um método proposto por Gonzaga e Schmertmann (2016) que, ao combinarem modelos de regressão Poisson com um modelo relacional denominado TOPALS (de Beer, 2012), oferecem um método estatístico mais flexível que também considera a incerteza sobre o nível da mortalidade. Além disso, o método TOPALS não assume um padrão fixo de taxas específicas de mortalidade e apresenta uma boa performance para estimar a mortalidade, mesmo em áreas com populações pequenas e com poucos ou nenhum óbito em muitas idades (Gonzaga & Schmertmann, 2016).

A hipótese aqui colocada vincula-se à noção de que, apesar da proximidade espacial, os diferentes níveis de urbanização, desenvolvimento e investimento público observados entre os municípios produtores de petróleo na Bacia de Campos podem implicar em padrões distintos de mortalidade por idade e sexo. Sob essa hipótese, utilizar métodos como os de estimativas indiretas de mortalidade, que se baseiam nos padrões de mortalidade de áreas geográficas maiores, pode esconder informações importantes sobre os verdadeiros padrões de mortalidade em pequenas áreas (Gonzaga & Schmertmann, 2016). Por esse motivo, a regressão TOPALS possibilita estimar e suavizar as taxas de mortalidade específicas por idade para pequenas áreas sem exigir qualquer pressuposto de homogeneidade, o que é essencialmente desejável nesse estudo.

O presente artigo documenta e apresenta estimativas robustas de mortalidade por idade e sexo nos municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos. Ele também contribui com a discussão sobre as disparidades regionais de saúde em uma região marcada por transformações sociais que revelam a integração regional estabelecida pelos municípios (Passarelli-Araujo, Souza, & Terra, 2021), mas também por processos políticos que insistem em fragmentar um espaço demograficamente integrado. Este cenário reforça a importância de considerar as particularidades de cada município e levar em conta as necessidades específicas da população local

para garantir a melhoria da qualidade de vida e a redução da mortalidade. Portanto, é essencial que os governos promovam medidas que visem a redução das desigualdades e a melhoria das condições sociais e econômicas para assegurar a saúde e bem-estar das populações.

Dados e métodos

Dados

Este estudo se baseia nos microdados de mortalidade disponibilizados pelo Ministério da Saúde para os períodos 2009-2011 e 2017-2019, por meio do Sistema de Informações Sobre Mortalidade (SIM),³ nos dados de população do Censo Demográfico de 2010 e nas estimativas populacionais municipais por idade e sexo no ano de 2018, calculadas por Freire et al. (2019).⁴

Os dados de óbitos foram coletados por idade simples e desagregados por sexo. Os casos com idade e sexo desconhecidos foram redistribuídos proporcionalmente entre os demais grupos com idade e sexo conhecidos e registrados na base de dados de óbitos. No caso da população enumerada no Censo de 2010 e a população projetada para 2018, os dados foram coletados segundo sexo e grupos etários quinquenais e depois transformados em idade simples, por meio do método de interpolação *Penalized Composite Link Model* (PCLM).⁵

Para a construção dos numeradores das taxas de mortalidade por município, sexo e idade simples, consideramos o número de óbitos acumulados durante os anos-calendário de 2009 a 2011 e de 2017 a 2019. Em seguida, utilizamos a população enumerada em 2010 e estimada em 2018 para obtermos os 'denominadores' das taxas, ou seja, as medidas de exposição ao longo dos triênios 2009-2011 e 2017-2019. A exposição por idade e sexo foi estimada como sendo três vezes a população observada em 2010 e 2018 em suas respectivas categorias de idade e sexo.

3 O Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) pode ser acessado por meio do seguinte link: <http://sim.saude.gov.br/>

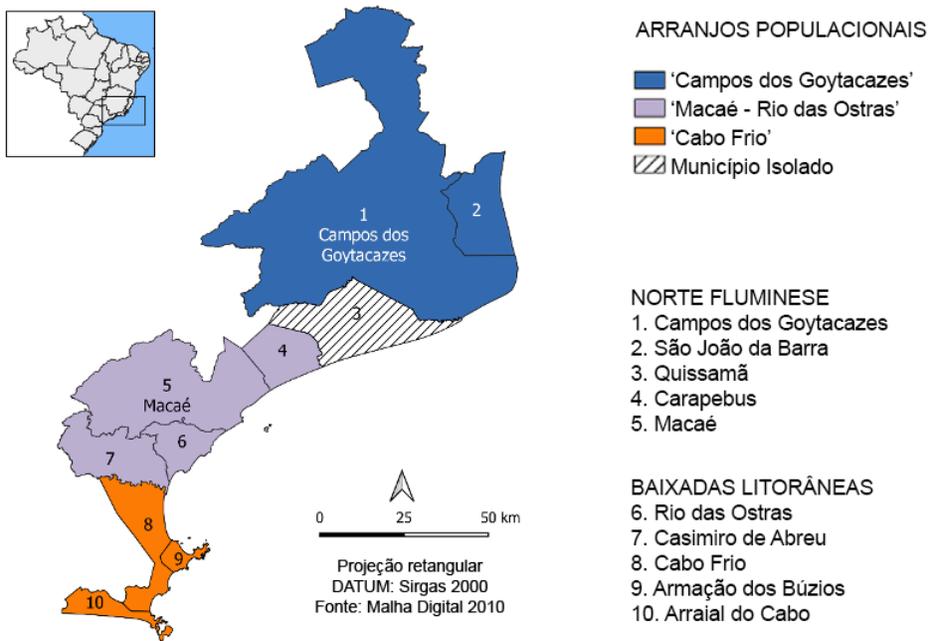
4 A metodologia utilizada por Freire et al. (2019) apresenta algumas vantagens como: i) menor variabilidade das estimativas municipais por idade, e ii) maior precisão das estimativas tanto para população total quanto para sua distribuição por idade e sexo em pequenas áreas por meio da aplicação de um método bayesiano empírico. As projeções municipais calculadas por Freire et al. (2019) estão disponíveis em: <https://demografiaufrn.net/projecao-populacional/>. No caso dos microdados de mortalidade, eles estão disponíveis em: <https://datasus.saude.gov.br/>

5 O método de interpolação PCLM é baseado em um modelo de ligação composto, que é uma extensão dos modelos lineares generalizados padrão. A ideia subjacente ao método PCLM é que as contagens observadas, interpretadas como realizações de distribuições de Poisson, são observações indiretas de uma sequência mais refinada (desagrupada). A implementação desse método de interpolação pode ser feita por meio da função *graduate*, disponível no pacote *DemoTools* para o software R.

Breve caracterização da área de estudo

O recorte espacial adotado no estudo contempla os arranjos populacionais de 'Macaé-Rio das Ostras', 'Campos dos Goytacazes' e 'Cabo Frio', formados pelos municípios que vão desde São João da Barra até Arraial do Cabo (Figura 1). Entende-se por arranjos populacionais os recortes territoriais que consistem em agrupamentos de dois ou mais municípios, onde há uma forte integração populacional devido aos movimentos pendulares para trabalho ou estudo, ou devido à contiguidade entre as manchas urbanizadas principais (IBGE, 2015). Somente foram considerados os municípios produtores de petróleo. O município de Quissamã, apesar de não fazer parte de nenhum dos três arranjos populacionais, também foi incluído no estudo.

Figura 1. Composição dos arranjos populacionais e municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos/RJ selecionados para o estudo.



Fonte: IBGE, malha digital 2010.

A Tabela 1 apresenta alguns indicadores-chave, como Produto Interno Bruto (PIB), PIB per capita, razão dos 10 % mais ricos em relação aos 40 % mais pobres, índice de Gini e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), para oferecer uma visão abrangente sobre a situação socioeconômica região e como ela se compara à situação socioeconômica observada no contexto estadual e nacional no mesmo período analisado.

Tabela 1. Caracterização socioeconômica dos municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos/RJ selecionados para o estudo.

Territorialidades	Produto Interno Bruto (2010)		PIB per capita (2020)	Razão 10 % mais ricos / 40 % mais pobres	Índice de Gini	IDHM
	2010	2018				
Armação dos Búzios	1.869.297	2.361.779	60.447,32	13,09	0,51	0,728
Arraial do Cabo	400.094	1.291.857	59.910,14	10,95	0,47	0,733
Cabo Frio	9.301.079	10.972.209	40.530,43	16,2	0,54	0,735
Campos dos Goytacazes	604.027	521.794	46.641,88	17,38	0,55	0,716
Carapebus	38.684.389	32.338.283	26.481,62	8,36	0,42	0,713
Casimiro de Abreu	2.071.660	2.187.857	35.133,80	11,38	0,48	0,726
Macaé	13.613.373	15.435.162	58.618,72	17,46	0,56	0,764
Quissamã	3.791.122	2.471.196	121.304,16	15,19	0,53	0,704
Rio das Ostras	8.957.877	8.591.344	40.864,56	14,72	0,53	0,773
São João da Barra	6.099.729	7.204.709	177.439,19	11,57	0,48	0,671
Estado do Rio de Janeiro	449.858.101	758.859.047	43.407,57	21,19	0,59	0,761
Brasil	3.885.847.000	7.004.141.000	35.935,74	22,78	0,6	0,727

Nota: Dados da razão 10 %/40 %, Índice de Gini e IDHM referentes ao ano de 2010.

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. IBGE (em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo), PNUD Brasil, IPEA e FJP, 2022.

Tabela 2. Total de óbitos, população, exposição e taxas brutas de mortalidade observadas (por mil) – municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos/RJ, Brasil (2010 e 2018).

Arranjo Populacional / Município	População		Óbitos		Exposição		TBM (mil)	
	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018
'Campos dos Goytacazes'	496.478	542.163	11.567	13.369	1.489.434	1.626.489	7,8	8,2
Campos dos Goytacazes	463.731	505.542	10.809	12.398	1.391.193	1.516.626	7,8	8,2
São João da Barra	32.747	36.621	758	971	98.241	109.863	7,7	8,8
'Macaé - Rio das Ostras'	381.352	630.147	5.816	8.127	1.144.056	1.890.441	5,1	4,3
Macaé	206.728	292.662	3.026	4.064	620.184	877.986	4,9	4,6
Rio das Ostras	105.676	243.248	1.545	2.546	317.028	729.744	4,9	3,5
Carapebus	13.359	17.999	231	252	40.077	53.997	5,8	4,7
Casimiro de Abreu	35.347	49.722	622	777	106.041	149.166	5,9	5,2
Quissamã	20.242	26.516	392	488	60.726	79.548	6,5	6,1
'Cabo Frio'	241.502	314.340	4.578	5.907	724.506	943.020	6,3	6,3
Armação dos Búzios	27.560	36.689	476	751	82.680	110.067	5,8	6,8
Arraial do Cabo	27.715	30.223	572	785	83.145	90.669	6,9	8,7
Cabo Frio	186.227	247.428	3.530	4.371	558.681	742.284	6,3	5,9
Total	1.119.332	1.486.650	21.961	27.403	3.357.996	4.459.950	6,5	6,1

Nota: a exposição ao longo de 2009-2011 e 2017-2019 foi estimada a partir das populações do censo de 2010 e das estimativas populacionais de 2018. Os óbitos foram somados ao longo de 3 anos (2009-2011 e 2017-2019).

Fonte: MS/SVS/CGIAE - Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM; IBGE, Censo Demográfico de 2010; Projeções populacionais municipais por sexo e idade calculadas por Freire et al. (2019).

Em relação ao percentual do PIB gerado por esse grupo de municípios como um todo, em 2018, a região representou 11% do PIB total do estado do Rio de Janeiro, destacando sua significativa importância econômica. Além disso, a população total estimada para esses municípios em 2018 foi de aproximadamente 1,48 milhão de habitantes, ressaltando a relevância demográfica da região (Tabela 2).

Em termos de comparações relativas, é possível observar diferenças no PIB per capita, variando de 26.481 reais em Carapebus a 177.439 reais em São João da Barra. A razão dos 10 % mais ricos em relação aos 40 % mais pobres, uma medida de desigualdade socioeconômica, foi notavelmente menor nessa região quando comparada às médias estadual e nacional. Macaé é o município com a maior razão (17,46), indicando uma disparidade maior entre as classes sociais. Em contraste, Carapebus apresenta a menor razão, sugerindo uma menor disparidade econômica. Macaé exibiu o maior índice de Gini (0,56) em 2010, indicando maior concentração de renda na cidade. Em termos de desenvolvimento humano, São João da Barra registrou o menor IDHM (0,671) entre os municípios estudados. No entanto, de forma geral, o IDHM dos outros municípios se aproximou das médias estadual e nacional (Tabela 1).

Esses resultados destacam a relevância da região em termos de contribuição para o PIB, tamanho da população e heterogeneidade socioeconômica presente nos municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos/RJ, reforçando a necessidade de conhecer os padrões de mortalidade da população residente nesses espaços.

Padronização das taxas brutas de mortalidade

A partir dos dados de óbitos e da população exposta ao risco de morte, calculamos as taxas brutas de mortalidade (TBM) para os dois períodos, assim como as taxas específicas de mortalidade observadas em cada município. Ao comparar os níveis de mortalidade entre períodos distintos por meio de TBM, uma etapa essencial é eliminar a influência que a estrutura etária exerce sobre esse indicador. Existem diversas maneiras de realizar essa comparação. Uma delas é supor que todos os municípios tenham uma mesma composição etária média e então, aplicar, a essa composição etária padrão, o conjunto de taxas específicas de mortalidade das populações estudadas. Ao realizar este procedimento, elimina-se o efeito da estrutura etária sobre as taxas brutas de mortalidade, visto que todas as taxas estão calculadas com base em uma estrutura etária comum: a composição etária média da população dos municípios em 2010 e 2018. Dessa forma, quaisquer diferenças

entre elas dizem respeito, exclusivamente, aos diferenciais de nível de mortalidade. A ideia subjacente à interpretação desse indicador é investigar o risco relativo que uma pessoa tem de vir a falecer no decorrer de um respectivo ano, caso a distribuição etária relativa fosse a média das composições etárias de todos os municípios em 2010 e 2018.

Além das estimativas pontuais das TBM padronizadas, também calculamos seus respectivos intervalos de confiança. Quando o número de eventos ou taxas é muito pequeno – como geralmente é o caso de estudos de mortalidade em pequenas áreas – o método de aproximação normal para calcular os intervalos de confiança pode fornecer um número negativo para o limite inferior do intervalo de confiança. Para evitar esse problema, utilizamos um método de estimação dos intervalos de confiança das taxas padronizadas pelo método direto proposto por Fay e Feuer (1997).

No método formalizado por Fay e Feuer (1997), assume-se que as taxas são distribuídas como uma soma ponderada de variáveis aleatórias independentes de Poisson. Os autores se referem a esses novos intervalos de confiança como intervalos gama, pois a aproximação é baseada na distribuição gama. Toda a formalização matemática, assim como as etapas de cálculo dos intervalos de confiança para as taxas de mortalidade padronizadas estão descritos no trabalho de Fay e Feuer (1997), que também pode ser implementado por meio do pacote *Epitools* (Aragon, 2020) no software R.

Estimativa das taxas específicas de mortalidade a partir do modelo TOPALS

Para estimar as taxas de mortalidade dos municípios produtores de petróleo por idade e sexo, utilizou-se a variante modelo relacional TOPALS proposta por Gonzaga e Schmertmann (2016). O modelo TOPALS é a soma de duas funções. A primeira função se refere a uma tabela modelo constante que incorpora padrões básicos de mortalidade por idade e sexo. A segunda é uma função paramétrica linear composta por segmentos de linha entre as idades designadas (nós), que representa as diferenças entre a função de mortalidade utilizada como padrão e o logaritmo da função de mortalidade da população de interesse. O vetor de taxas logarítmicas de mortalidade da população de interesse (λ) é dado por:

$$\lambda = \lambda^* + B a \quad (1)$$

Onde λ é a função de mortalidade padrão, B é uma matriz 100x7 de B é uma matriz de constantes em que cada coluna é uma função de base linear B-splines com nós definidos em idades exatas ($x = 0, 1, 10, 20, 40, 70, 100$) (de

Boor, 2001) e α é um vetor de 7 parâmetros representando os *offsets* para a função de mortalidade padrão. Neste estudo, o padrão escolhido foi o mesmo utilizado por Gonzaga e Schmertmann (2016): o vetor dos logaritmos das taxas médias das taxas específicas de mortalidade por sexo e idade, extraídos do *Human Mortality Database* (HMD, 2015) em todas as funções observadas em qualquer país após 1969. Apesar de outros trabalhos como o de Queiroz et al. (2020) se basearem em padrões distintos, como, por exemplo, o logaritmo da função das taxas de mortalidade no âmbito nacional, Gonzaga e Schmertmann (2016) demonstram que o formato final da função de mortalidade estimada é insensível à escolha do padrão. Dadas as propriedades inerentes do método TOPALS, a escolha de uma função de mortalidade padrão tem menor importância do que em outros modelos relacionais demográficos, pois a abordagem TOPALS permite diferentes *offsets* em diferentes idades. Dessa forma, quaisquer funções de mortalidade escolhidas como padrão produzirão uma função ajustada muito semelhante entre si (Gonzaga & Schmertmann, 2016).

Para qualquer conjunto de dados de óbitos e de população específicos por idade $\{D_x, N_x\}_{x=0...99}$, o método TOPALS assume que os óbitos são distribuídos como variáveis independentes de Poisson, $D_x \sim \text{Pois}[N_x \exp(\lambda_x)]$, com um log de verossimilhança de:

$$\log L(\alpha) = \text{constante} + \sum_x [D_x \lambda_x(\alpha) - N_x \exp(\lambda_x(\alpha))] \quad (2)$$

Como forma de evitar funções ajustadas implausíveis para populações muito pequenas, com números muito baixos de óbitos, é possível adicionar um termo de penalidade ao log verossimilhança que aumenta à medida que os *offsets* lineares das *splines* se tornam menos suaves. Além disso, o termo de penalidade tem efeito nulo ou insignificante sobre o ajuste para áreas com números moderados a grandes de mortes D_x e exposição N_x , mas estabiliza as estimativas nos municípios menores. Após omitir a constante (que não afeta o ajuste), o log verossimilhança penalizado é:

$$Q(\alpha) \sum_x [D_x \lambda_x(\alpha) - N_x \exp(\lambda_x(\alpha))] - \sum_{k=0}^5 (\alpha_{k+1} - \alpha_k)^2 \quad (3)$$

Como o método de regressão empresta informações das taxas padrão e locais em idades mais jovens, é possível estender as estimativas de taxa para pequenas áreas para idades simples acima de 80 anos. Além disso,

como o TOPALS estima parâmetros maximizando uma função de verossimilhança de Poisson para óbitos específicos por idade condicionados à exposição específica por idade, é possível obter, para essas estimativas, um intervalo de confiança de 95 % em vez de apenas estimativas pontuais de mortalidade. Os procedimentos de cálculo dos intervalos de confiança para as estimativas TOPALS estão descritos detalhadamente em Gonzaga e Schmetmann (2016).⁶

A partir das taxas de mortalidade estimadas pelo método TOPALS, foram derivadas as demais funções da tabela de sobrevivência para cada município, sexo e período analisado. A principal função de interesse foi a expectativa de vida ao nascer. Esse indicador se refere ao número médio de anos que o indivíduo de uma coorte hipotética pode esperar viver, caso ele seja submetido, durante toda a sua vida, à experiência de mortalidade de um determinado período. Essa experiência é traduzida pelas taxas específicas de mortalidade estimadas. As etapas para a construção das Tabelas de Sobrevivência elaboradas neste trabalho estão descritas em Preston et al. (2001). As análises desse estudo foram realizadas usando o software R (R Core Team, 2023).

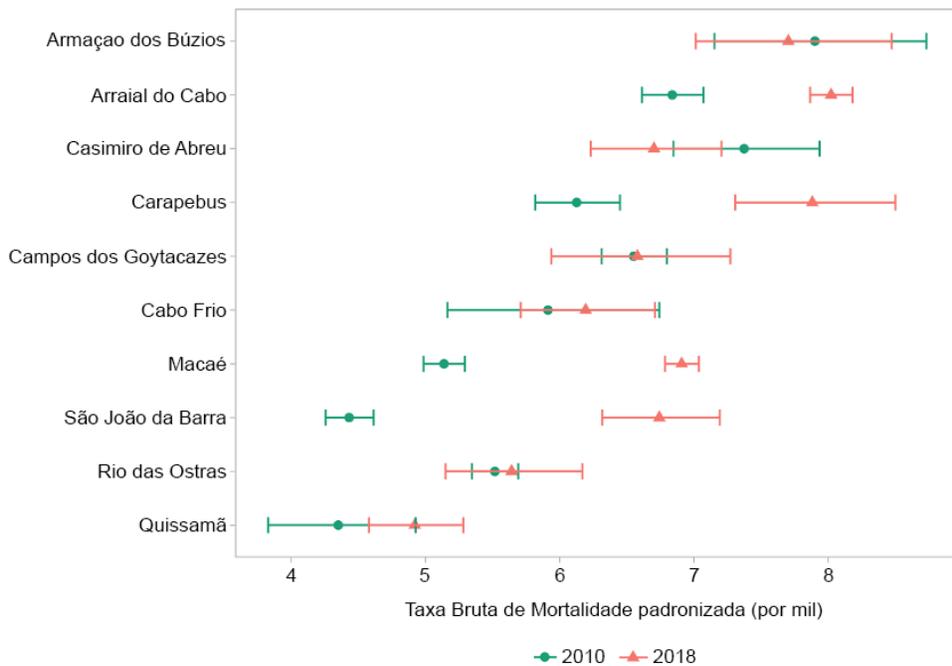
Resultados

A Tabela 2 mostra os dados de população e óbitos e a taxa bruta de mortalidade observada em 2010 e 2018 para os municípios estudados. Ao analisar os dados desagregados por arranjos populacionais e municípios, é possível notar a heterogeneidade estabelecida entre eles em termos de porte populacional. Carapebus é o município menos populoso, com pouco mais de 16 mil habitantes estimados em 2018, contrastando com o município de Campos dos Goytacazes, que se encontra no outro extremo da distribuição, cuja população estimada é de aproximadamente 539 mil habitantes. No entanto, no contexto geral, cerca de 60 % dos municípios selecionados possuem população inferior a 50 mil habitantes (Tabela 2). Como esperado, em virtude do menor número de pessoas expostas ao risco de morte, o total de óbitos nesses municípios é pequeno e as taxas específicas de mortalidade são consideravelmente instáveis. Em algumas faixas de idade, nenhum óbito foi reportado.

6 Mais informações sobre o procedimento de cálculo e rotinas do R disponíveis em <http://topals-mortality.schmert.net>

Em relação às taxas brutas de mortalidade padronizadas em 2010 e 2018, os municípios de Armação dos Búzios e Casimiro de Abreu foram os que apresentaram os maiores valores em 2010, com uma taxa de mortalidade de 7,90 por mil (I.C. 95 % 7,15; 8,73) e 7,37 (I.C. 95 % 6,85; 7,94), respectivamente (Figura 2). Em 2018, a maior taxa de mortalidade foi observada em Arraial do Cabo (8,02, I.C. 95 % 7,87; 8,18), valor 17 % superior ao observado em 2010. De maneira geral, o que se observa é uma alta variabilidade das taxas estimadas para os municípios produtores de petróleo. Com exceção de Arraial do Cabo, Carapebus, São João da Barra e Macaé, a um nível de significância de 95 %, não há evidências estatísticas suficientes de diferenças nas taxas brutas de mortalidade entre os dois períodos analisados (Figura 2).

Figura 2. Taxas brutas de mortalidade padronizadas com intervalos de confiança de 95 % – municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos/RJ, Brasil (2010 e 2018).



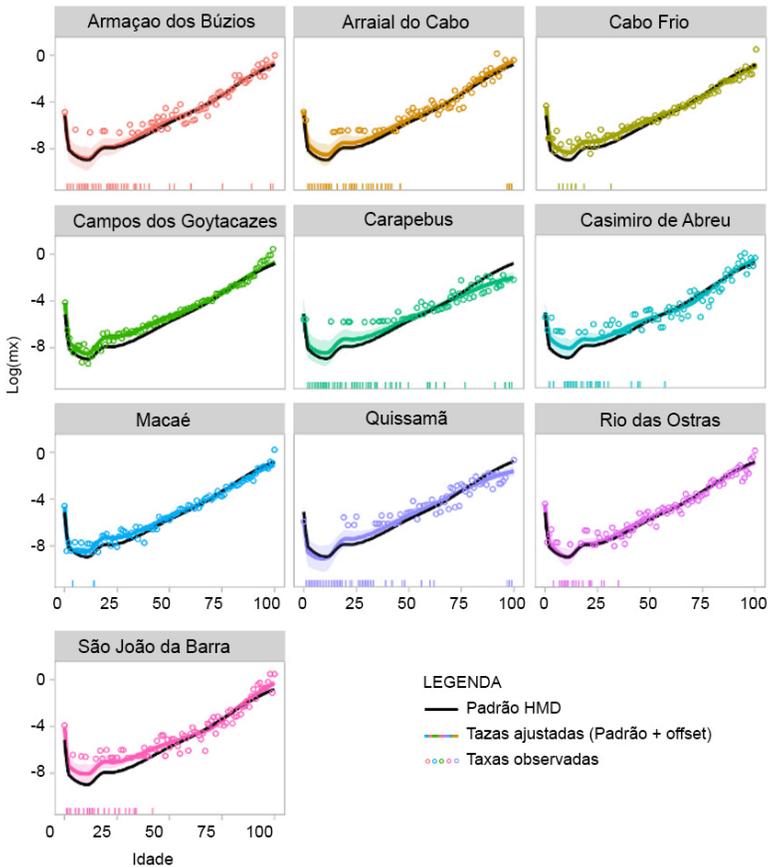
Fonte: MS/SVS/CGIAE - Sistema de Informações sobre Mortalidade – SIM; IBGE, Censo Demográfico de 2010; Projeções populacionais municipais por sexo e idade calculadas por Freire et al. (2019).

A Figura 3 apresenta as taxas específicas de mortalidade femininas ajustadas pelo método TOPALS para todos os municípios selecionados em 2010. Há algumas observações gerais que merecem destaque. Em primeiro lugar, a função de mortalidade ajustada pelo método TOPALS é baseada em um padrão observado, e ajustada aos níveis locais e aos padrões etários

por meio dos *offsets*. Nos municípios de maior porte populacional, como Campos dos Goytacazes, Macaé e Cabo Frio, os valores ajustados se aproximam consideravelmente aos valores observados.

Quanto menor o município (Carapebus, por exemplo), maior a incerteza sobre as taxas logarítmicas de mortalidade em virtude do baixo número de óbitos locais esperados em torno da idade de interesse. Os intervalos de confiança são, portanto, maiores nesses espaços (Figura 3). Como o modelo segue uma abordagem de Poisson, ele possibilita a estimativa das taxas de mortalidade, mesmo quando não há óbitos em algumas idades, baseando-se nas informações tanto das taxas padrão quanto das taxas observadas em idades mais jovens.

Figura 3. Taxas específicas de mortalidade femininas observadas e ajustadas pelo método TOPALS – municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos/RJ, Brasil (2010).

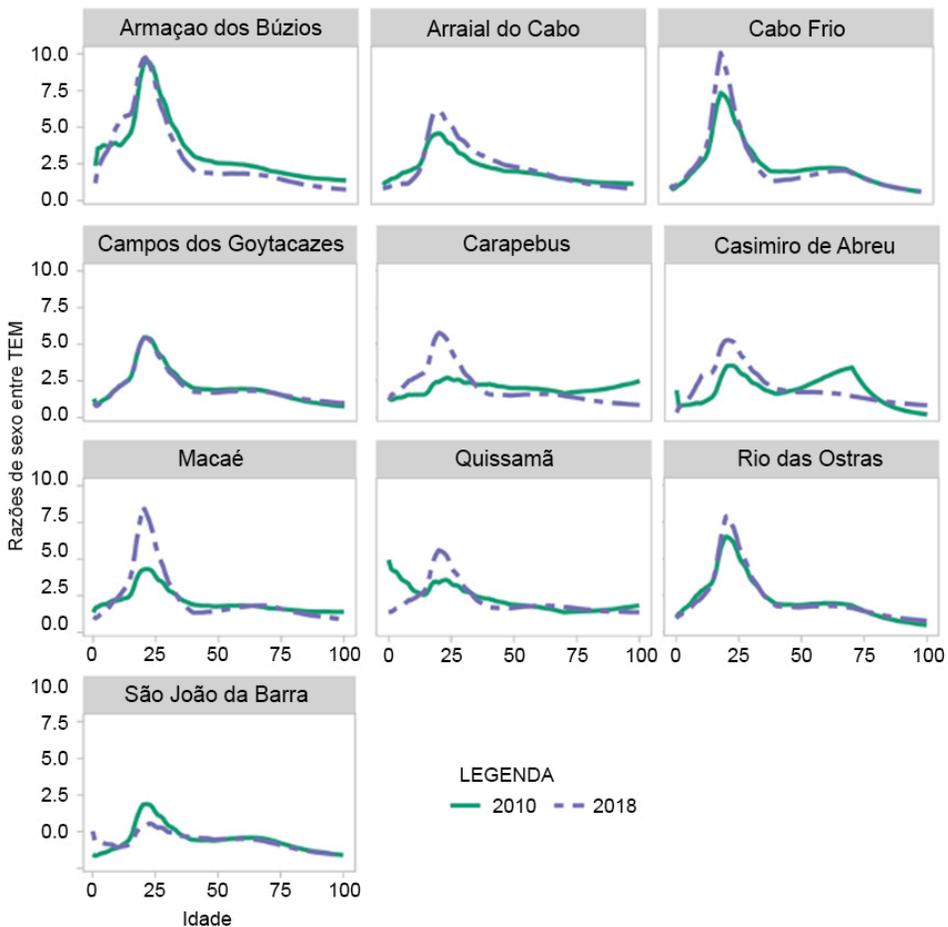


Nota: as marcas verticais no eixo x representam as idades com nenhum óbito. Taxas ajustadas com intervalo de confiança de 95 %.

Fonte: MS/SVS/CGIAE - Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM; IBGE, Censo Demográfico de 2010.

Para interpretar de maneira mais sistemática as diferenças que se estabelecem entre as taxas específicas de mortalidade nos dois períodos analisados, foram calculadas as razões de sexo entre as TEM para cada município produtor de petróleo selecionado no estudo (Figura 4). Esse indicador é obtido por meio do quociente entre as TEM masculinas, no numerador, e as femininas, no denominador. A desvantagem masculina na mortalidade é constatada nos dois anos analisados, sobretudo entre a população jovem, com idade inferior a 25 anos. No município de Macaé em 2018, por exemplo, o risco de morrer experimentado pelos homens com 20 anos foi 8,89 vezes o das mulheres. De maneira geral, a maior desvantagem masculina na mortalidade se concentra em torno dessas idades em todos os municípios.

Figura 4. Razões de sexo das taxas específicas de mortalidade – municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos/RJ, Brasil (2010 e 2018).

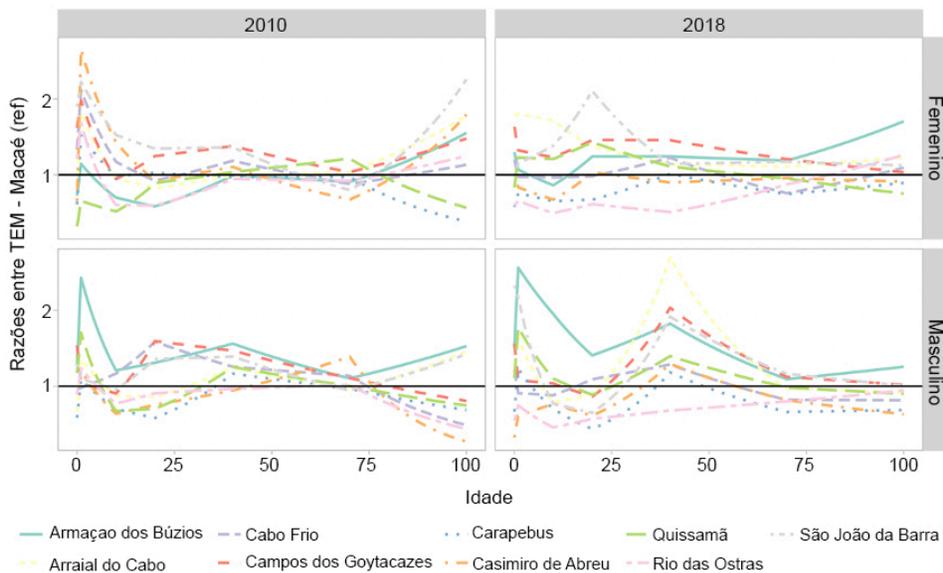


Fonte: MS/SVS/CGIAE - Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM; IBGE, Censo Demográfico de 2010; Projeções populacionais municipais por sexo e idade calculadas por Freire et al. (2019).

No município de Campos dos Goytacazes, a estrutura do diferencial por idade se mantém semelhante em 2010 e 2018. Em outros municípios, como Arraial do Cabo, há discretas mudanças na estrutura, com um deslocamento do pico para a direita, em idades um pouco mais avançadas (Figura 4). Como a razão entre as taxas específicas de mortalidade é uma medida de risco relativo, que tem a limitação de não considerar a participação do grupo etário no diferencial, uma razão elevada não significa, necessariamente, que essa idade está entre as que mais contribuem para a formação do diferencial de mortalidade (Siviero, Souza, & Machado, 2019).

A Figura 5 apresenta as razões entre as taxas específicas de mortalidade, contrastando os valores observados em Macaé com os valores referentes aos demais municípios. Macaé foi escolhido como referência por se colocar em posição de destaque entre os demais municípios e tornar dele que o tecido urbano regional tem se reorganizado (Terra & Azevedo, 2019). Valores acima de um indicam uma desvantagem na mortalidade para outros municípios em relação a Macaé. Por outro lado, os valores abaixo da unidade significam taxas menores de mortalidade para o município analisado e, portanto, maiores riscos de morte atribuídos à Macaé. Os dados foram desagregados por sexo e ano analisado (Figura 5).

Figura 5. Razões entre as taxas específicas de mortalidade (Macaé *versus* demais municípios) ajustadas pelo método TOPALS, segundo sexo – municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos/RJ, Brasil (2010 e 2018).



Fonte: MS/SVS/CGIAE - Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM; IBGE, Censo Demográfico de 2010; Projeções populacionais municipais por sexo e idade calculadas por Freire et al. (2019).

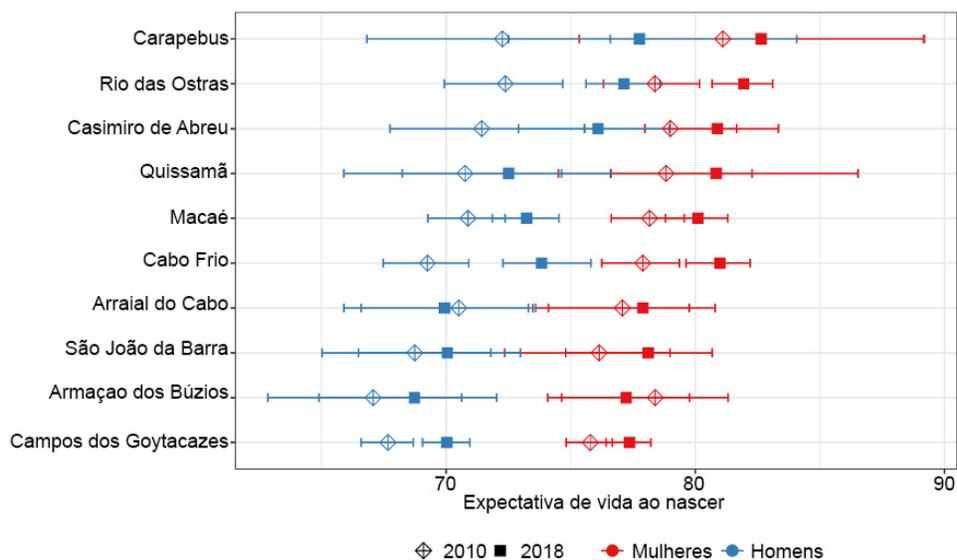
Para as mulheres, viver em Campos dos Goytacazes está associado a maiores riscos de morte em todas as idades, comparativamente à população feminina que reside em Macaé. Por exemplo, o risco de morte experimentado pelas mulheres de 40 anos que residiam em Campos dos Goytacazes no ano de 2010 foi 28 % maior do que o das mulheres residentes em Macaé com essa mesma idade. A desvantagem na mortalidade atribuída a Campos para a população feminina se reflete tanto em 2010 como em 2018 (Figura 5). Os resultados também demonstram uma desvantagem masculina da população campista em relação aos homens residentes em Macaé, sobretudo entre os homens com idade próxima aos 18 anos de idade.

Embora varie com a idade, Rio das Ostras apresenta menores riscos de morte para as mulheres e homens jovens, comparativamente a Macaé. Por exemplo, o risco de morte de um homem de 20 anos residente em Rio das Ostras no ano de 2018 é 43 % menor do que aquele observado entre a população masculina de mesma idade residente em Macaé. Armação dos Búzios também apresenta as maiores razões entre as TEM, sobretudo entre os jovens. Por outro lado, o município de Carapebus se destaca por apresentar menores riscos de morte que em Macaé, especialmente em 2018 (Figura 5).

A Figura 6 apresenta as estimativas de esperança de vida ao nascer por sexo e municípios. Os resultados indicam a desvantagem masculina em todos os municípios, comparativamente às mulheres. Em Campos dos Goytacazes no ano de 2018, o número médio de anos que um nascido vivo do sexo masculino esperaria viver, caso ele fosse submetido às experiências de mortalidade do período ao longo de toda a sua vida é de apenas 70 anos (I.C 95 % 69,05; 70,9), cerca de 7 anos a menos do que as nascidas vivas do sexo feminino ($e_0 = 77,35$, I.C 95 % 76,42; 78,21). De maneira geral, os ganhos de expectativa de vida entre 2010 e 2018 (considerando-se apenas as estimativas pontuais), são maiores para os homens. Alguns exemplos são Carapebus (+ 5,49 anos), Rio das Ostras (+ 4,76 anos), Casimiro de Abreu (+ 4,66 anos), Cabo Frio (+ 4,58 anos), Campos dos Goytacazes (+ 2,36 anos) e Macaé (+ 2,35 anos).

Campos é o município com as menores expectativas de vida para ambos os sexos nos dois períodos. No caso dos municípios menores, como Carapebus, é possível notar uma elevada variabilidade nas estimativas. Ao examinar os diferenciais entre 2010 e 2018, a um nível de confiança de 95 %, somente é possível estabelecer diferenças significativas nas expectativas de vida ao nascer nos municípios de Rio das Ostras e Cabo Frio e Campos dos Goytacazes.

Figura 6. Expectativas de vida da população masculina e feminina – municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos/RJ, Brasil (2010 e 2018).



Fonte: MS/SVS/CGIAE - Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM; IBGE, Censo Demográfico de 2010; Projeções populacionais municipais por sexo e idade calculadas por Freire et al. (2019).

Discussão e Conclusão

Estimativas de mortalidade são essenciais para apoiar o planejamento e o financiamento de serviços de saúde. Elas são ainda mais importantes para as pequenas áreas, que nem sempre possuem dados com qualidade adequada ou apresentam uma elevada instabilidade nas taxas de evento/exposição observadas, especialmente quando desagregadas por outros atributos demográficos, como idade e sexo.

Neste artigo, contribuímos com a literatura recente ao utilizarmos um método estatístico mais flexível que combina regressão de Poisson com um modelo relacional denominado TOPALS para estimar as taxas específicas de mortalidade dos municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos/RJ por idade e sexo nos anos 2010 e 2018. Em contraste com outros métodos alternativos de estimativa de mortalidade, a abordagem proposta por Gonzaga e Schmertmann (2016) e utilizada nesse estudo se baseia na utilização de dados desagregados por idade simples, não impõe um padrão específico de taxas de mortalidade por idade e permite o uso adequado dos casos em que há um baixo ou nenhum registro de óbitos em idades específicas.

O método TOPALS supera as limitações de outras técnicas de estimativa de mortalidade em pequenas áreas, como a padronização indireta, que utiliza o padrão de mortalidade de uma região ampla como referência para suas sub-regiões, assumindo homogeneidade - o que não é viável para a região estudada, conforme observado. Além disso, o método TOPALS integra uma variedade mais ampla de métodos de estimativa de mortalidade em pequenas áreas, que foram utilizados no estudo da mortalidade em diferentes regiões do mundo e América Latina.

Por exemplo, Sacco et al. (2021) utilizaram métodos de suavização, como a abordagem bayesiana, um método de tábuas de vida relacionais e uma aproximação indireta para estimar os níveis de mortalidade em uma região pampeana. Em outro estudo desenvolvido por Paredes e Silva (2017), os autores aplicaram o método de Swanson para estimar a esperança de vida a nível municipal e por marginalização sociodemográfica no México. Além disso, Alexander et al. (2017) estimaram a mortalidade em nível subnacional usando um modelo hierárquico bayesiano, aplicando-o tanto a dados simulados que imitam os condados dos EUA quanto a dados reais dos departamentos franceses. Outras aplicações do método TOPALS foram utilizadas para analisar as tendências temporais e espaciais da mortalidade adulta em pequenas áreas do Brasil entre 1980 e 2010 (Queiroz, Lima, et al., 2020).

Os achados deste trabalho corroboram a hipótese de que, embora os municípios da região sejam considerados como uma unidade urbana maior e demograficamente integrada, os diferentes níveis de urbanização, desenvolvimento e investimento público observados entre os municípios produtores de petróleo na Bacia de Campos podem imprimir níveis e padrões distintos de mortalidade por idade e sexo nas áreas menos populosas. Apesar da utilização de unidades espaciais mais agregadas (arranjos populacionais, por exemplo) ter o seu mérito reconhecido no estudo da mortalidade na região, o peso desproporcional atribuído aos municípios-núcleo, em razão do seu porte populacional, pode esconder tendências que se estabelecem nos municípios menores que também pertencem a esses arranjos populacionais. O presente trabalho supera essa limitação.

Os resultados apontam para diferenças substanciais nos níveis e padrões de mortalidade entre os municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos. Mesmo entre os próprios municípios-núcleo dos arranjos populacionais, como Campos dos Goytacazes e Macaé, existem diferenças no risco de morte nos dois períodos analisados e que diferem entre homens e mulheres. De maneira geral, os homens com idade por volta dos 20 anos

que vivem em municípios menos populosos, apresentam menores riscos de morte que aqueles residentes em Macaé ou Campos dos Goytacazes, por exemplo. Por outro lado, o resultado encontrado para as mulheres é mais ambíguo. Apesar das mulheres jovens residentes em Carapebus ou Rio das Ostras apresentarem certa vantagem na mortalidade em relação àquelas que vivem em Macaé (município central), os resultados apresentam considerável variação entre as idades e entre os dois anos analisados.

No que diz respeito aos diferenciais de mortalidade por sexo, os resultados deste estudo confirmam a desvantagem da mortalidade para os homens em todos os municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos. Essa desvantagem na mortalidade, representada pela razão de sexo entre as taxas específicas de mortalidade, se estende para praticamente todas as idades. A desvantagem masculina na mortalidade entre os municípios da Bacia de Campos converge com os achados de Moraes et al. (2023), que investigaram o impacto das mortes por causas externas na expectativa de vida ao nascer na região, assim como também dialoga com outros trabalhos focados em localidades específicas como o município de São Paulo (Siviero, Souza, & Machado, 2019) ou em municípios do Sul de Minas Gerais (Souza & Siviero, 2015).

O maior diferencial é encontrado nas idades mais jovens. Por exemplo, no município de Macaé em 2018, por exemplo, o risco de morrer experimentado pelos homens com 20 anos foi 8,89 vezes o das mulheres. A sobremortalidade masculina se encontra entre a população abaixo de 25 anos não somente em Macaé como também nos demais municípios. Trata-se de um comportamento possivelmente associado às mortes por causas externas, especialmente homicídios e violências, que atingem prioritariamente os homens jovens e adultos (Matos & Martins, 2013). A estrutura do diferencial por idade se mantém semelhante entre os dois períodos analisados em alguns municípios, como Campos dos Goytacazes. Por outro lado, outros municípios, como Arraial do Cabo, demonstram discretas mudanças na estrutura, com um deslocamento do pico para a direita, em idades um pouco mais avançadas.

Limitações do estudo

A regressão TOPALS representa um avanço potencial para estimativa de mortalidade desagregada por idade e sexo em pequenas áreas com registro incompleto de óbitos e que requerem ajustes de subregistro, como é o caso dos municípios circunscritos na Bacia de Campos. No entanto, reconhecemos também a existência de algumas limitações inerentes a esse estudo

e ao método utilizado. O método TOPALS, sendo explicitamente estatístico, naturalmente enfatiza a incerteza dos resultados. Ele apresenta certas limitações na interpretação dos indicadores sintéticos, como a expectativa de vida e as taxas padronizadas de mortalidade. Em alguns municípios, especialmente os menos populosos, observam-se intervalos de confiança amplos, dificultando a precisão e confiabilidade das estimativas. Estes intervalos podem ser muito maiores do que as diferenças entre as estimativas locais pontuais, o que torna difícil detectar mudanças significativas ou pequenas variações entre os períodos analisados. Além disso, em casos de escassez de dados de mortalidade ou população, as estimativas podem se tornar menos precisas e mais sensíveis a flutuações aleatórias.

As estimativas fornecidas pelo método TOPALS requerem ajustes para o subregistro de óbitos, em caso de aplicações para países e /ou localidades com evidência de dados de mortalidade de menor qualidade. No entanto, esse problema não aparenta ser tão grave para a região aqui estudada, dado que as estimativas fornecidas por Queiroz et al. (2020) até 2010 já indicavam um grau de cobertura bem elevado para todas as microrregiões do sudeste, exceto algumas partes de Minas Gerais. Usando um outro tipo de método, os autores chegaram em resultados parecidos com os DDM em 2010 e depois aplicaram para 2019, cujos registros também se demonstraram muito elevados.

Outro ponto que merece atenção é a utilização das estimativas populacionais de 2018 para o cálculo das taxas de mortalidade. Ao utilizarmos as populações anuais estimadas pelo IBGE, é possível a existência de erros nas estimativas das taxas específicas de mortalidade e que pode tanto superestimar como subestimá-las, caso as populações recenseadas sejam maiores ou menores do que as estimadas. Não temos elementos suficientes para inferir se um erro neutraliza o outro a ponto de não impactar nas taxas preditas. Estes erros poderão ser contornados após a divulgação dos dados do Censo Demográfico de 2022. Além disso, os óbitos e a população do período em análise podem ser impactados pelo fluxo migratório. Não sabemos se quem imigrou para essas cidades é mais ou menos saudável e como isso poderia impactar os resultados.

Embora reconheçamos a importância de considerar o possível impacto da pandemia de COVID-19 na expectativa de vida dos municípios estudados, é crucial ser cauteloso ao generalizar os resultados para períodos além daqueles contemplados neste estudo (2009-2011 e 2017-2019), especialmente durante a pandemia, pois ela pode ter influenciado a esperança de

vida da população na região estudada. Nesse sentido, é importante ressaltar que esses resultados podem não refletir necessariamente o impacto mais amplo da pandemia na expectativa de vida em anos subsequentes.

Agenda de Pesquisa

Este estudo pode iluminar novas discussões sobre os gradientes de mortalidade nos municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos ao fornecer informações sobre o nível e o padrão da mortalidade por idade e sexo nesses municípios. Algumas questões permanecem em aberto e devem ser abordadas em trabalhos futuros. Uma delas é examinar a contribuição dos diversos segmentos de idade e das principais causas de óbito na variação das taxas de mortalidade observadas nesses municípios por meio de métodos apropriados de decomposição. Também é importante investigar outras medidas de desigualdades, que podem ser derivadas das tabelas de sobrevivência estimadas, como por exemplo a variabilidade à idade à morte nos municípios da região e a contribuição das causas de morte para entender os diferenciais entre as regiões e sexo.

Esses resultados podem orientar as autoridades locais na adoção de medidas mais eficazes para melhorar as condições de vida e saúde da população. Além disso, o conhecimento obtido pode ser utilizado para aprimorar políticas nacionais e locais de saúde e torná-las mais equitativas e inclusivas. São temas que merecem atenção em trabalhos futuros e que requerem métodos de pesquisa alternativos que ultrapassem as limitações inerentes às bases de dados atualmente disponíveis no Brasil para pesquisas dessa natureza.

Referências

- Alexander, M., Zagheni, E., & Barbieri, M. (2017). A Flexible Bayesian Model for Estimating Subnational Mortality. *Demography*, 54(6). <https://doi.org/10.1007/s13524-017-0618-7>
- ANP. Agência Nacional de Petróleo. (2023). *Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural*. Produção de petróleo e gás natural por bacia. <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/boletins/arquivos-bmppgn/2023/boletim-janeiro.pdf>
- Aragon, T. J. (2020). *epitools: Epidemiology Tools*. <https://cran.r-project.org/package=epitools>

- Carmo, E. H., Barreto, M. L., & Silva Jr., J. B. da. (2003). Mudanças nos padrões de morbimortalidade da população brasileira: os desafios para um novo século. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 12(2), 63-75. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742003000200002>
- Cruz, J. L., & Terra, D. C. T. (2020). Petróleo e porto no norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil. *EURE (Santiago)*, 46(139), 189-208. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612020000300189>
- de Beer, J. (2012). Smoothing and projecting age-specific probabilities of death by TOPALS. *Demographic Research*, 27, 543-592. <https://doi.org/10.4054/DemRes.2012.27.20>
- de Boor, C. (2001). *A Practical Guide to Splines*. New York: Springer.
- Fay, M. P., & Feuer, E. J. (1997). Confidence Intervals for Directly Standardized Rates: a Method Based on the Gamma Distribution. *Statistics in Medicine*, 16(7), 791-801. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0258\(19970415\)16:7<791::aid-sim500>3.3.co;2-r](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0258(19970415)16:7<791::aid-sim500>3.3.co;2-r)
- Freire, F. H. M. de A., Gonzaga, M. R., & Gomes, M. M. F. (2019). Projeções populacionais por sexo e idade para pequenas áreas no Brasil. *Revista Latinoamericana de Población*, 14(26), 124-149. <https://doi.org/10.31406/relap2020.v14.i1.n26.6>
- Gonzaga, M. R., & Schmertmann, C. P. (2016). Estimating age-and sex-specific mortality rates for small areas with topals regression: An application to Brazil in 2010. *Revista Brasileira de Estudos de População*, 33(3), 629-652. <https://doi.org/10.20947/S0102-30982016c0009>
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2015). *Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas no Brasil* (2nd ed), Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.
- Matos, K. F., & Martins, C. B. de G. (2013). Mortalidade por causas externas em crianças, adolescentes e jovens: uma revisão bibliográfica. *Revista Espaço Para a Saúde*, 14(1/2), 82-93. <https://doi.org/10.22421/15177130-2013v14n1/2p82>
- Moraes, M. X. (2023). *Desenvolvimento da região Norte Fluminense e a mortalidade por causas Externas*. Universidade Estadual do Norte Fluminense.
- Moraes, M. X., Souza, J. de, & Passarelli-Araujo, H. (2023). O impacto da mortalidade por causas externas na esperança de vida dos municípios produtores de petróleo da Bacia de Campos/RJ. *Revista Brasileira de Estudos Da População*, 40, 1-24. <http://dx.doi.org/10.20947/S0102-3098a0248>

- Paredes, I., & Silva, E. (2017). Estimación de la esperanza de vida a nivel municipal y por marginación sociodemográfica: una aplicación del método de Swanson para el caso de México, 2010. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 32(1), 97-129.
- Passarelli-Araujo, H., & Souza, J. de. (2020). Movimentos pendulares e integração regional no leste fluminense. *Revista Brasileira de Estudos de População*, 37, 1-23. <https://doi.org/10.20947/s0102-3098a0126>
- Passarelli-Araujo, H., Souza, J. De, & Terra, D. C. T. (2021). Migrações internas e mobilidade pendular: uma análise sobre os processos recentes de crescimento populacional e integração regional no leste fluminense. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 13, 1-15. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20210130>
- Piquet, R. (2003). Norte Fluminense: mudanças e incertezas na era do petróleo. *II Seminário Internacional Sobre Desenvolvimento Regional*, 1-24.
- Pletcher, S. D. (1999). Model fitting and hypothesis testing for age-specific mortality data. *Journal of Evolutionary Biology*, 12(3), 430-439. <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.1999.00058.x>
- Preston, S. H., Heuveline, P., & Guillot, M. (2001). *Demography: measuring and modeling population process*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Queiroz, B. L., Gonzaga, M. R., Vasconcelos, A. M. N., Lopes, B. T., & Abreu, D. M. X. (2020). Comparative analysis of completeness of death registration, adult mortality and life expectancy at birth in Brazil at the subnational level. *Population Health Metrics*, 18(Suppl 1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12963-020-00213-4>
- Queiroz, B. L., Lima, E. C., Freire, F. H., & Gonzaga, M. R. (2013). Adult mortality estimates for small areas in Brazil, 1980–2010: a methodological approach. *The Lancet*, 381, S120. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(13\)61374-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(13)61374-4)
- Queiroz, B. L., Lima, E. E. C., Freire, F. H. M. A., & Gonzaga, M. R. (2020). Temporal and spatial trends of adult mortality in small areas of Brazil, 1980–2010. *Genus*, 76(1). <https://doi.org/10.1186/s41118-020-00105-3>
- Rau, R., & Schmertmann, C. P. (2020). District-Level Life Expectancy in Germany. *Deutsches Ärzteblatt International*, 117(29-30), 493-499. <https://doi.org/10.3238/ARZTEBL.2020.0493>
- R Core Team. (2023). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. <https://www.r-project.org/>

- Riggan, W. B., Manton, K. G., Creason, J. P., Woodbury, M. A., & Stallard, E. (1991). Assessment of spatial variation of risks in small populations. *Environmental Health Perspectives*, 96, 223-238. <https://doi.org/10.1289/ehp.9196223>
- Rua, J., Agueda, B. C., & De Simoni, J. C. (2021). Urbanidade, Urbanidades no Rural e Multidimensionalidade do Espaço: Tecendo algumas Reflexões sobre as Relações Urbano-Rurais. *Espaço Aberto*, 11(1), 153-170. <https://doi.org/10.36403/espacoaberto.2021.42242>
- Sacco, N., Williams, I., & L. Queiroz, B. (2021). Estimaciones de esperanza de vida al nacer en áreas menores de la región pampeana. *Revista Brasileira de Estudos de População*, 38, 1-41. <https://doi.org/10.20947/s0102-3098a0160>
- Schmertmann, C. P., & Gonzaga, M. R. (2018). Bayesian Estimation of Age-Specific Mortality and Life Expectancy for Small Areas With Defective Vital Records. *Demography*, 55(4), 1363-1388. <https://doi.org/10.1007/s13524-018-0695-2>
- Silva, E., Guerrero, V. M., Jacinto Cruz, Y., & Soler, E. R. (2022). CSmoothing: a web-tool for controlled smoothing by segments of mortality data. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 1-15. <https://doi.org/10.1080/03610918.2022.2154794>
- Siviero, P. C. L., Souza, L. G., & Machado, C. J. (2019). Diferenciais de mortalidade por sexo no município de São Paulo em 2005 e 2016: contribuição dos grupos etários e das principais causas de óbito. *Revista Brasileira de Estudos de População*, 36(1), 1-23. <https://doi.org/10.20947/s0102-3098a0099>
- Souza, J., & Terra, D. C. T. (2020). Migrações, pendularidades e mercado de trabalho no segmento upstream da indústria do petróleo na bacia de campos. *Eure*, 46(137), 157-180. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612020000100157>
- Souza, L. G., & Siviero, P. C. L. (2015). Diferenciais de mortalidade entre homens e mulheres: Sul de Minas Gerais, 2002 e 2012. *Cadernos Saúde Coletiva*, 23(1), 25-31. <https://doi.org/10.1590/1414-462x201500010005>
- Stephens, A. S., Purdie, S., Yang, B., & Moore, H. (2013). Life expectancy estimation in small administrative areas with non-uniform population sizes: Application to Australian New South Wales local government areas. *BMJ Open*, 3(12), 1-7. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-003710>

- Terra, D. C. T., & Azevedo, N. L. de. (2019). Limites e Possibilidades da construção de Arranjos político-institucionais de cooperação intermunicipal na Bacia de Campos. In S. R. de A. Silva & M. R. de Carvalho (Eds.), *Macaé, do caos ao conhecimento: olhares acadêmicos sobre o cenário de crise econômica* (pp. 459-502). Macaé: Prefeitura Municipal de Macaé.
- Terra, D. C. T., & Souza, J. de. (2017). A importância da mobilidade populacional para a acumulação capitalista no setor do petróleo e gás da Bacia de Campos (RJ). In G. J. Marafon & M. A. Ribeiro (Eds.), *Revisitando o Território Fluminense: Vol. VI* (pp. 327-351). <https://doi.org/10.7476/9788575114575.19>