



GRADUAÇÃO DE TÁBUA DE MORTALIDADE PARA O ESPÍRITO SANTO

Fabiano Luiz Alves Barros
Instituto Federal do Espírito Santo (IFES). E-mail: fabianowar@hotmail.com

Guilherme Guilhermino Neto
Instituto Federal do Espírito Santo (IFES). E-mail: guilherme.neto@ifes.edu.br

1 PROBLEMA DE PESQUISA

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2023a), a expectativa de vida da população brasileira passou de 45,5 anos em 1940 para 75,5 anos em 2022. Neste sentido, o aumento da longevidade populacional aliado ao crescimento de despesas previdenciárias, tem impulsionado estudos¹ sobre a estrutura da mortalidade, no qual conferem significância às teorias demográficas e a dinâmica dos comportamentos populacionais.

No campo previdenciário, é possível estabelecer uma relação entre o custo estimado dos benefícios de aposentadoria e as probabilidades de ocorrência de óbitos. Quanto menores forem as taxas de mortalidade, maior tenderá a ser a expectativa de vida do beneficiário, impactando diretamente nos compromissos previdenciários. Portanto, é fundamental que as taxas de mortalidade estejam alinhadas com a experiência demográfica da região em que se deseja pesquisar.

Segundo IBGE (2023b), a tábua de mortalidade pode ser definida como um modelo que busca descrever a ocorrência de mortalidade entre diferentes idades ao longo do tempo para uma determinada população. Desse modo, são necessários acompanhamento dos nascimentos, por meio de registro, bem como o número de sobreviventes às idades exatas.

Conforme destacado por Preston (2001), a tábua de mortalidade é um instrumento fundamental que possui informações cruciais sobre a dinâmica da mortalidade. Tradicionalmente, a primeira coluna desta tabela refere-se à idade (em anos), enquanto que as demais colunas fornecem dados diversos relacionados à mortalidade, abrangendo desde o número de indivíduos sobreviventes em faixas etárias ou específicas até taxas de mortalidade por idade e óbitos registrados em intervalos demográficos determinados. Conhecida igualmente

¹ Trabalhos de Bravo(2007); De Castro(1997); Wilbert et al. (2013); Ribeiro et al.(2007) e Foz(2021) abordam questões sobre a mortalidade em seus diferentes aspectos.



como tábua de vida na literatura especializada, essa ferramenta é essencial para modelar e compreender os padrões de mortalidade.

Há diversas tábuas de mortalidade, cada uma delas possuem características da população pesquisada. Conforme Ribeiro, Reis e Barbosa (2013), não há consenso sobre qual tábua de mortalidade é mais adequada, pois ocorrem variações no nível e na estrutura da mortalidade ao longo do tempo, bem como entre diferentes grupos populacionais². Além disso, também existem diferenças em nível regional, pois o acesso à água e ao tratamento de esgoto, podem ser, por exemplo, algumas das variáveis que podem afetar a estimação da tábua de mortalidade em determinada região.

Um aspecto relevante é a construção de uma tabela de mortalidade com base nas taxas brutas de mortalidade para cada faixa etária de uma população exposta ao risco³. No entanto, as taxas brutas muitas vezes apresentam um comportamento irregular, sem a devida suavidade e monotonicidade⁴ esperadas com o avançar das idades (BRAGA *et al*, 2019; CAVALCANTE & REINALDO, 2020).

Para contornar essa questão, é comum suavizar as taxas brutas de mortalidade, mantendo a monotonicidade e evitando aumentos abruptos. Esse processo é conhecido como gradação de taxas brutas de mortalidade, pois extrai as probabilidades de morte da população com mais exatidão (BRAGA *et al*, 2019; CAVALCANTE & REINALDO, 2020).

Além disso, outro ponto que merece destaque é taxa de fecundidade brasileira que segundo Carvalho e Garcia (2003), apresentou queda de 5,8 filhos em 1970 para aproximadamente 2,3 filhos por mulher em 2000. Sendo assim, essa taxa aproximou-se consideravelmente do nível de reposição, a qual é necessária para manter a população estável a longo prazo com o objetivo de repor da força de trabalho (ALBUQUERQUE, 2005).

Com base no Censo de 2022, o Espírito Santo abriga uma população total de 3.833.712 pessoas, destacando-se 631.398 idosos com 60 anos ou mais. Isso representa um aumento

² Há uma infinidade de tábuas de mortalidade, cada país tende a usar sua própria tábua. Por exemplo, no Brasil se usou uma tábua americana chamada AT-2000, essa tábua considerou a população dos Estados Unidos para o ano de 2000, ou seja, utilizou especificidades da população americana.

³ A população exposta ao risco diz respeito à quantidade de pessoas que fazem parte daquela idade estudada.

⁴ A suavidade de uma função está relacionada ao comportamento da função, isto é, não possui sobressaltos extremos ao longo da série, ao passo que a monotonicidade faz referência ao comportamento em relação ao seu crescimento ou decréscimo.



significativo em comparação com o Censo 2010, quando o número de idosos era de 364.745 (BARBOSA, 2024).

Entre as décadas de 1940 e 1980, observou-se uma elevada taxa de fecundidade, atingindo seu ápice na década de 1960, com 7,6 filhos por mulher. A partir de 1990, essa taxa começou a declinar gradualmente, chegando a 1,8 em 2010 (BARBOSA, 2024).

O Estado do Espírito Santo apresenta características que diferem dos demais Estados, principalmente com relação à expectativa de vida das pessoas, pois apresentou um valor de 79,8 anos em 2022 (IJSN, 2024). Neste sentido, o objetivo deste estudo visa graduar e apresentar tabelas de mortalidade para a população do Estado do Espírito Santo por meio de modelos bayesianos, uma vez que possui características distintas relacionadas ao envelhecimento e a expectativa de vida das pessoas. A abordagem bayesiana oferece uma inferência mais detalhada e também vantagem em relação aos modelos frequentistas⁵, uma vez que não se faz inferência estatística dos parâmetros (PAULINO *et al*, 2018). A análise da mortalidade é fundamental para entender padrões demográficos, planejar políticas públicas e calcular reservas para seguros e pensões. Neste estudo, propõe-se a estimação de uma tábua de mortalidade para o Espírito Santo, utilizando o método bayesiano, pois apresenta características demográficas e de saúde distintas, justificando a necessidade de uma tábua de mortalidade específica para a região.

2 PROCESSOS METODOLÓGICOS/MATERIAIS E MÉTODOS

Para Filho (2000), as tábuas de mortalidade servem para a compreensão da mortalidade de uma população, ao medir as probabilidades de vida e morte em diferentes faixas etárias. Fígoli (1998) menciona que, embora existam vários métodos para projetar a mortalidade, a projeção da esperança de vida pode não ser a melhor forma de prever a mortalidade, especialmente quando as taxas de mortalidade estão sofrendo de eventos atípicos.

Segundo Carvalho *et. al* (1998), às funções de mortalidade e a idade exata são fundamentais para a construção das tábuas de mortalidade. Essas funções, calculadas em intervalos específicos, fornecem informações cruciais sobre a expectativa de vida e a probabilidade de sobrevivência em diferentes idades.

⁵ Modelos frequentistas são aqueles que buscam mensurar a média, a variância e o desvio padrão de uma população desconhecida por meio das frequências relativas dos eventos, isto é, são probabilidades de um evento ocorrer dado uma série de experimentos idênticos.



Porém, cabe destacar que o trabalho estimou a expectativa de vida a uma determinada idade e para calcular a tábua de mortalidade são necessárias as seguintes funções:

1. nMx (Taxas específicas de mortalidade observadas): Representa a proporção de óbitos em relação à população exposta ao risco durante um intervalo de idade específico.
2. nax (Tempo médio vivido por aqueles que morreram entre x e $x + n$): Indica a média de tempo de vida dos indivíduos que faleceram dentro de uma faixa etária, essencial para avaliar a quantidade de indivíduos vivos.
3. nqx (Probabilidade de um indivíduo de exata idade x morrer antes de completar $x + n$ anos): Expressa a probabilidade de um indivíduo em uma idade específica não sobreviver até a próxima faixa etária.
4. np_x (Probabilidade de um indivíduo de idade exata x sobreviver à exata idade $x + n$): Representa a probabilidade de um indivíduo sobreviver de uma idade específica até a próxima.
5. xLn (Tempo a ser vivido pelos sobreviventes da coorte entre x e $x + n$): Calcula o tempo médio de vida restante para os sobreviventes de uma determinada coorte, auxiliando na compreensão da expectativa de vida.

Por outro lado, as funções de sobrevivência a partir da idade exata são essenciais para compreender a dinâmica populacional e a expectativa de vida. Vamos explorar cada uma dessas funções em detalhes:

1. I_0 (Número inicial de sobreviventes): Representa o tamanho inicial da coorte⁶, usualmente 100.000 indivíduos, permitindo acompanhar a sobrevivência em diferentes idades.
2. I_x (Número de sobreviventes após mortalidade): Reflete os sobreviventes em uma idade específica, considerando as taxas de mortalidade, sendo crucial para calcular a probabilidade de vida.
3. T_x (Tempo médio de vida restante): Indica o tempo restante para os indivíduos que atingiram certa idade, fundamental para políticas de saúde e previdência.
4. e_x (Expectativa de vida): Estima os anos médios a serem vividos a partir de uma idade específica, calculada somando os tempos de vida restantes para cada idade subsequente.

⁶ Coorte significa uma quantidade de indivíduos (grupo) que são observados ou estudados ao longo do tempo com o objetivo de entender como a população se comporta.



2.1 Graduação de tábua de mortalidade

A tábua de mortalidade pode ser construída a partir da experiência de uma determinada população exposta ao risco. Inicialmente, calculam-se as taxas brutas de mortalidade para todas as idades dessa população (PIROLLO, 2010). Essas taxas são construídas considerando o período de um ano dividindo o número de mortes nesse período pela quantidade central de indivíduos expostos ao risco, levando em conta a idade e o sexo (NEVES, 2005).

O comportamento esperado para a taxa de mortalidade é que siga um padrão regular, isto é, um indivíduo mais velho tende a apresentar uma taxa de mortalidade superior à de um indivíduo mais jovem, pois à medida que vamos envelhecendo há uma tendência a aumentar a necessidade de utilização de serviços médicos. Devido ao comportamento das taxas brutas de mortalidade torna-se necessário suavizá-las (NEVES & MIGON, 2006).

Segundo Pirollo (2010), o comportamento das taxas brutas de mortalidade calculadas pode apresentar inconsistências, indicando falta de suavidade e monotonicidade crescente em relação à idade. Para corrigir esse comportamento, emprega-se o processo de graduação das taxas brutas de mortalidade, que evita variações abruptas nas taxas e mantém a monotonicidade.

Esse processo de graduação resulta nas probabilidades de morte (q_x) para cada faixa etária da população, que compõem a tábua de mortalidade.

2.2 Método Bayesiano

A estatística clássica se baseia em pressupostos que asseguram a validade das observações da amostra. Estes pressupostos incluem a aleatoriedade das amostras, ou seja, sua independência condicional, e a representação no espaço de parâmetros como as densidades marginais das variáveis (PAULINO et al, 2018).

O método bayesiano, no entanto, é uma abordagem poderosa para a análise estatística, pois se baseia no teorema de Bayes para atualizar crenças sobre um parâmetro desconhecido à luz dos dados observados. Ele oferece uma estrutura unificada para a inferência estatística, incorporando informações *a priori* e *a posteriori* de forma coerente. Segundo Paulino *et. al* (2018), a probabilidade pode ser definida como o grau de confiança em uma dada proposição, em que não se sabe se é verdadeira ou falsa. Neste sentido, é a probabilidade de determinado evento ocorrer, dado um evento que pode estar relacionado à ocorrência dele.

Para Gamermann (1996), o principal problema da estatística frequentista está centrado no fato dos parâmetros, não observável (θ), com valores possíveis dentro do espaço-parâmetro



(Ω) , em que o (θ) pode assumir diferentes formas, que podem ser escalar, um vetor, uma matriz e a (η) a informação inicial disponível.

Ainda segundo o autor, pode-se resumir a informação inicial em uma probabilidade $p(\theta|x, \eta)$. Neste sentido, se a informação disposta em (θ) estará completa se (η) for suficientemente informativo. Desse modo, pode-se denotar a probabilidade e as suas densidades da seguinte maneira:

$$p(x, \eta) = \frac{p(x, \theta|\eta)}{p(x|\eta)} = \frac{p(\eta)p(\theta|\eta)}{p(x|\eta)} \quad (1)$$

em que:

$$p(\eta) = \int_{\theta}^{\eta} p(\eta) d\theta \quad (2)$$

O teorema de Bayes pode ser sintetizado na equação 1, já que ela fornece atualização sobre o estado de probabilidade do parâmetro (θ) , isto é, capta as informações iniciais atribuindo-lhe uma probabilidade por meio da distribuição *a priori* se obtém $p(\theta|x)$ gerando assim a distribuição *a posteriori*.

No contexto da estimação da tabela de mortalidade para o Espírito Santo, a abordagem bayesiana oferece vantagens significativas. A incorporação de informações prévias sobre a mortalidade na região pode melhorar as estimativas, especialmente para as questões de inferência local. Além disso, a flexibilidade do método bayesiano permite a modelagem de diferentes fontes de incerteza e a atualização contínua das estimativas à medida que mais dados são disponibilizados.

2.3 Mortalidade tipo Gompertz e Mahekan

O modelo de Gompertz descreve a taxa de mortalidade em uma população como uma função exponencial da idade, isto significa que um aumento exponencial da mortalidade é impactada diretamente com o avanço da idade. Esse modelo é útil para descrever o padrão geral de mortalidade em uma população, especialmente em idades mais avançadas, mas não leva em consideração variações constantes na mortalidade em diferentes idades.

Por outro lado, o modelo de Makeham estende o modelo de Gompertz adicionando um componente constante à taxa de mortalidade, o que leva em conta uma mortalidade básica que não varia com a idade. Essa adição é especialmente útil em situações em que há uma mortalidade constante independentemente da idade, como em casos de acidentes ou doenças específicas que afetam a população de forma uniforme. Dessa forma, o modelo de Makeham é

mais flexível e capaz de descrever variações mais complexas na mortalidade ao longo das diferentes faixas etárias.

Característica	Gompertz	Makeham
Equação	$\mu(x) = \alpha \cdot e^{bx}$	$\mu(x) = \alpha \cdot e^{bx} + c$
Termos	a e b são parâmetros	a, b e c são parâmetros
Interpretação	a é o parâmetro de nível de mortalidade	a é o parâmetro de nível de mortalidade, b é parâmetro da variação da mortalidade com a idade, c é parâmetro de componente constante
Aplicação	Amplamente usado em estudos sobre a mortalidade	Amplamente utilizado em estudos sobre a mortalidade, porém com a adição de uma mortalidade constante
Exemplos	Estudos atuariais e demográficos	Estudos atuariais e demográficos

Quadro 1 – Diferenças entre os modelos de Gompertz e Makeham
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Ambos os modelos são utilizados em estimativas de tábuas de mortalidade, uma vez que o modelo de Gompertz descreve a mortalidade no caso geral, ou seja, mostra como a taxa de mortalidade varia com a idade, enquanto que Makeham coloca um componente adicional(c), o que tende a captar de forma mais acertada a mortalidade entre as idades.

2.4 Modelo baseado na tábua de mortalidade bayesiana

Partindo do pressuposto de um modelo que segue a taxa de mortalidade tipo Makeham, o modelo segue os pressupostos apresentados anteriormente, porém com alteração na função de verossimilhança⁷, conforme Cavalcante e Reinaldo (2020), como pode ser visto abaixo:

$$l(\delta_i) \propto \prod_{i=1}^T \prod_{t=1}^{\infty} x_i^{d_{i,t}} \exp(-e_{i,t} \delta_i) \quad (3)$$

Considerando a equação acima tem-se que x_i é a mortalidade para a classe i , e T o número de observações com $e_{i,t}$ da classe de pessoas vivas nas idades(i) e no período(t), δ_i quantidade de pessoas que morreram nas idades(i) e no período(t).

Neste sentido, pode-se definir o modelo da seguinte maneira:

⁷ A função verossimilhança indica o quanto os dados podem explicar dos dados observados, ou seja, mede o grau de “aderência” dos dados ao conjunto de parâmetros.



$$x_{i,t}|\delta_i \sim \text{Poisson}(\lambda_{i,t}), \lambda_i = e_{i,t}\delta_i, \text{ com } e_{i,t} \text{ conhecidos} \quad (4)$$

$$\log \log(\lambda_{i,t}) = \log \log(e_{i,t}) + \log \log(\alpha + \beta c^{Z_i}); \quad (5)$$

$$\delta_i = \alpha + \beta c^{Z_i}; \quad (6)$$

$$\alpha \sim \text{Normal}(0; 1000)I_{(0,\infty)}(\alpha); \quad (7)$$

$$\beta \sim \text{Normal}(0; 1000)I_{(0,\infty)}(\beta); \quad (8)$$

$$C \sim \text{Normal}(0; 1000)I_{(0,\infty)}(C) \quad (9)$$

Considerando a distribuição de Poisson, tem-se:

$$x_{i,t}|\delta_i \sim \text{Poisson}(e_{i,t}, \delta_i); \quad (10)$$

$$\delta_{i,T+1} = \frac{\sum_{t=1}^T x_{i,t}^r}{\sum_{t=1}^T e_{i,t}} \quad (11)$$

2.5 BASE DE DADOS

O trabalho foi realizado com dados referentes aos óbitos no ano de 2022, No Estado do Espírito Santo, agrupados por idade e estratificados por sexo. Estes dados foram extraídos no site do DATASUS e selecionados os óbitos por ocorrência, bem como o quantitativo populacional extraído pelo Censo de 2022 compondo assim a quantidade de 21 classes de dados dividido por faixa de idade. O Estado engloba 78 municípios contendo dados de óbitos de todos estes entes. Além disso, o trabalho utiliza o programa R e o pacote *BayesMortalityPlus*.

3 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando as estatísticas básicas para a população feminina e masculina do Espírito Santo, verifica-se que o contingente populacional feminino possui uma maior quantidade de pessoas com média de 93.507 conforme Tabela 1, enquanto que a população masculina possui uma média de 89.051, conforme Tabela 2. Neste sentido, pode-se inferir que a população feminina indica uma longevidade maior.

Min.	1 Quar.	Mediana	Média	3 Quar.	Max.
478	39241	118586	93507	134083	161363

Tabela 1: Estatística básica contingentes populacionais feminino - Espírito Santo em 2022

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Min.	1 Quar.	Mediana	Média	3 Quar.	Max.
200	30829	116889	89051	130241	154033

Tabela 2: Estatística básica contingentes populacionais masculino - Espírito Santo em 2022
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A Tabela 3(apêndices) contém a quantidade central de expostos ao risco, para isso foi considerada a quantidade populacional dividida por sexo e por faixa de idade para o ano de 2022. Tal população, refere-se aos dados disponibilizados pelo Censo Populacional de 2022.

Tendo por base estes pressupostos foram calculados a probabilidade de morte (q_x), o qual é a representação do indivíduo com idade x sobreviver até a idade $x+1$. As taxas de mortalidade bayesiana tiveram um comportamento próximo das taxas específicas de mortalidade, porém para a população feminina observa-se um melhor ajuste aos dados estimados quando comparada à população masculina (Figura 1 - apêndices), considerando as faixas de idades no eixo x e probabilidade morte(q_x) no eixo y , para a população masculina observa-se que o padrão de ajuste às taxas específicas de mortalidade, contém uma quebra mais acentuada entre as faixas iniciais (Figura 2 - apêndices). Cabe destacar que as idades demonstradas no gráfico de 2 corresponde às faixas de idade que foram divididas em 21 *cross-section*.

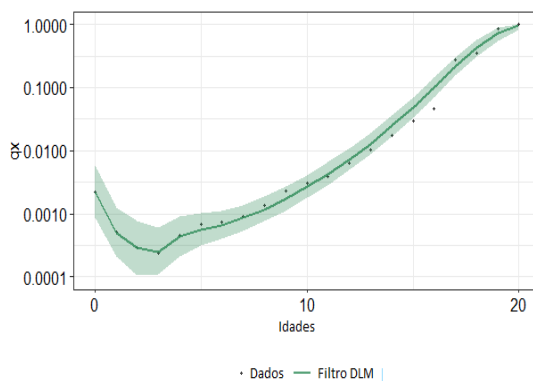


Figura 3 – Estimação da probabilidade de morte(q_x) para a população masculina do Espírito Santo (2022)

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

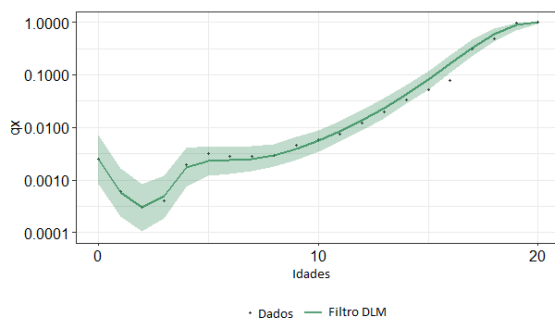




Figura 4 – Estimação da probabilidade de morte(q_x) para a população feminina do Espírito Santo (2022)

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Ademais, as Figuras 3 e 4(apêndices) demonstram que o envelhecimento da população é cada vez maior e com uma expectativa de vida bem acentuada, tendo em vista que a probabilidade de morte tende a crescer quanto maior for a idade da pessoa.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve por objetivo investigar os níveis de mortalidade para o Espírito Santo, uma vez que cada estado possui características diferenciadas para a população em estudo. Além disso, cabe destacar, que o número de pessoas idosas no Espírito Santo é considerável e observou-se um crescimento desta mesma população considerando o Censo de 2010 e de 2022 (GOVERNO ES, 2024⁸).

A partir dos dados observa-se que há uma adequação para os dados estimados em relação aos observados, além disso, pode-se investigar modificações da tábua de mortalidade para a população exposta ao risco, já que a diferença pode ser significativa e com intenso desvio da população observada. Pela estimação da tábua de mortalidade tem-se que a população mais idosa possui uma probabilidade cada vez maior de vida, tanto por mudanças de acesso à saúde, quanto por mudanças no acesso às informações de saúde, saneamento e políticas públicas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Guilherme Guilhermino pela excelente orientação, assim como também aos demais professores do programa, pois tive acesso às mais diferentes metodologias de análise de dados. Agradeço ao Jeferson Almeida pela dica nos códigos em python, assim como também ao Antônio Patrício pela sua visão de trabalho nas mais diversas situações.

DECLARAÇÃO DE USO DE TECNOLOGIAS AUXILIADAS POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Para a elaboração do trabalho utilizou-se o CHATGPT na revisão do texto, com o objetivo de torná-lo mais fluído e com correções ortográficas.

⁸ Disponível em: <https://www.es.gov.br/Noticia/espírito-santo-registra-aumento-de-70-na-populacao-idosa-entre-2010-e-2022>.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Sandra Márcia Ribeiro Lins de. **Envelhecimento ativo: desafio dos serviços de saúde para a melhoria da qualidade de vida dos idosos**. Universidade de São Paulo(USP). Tese de doutorado, 2005. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5160/tde-22092005-125548/publico/SandraMarciaRibeiroLinsAlbuquerque.pdf> Acesso em: 19 de maio de 2024.

BARBOSA, I.B.M. Panorama do Idoso no Espírito Santo. **Instituto Jones dos Santos Neves**. Disponível em: <https://ijsn.es.gov.br/publicacoes/cadernos/panorama-do-idoso>. Acesso em 19 de maio de 2024.

BRAGA, F.; QUERINO, F. F.; GOMES, R. S.; CALEGARIO, C. L. L. Tábua de Mortalidade da Macrorregião do Sul de Minas Gerais: Uma Abordagem Bayesiana. In: **International Conference in Accounting**, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://congressousp.fipecafi.org/anais/19UsplInternational/ArtigosDownload/1371.pdf>. Acesso em 12 de abril de 2024.

BRAVO, J. M. **Tábuas de mortalidade contemporâneas e prospectivas: Modelos estocásticos, aplicações actuariais e cobertura do risco de longevidade**. Universidade de Évora. Tese de doutorado, 2007. Disponível em: https://home.uevora.pt/~braumann/project_papers/JMB07-PhDThesis-JorgeMiguelBravo.pdf. Acesso em 08 de abril de 2024.

CARVALHO, J.A.M; GARCIA, R.A. O envelhecimento da população brasileira: um enfoque demográfico. *Saúde Pública e Envelhecimento*. **Cadernos de Saúde Pública**, v.19(3), Jun 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/wvqBNvKW9Y8YRqCcjNrL4zz/abstract/?lang=pt>. Acesso em 19 de maio de 2024.

CARVALHO, J. A. M; SAWYER, D. O; NASCIMENTO, R. R. (1998). Introdução a alguns conceitos básicos e medidas em demografia. *Textos didáticos*, 1, 4-60. Disponível em: <https://www.ernestoamaral.com/docs/indsoc-122/biblio/Carvalho1998.pdf>. Acesso em 17 de julho de 2024.

CAVALCANTE, J.P.L e REINALDO, L.M. Graduação de Taxas de Mortalidade Aplicadas à População do Estado do Ceará: uma Abordagem Bayesiana. **Revista Brasileira de Risco e Seguro**. Rio de Janeiro, v. 15, n. 27, p. 1-20, 2020. Disponível em: https://www.rbrs.com.br/arquivos/rbrs_27_1.pdf. Acesso em 24 de março de 2024.

DE CASTRO, M. C. **Entradas e saídas no sistema previdenciário brasileiro: uma aplicação de tábuas de mortalidade**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, 1997. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/MCCR-7S8LV4/1/marcia_caldas_castro_mestrado.pdf. Acesso em 08 de abril de 2024.

FÍGOLI, M. G. B. Modelando e projetando a mortalidade no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos de População**, 15(1), 95-113, 1998. Disponível em: https://www.rebep.org.br/revista/article/view/415/pdf_391. Acesso em 28 de março de 2024.

FILHO, A. C. **Cálculo Atuarial Aplicado. Teoria e Aplicações: Exercícios Resolvidos e Propostos.** Editora Atlas SA, 2000.

FOZ, Grupo de. **Métodos Demográficos uma visão desde os países de língua portuguesa.** Vol. 1. No. 1. Blucher Open Access, 2021. Disponível em: https://www.blucher.com.br/metodos-demograficos-uma-visao-desde-os-paises-de-lingua-portuguesa_9786555500837. Acesso em 08 de abril de 2024.

GAMERMANN, D. **Simulação estocástica via cadeias de Markov.** ABE, 1996.

GOVERNO DO ES. Espírito Santo registra aumento de 70% na população idosa entre 2010 e 2022. Governo do Espírito Santo, 2024. Disponível em: <https://www.es.gov.br/Noticia/espírito-santo-registra-aumento-de-70-na-populacao-idosa-entre-2010-e-2022>. Acesso em 12 de abril de 2024.

Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). Espírito Santo registra aumento de 70% na população idosa entre 2010 e 2022. Espírito Santo. Disponível em: <https://ijsn.es.gov.br/noticias/espírito-santo-registra-aumento-de-70-na-populacao-idosa-entre-2010-e-2022>. Acesso em: 12 de abril de 2024.

IBGE(a). Expectativa de vida era de 75,5 anos. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/38455-em-2022-expectativa-de-vida-era-de-75-5-anos#:~:text=Uma%20pessoa%20nascida%20no%20Brasil,72%2C8%20anos%20em%202022>. Acesso em: 12 de abril de 2024.

IBGE(b). Tábuas Completas de Mortalidade para o Brasil - 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3097/tcmb_2022.pdf. Acesso em 01 de julho de 2024.

NEVES, C. R.; MIGON, H. S. Graduação bayesiana de taxas de mortalidade: uma aplicação na cobertura de sobrevivência e na avaliação da provisão matemática. **Revista Brasileira de Risco e Seguro**, Rio de Janeiro, v. 0, p. 85-104, 2006

NEVES, C. R. (2005). **Graduação Bayesiana de Taxas de Mortalidade.** Funenseg, Caderno de Seguros–Teses, 10, 28.

NOGUEIRA, N. G. O equilíbrio financeiro e atuarial dos RPPS: de princípio constitucional a política pública de Estado. **Revista do Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais**, v. 81, n. 4, p. 75-91, 2012.

PAULINO, C. D. M.; TURKMAN, M. A. A.; MURTEIRA, Bento. **Estatística bayesiana.** Fundação Calouste Gulbenkian, 2018.

PIROLLO, G. **Graduação Bayesiana e projeção de taxas de mortalidade aplicadas às populações de fundos de pensão do setor elétrico.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil, 2010. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/24245/Graduacao%20Bayesiana%20e%20Projecao%20de%20Taxas%20de%20Mortalidade%20Aplicadas%20a%20Populacoes%20de%20Fundos%20de%20Pensao%20do%20Set.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 28 de março de 2024.



PRESTON, S. H. **Demography: measuring and modeling population processes**. Malden, MA: Blackwell Publishers, 2001. 291.

RIBEIRO, A. J. F.; FIGOLI, M. G. B.; SAWYER, D. O.; CÉSAR, C. C. Tábuas de mortalidade dos aposentados por invalidez pelo Regime Geral da Previdência Social-1999-2002. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 24, p. 91-108, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbepop/a/C5nHqZHpNqSJPMRXLjY6zF/?lang=pt#>. Acesso em 08 de abril de 2024.

RIBEIRO, A. J. F.; REIS, E. A.; BARBOSA, J. B. Construção de tábuas de mortalidade de inválidos por meio de modelos estatísticos bayesianos. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v.27, n.2, p. 317-331, 2013.

SILVA, L. M.F. LOBO, V.G. FONSECA, T.C. ALVES, M.B. **BayesMortalityPlus: A package in R for Bayesian graduation of mortality modelling**. arXiv preprint arXiv:2306.01575, 2023.

WILBERT, M. D.; DE LIMA, D. V.; GOMES, M. M. F. O Impacto da Utilização de Diferentes Tábuas de Mortalidade nas Estimativas de Pagamento de Benefícios no RGPS. **Revista Brasileira de Risco e Seguros**. Rio de Janeiro, v.8, n.16, p19-40, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcelo-Wilbert/publication/320531341_O_Impacto_da_Utilizacao_de_Diferentes_Tabuas_de_Mortalidade_nas_Estimativas_de_Pagamento_de_Beneficios_no_RGPS/links/59e9f8240f7e9bfdeb6cb4da/O-Impacto-da-Utilizacao-de-Diferentes-Tabuas-de-Mortalidade-nas-Estimativas-de-Pagamento-de-Beneficios-no-RGPS.pdf. Acesso em 08 de abril de 2024.

APÊNDICES

FAIXA ETÁRIA	FEMININO	MASCULINO
0 a 4 anos	118011	122554
5 a 9 anos	124589	129691
10a 14 anos	120550	126101
15 a 19 anos	125788	130241
20 a 24 anos	137294	138739
25 a 29 anos	141409	138015
30 a 34 anos	148966	142584
35 a 39 anos	161001	152838
40 a 44 anos	161363	154033
45 a 49 anos	134083	126872
50 a 54 anos	125474	116889
55 a 59 anos	118586	106643
60 a 64 anos	106352	94063
65 a 69 anos	86373	75415
70 a 74 anos	60581	50654
75 a 79 anos	39241	30829
80 a 84 anos	27254	18737
85 a 89 anos	16298	9891
90 a 94 anos*	7655	4064
95 a 99 anos*	2303	1010
100 e mais*	478	200
TOTAL	1963649	1870063

Tabela 3: Quantidade central de expostos ao risco – Espírito Santo – 2022

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do Censo 2022 – IBGE

*Os dados indicados se referem à média das duas faixas imediatamente anteriores, uma vez que o registrado é até os 85 a mais

Min.	1 Quar.	Mediana	Média	3 Quar.	Max.
30	111	386	1124	1193	5185

Tabela 4: Estatística básica mortalidade feminino - Espírito Santo em 2022

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Min.	1 Quar.	Mediana	Média	3 Quar.	Max.
38	406	674	1166	1620	3748

Tabela 5: Estatística básica mortalidade masculino - Espírito Santo em 2022

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)



FAIXA ETÁRIA	FEMININO	MASCULINO
0 a 4 anos	261	304
5 a 9 anos	63	78
10a 14 anos	35	38
15 a 19 anos	30	53
20 a 24 anos	62	271
25 a 29 anos	95	446
30 a 34 anos	111	406
35 a 39 anos	146	437
40 a 44 anos	222	460
45 a 49 anos	306	581
50 a 54 anos	386	674
55 a 59 anos	455	807
60 a 64 anos	672	1142
65 a 69 anos	891	1482
70 a 74 anos	1076	1693
75 a 79 anos	1193	1620
80 a 84 anos	1270	1514
85 a 89 anos	5185	3748
90 a 94 anos*	3228	2631
95 a 99 anos*	4206	3190
100 e mais*	3717	2910
TOTAL	23610	24485

Tabela 6: Mortalidade por ocorrência, faixa etária e sexo no Espírito Santo 2022

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do DATASUS(2024)

*Os dados indicados se referem à média das duas faixas imediatamente anteriores, uma vez que o registrado é até os 85 a mais.



Idade	Expectativa	Intervalo de confiança inferior	Intervalo de confiança superior
0	30.28	21.25	41.39
5	25.39	16.52	36.43
10	20.50	11.73	31.49
15	16.44	8.08	27.01
20	21.14	14.79	28.31
25	16.89	11.09	23.71
30	12.99	7.89	19.32
35	9.54	5.26	15.23
40	6.63	3.29	11.55
45	4.32	1.83	8.33
50	2.61	0.94	5.65
55	1.43	0.40	3.64
60	0.67	0.11	2.10
65	0.25	0.01	1.07
70	0.06	0.00	0.50
75	0.00	0.00	0.17
80	0.00	0.00	0.04
85	0.00	0.00	0.00
90	0.00	0.00	0.00
95	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.00
105	0.00	0.00	0.00
110	0.00	0.00	0.00
115	0.00	0.00	0.00
120	0.00	0.00	0.00

Tabela 7 – Expectativa de vida para a população feminina por faixa etária no Espírito Santo (2022)
 Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

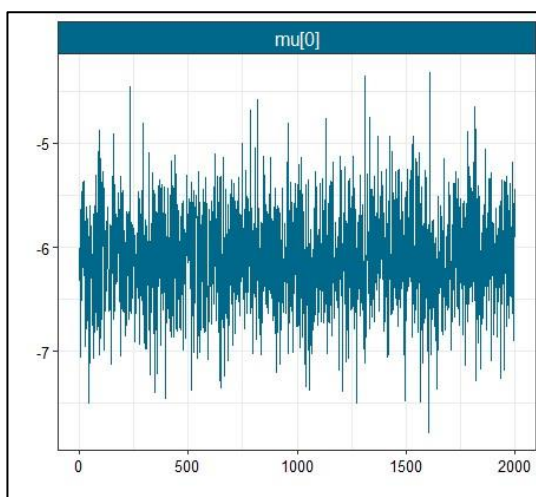


Figura 1 – Teste do traço para população feminina Espírito Santo (2022)

 Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

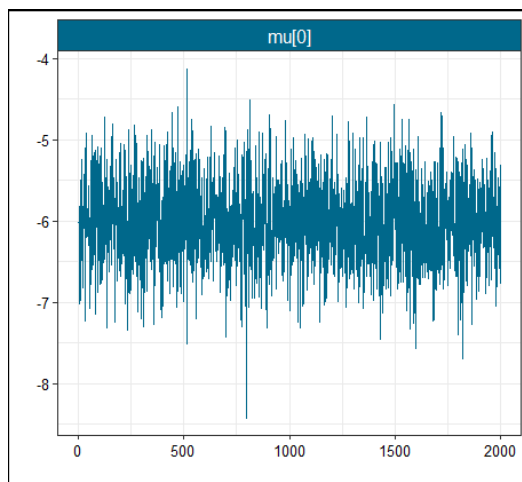


Figura 2 – Teste do traço para população masculina Espírito Santo (2022)

 Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Idade	Expectativa	Intervalo de confiança inferior	Intervalo de confiança superior
0	24.59	16.91	35.83
5	19.72	12.27	30.88
10	14.96	7.74	26.00
15	11.17	4.47	21.73
20	16.68	10.53	23.74
25	12.68	7.31	19.24
30	9.15	4.74	15.04
35	6.21	2.82	11.23
40	3.90	1.47	7.94
45	2.21	0.68	5.26
50	1.13	0.22	3.16
55	0.46	0.03	1.77
60	0.13	0.00	0.85
65	0.02	0.00	0.32
70	0.00	0.00	0.07
75	0.00	0.00	0.00
80	0.00	0.00	0.00
85	0.00	0.00	0.00
90	0.00	0.00	0.00
95	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.00
105	0.00	0.00	0.00



110	0.00	0.00	0.00
115	0.00	0.00	0.00
120	0.00	0.00	0.00

Tabela 8 – Expectativa de vida para a população masculina por faixa etária no Espírito Santo (2022)
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Fabiano Luiz Alves Barros

GRADUAÇÃO DE TÁBUA DE MORTALIDADE PARA O ESPÍRITO SANTO

Trabalho Final de Curso apresentado à
Coordenadoria do Curso de Engenharia de
Produção do Instituto Federal do Espírito Santo
– *campus* Cariacica como requisito parcial para
obtenção do título de Especialista em
Engenharia de Produção com Ênfase em
Ciência de Dados

Aprovado em 05 de julho de 2024

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Guilherme Guilhermino Neto, D.Sc.

Ifes – Instituto Federal do Espírito Santo

Orientador

Prof. Erivelto Fioresi de Sousa, D.Sc.

Ifes – Instituto Federal do Espírito Santo

Membro da banca avaliadora

Prof. Pedro Matos da Silva, D.Sc.

Ifes – Instituto Federal do Espírito Santo

Membro da banca avaliadora



FOLHA DE APROVAÇÃO-TCC Nº 17/2024 - CAR-CCEP (11.02.19.01.08.03.10)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 30/07/2024 17:01)

ERIVELTO FIORESI DE SOUSA

PROFESSOR DO ENSINO BASICO TECNICO E TECNOLOGICO

CAR-CCE (11.02.19.01.08.03.11)

Matrícula: 1579284

(Assinado digitalmente em 30/07/2024 16:50)

GUILHERME GUILHERMINO NETO

PROFESSOR DO ENSINO BASICO TECNICO E TECNOLOGICO

CAR-CCEP (11.02.19.01.08.03.10)

Matrícula: 2151589

(Assinado digitalmente em 31/07/2024 20:46)

PEDRO MATOS DA SILVA

PROFESSOR DO ENSINO BASICO TECNICO E TECNOLOGICO

CAR-CCTA (11.02.19.01.08.03.02)

Matrícula: 2460822

Visualize o documento original em <https://sipac.ifes.edu.br/documentos/> informando seu número: 17, ano: 2024, tipo: **FOLHA DE APROVAÇÃO-TCC**, data de emissão: 30/07/2024 e o código de verificação: 2e5333bb2d