



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Estatística
Especialização em Estatística

Kelly da Silva

PANDEMIA DE COVID-19 E O SEU IMPACTO NAS TAXAS DE
MORTALIDADE PORTUBERCULOSE: UM ESTUDO UTILIZANDO
TÉCNICAS DE QUEBRASESTRUTURAIS

Belo Horizonte

2023

Kelly da Silva

**PANDEMIA DE COVID-19 E O SEU IMPACTO NAS TAXAS DE
MORTALIDADE PORTUBERCULOSE: UM ESTUDO UTILIZANDO
TÉCNICAS DE QUEBRASESTRUTURAIIS**

Monografia de Especialização
apresentado ao Instituto de Ciências
Exatas da Universidade Federal de Minas
Gerais, como requisito parcial à obtenção
do título de Especialista em Estatística.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Azevedo
Costa

Belo Horizonte

2023

2023, Kelly da Silva.

Todos os direitos reservados

Silva, Kelly da.

S586p Pandemia de COVID-19 e o seu impacto nas taxas de mortalidade por tuberculose: [recurso eletrônico] / um estudo utilizando técnicas de quebras estruturais. Kelly Silva – 2023.
1 recurso online (29 f. il., color.) : pdf.

Orientador: Marcelo Azevedo Costa.

Monografia (especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Estatística.

Referências: f. 24

1. Estatística. 2. Análise de séries temporais. 3. COVID-19 Pandemia, 2020-. 4. Epidemiologia Analítica. 5. Tuberculose – Mortalidade – Brasi. I. Costa, Marcelo Azevedo. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Estatística. III. Título.

CDU 519.2(043)



Universidade Federal de Minas Gerais

E-mail:

Instituto de Ciências Exatas

Tel: 3409-

9-5924

Departamento de Estatística

P Programa de Pós-Graduação / Especialização

Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha

31270-901 - Belo Horizonte - MG

ATA DO 326º. TRABALHO DE FIM DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ESTATÍSTICA DE KELLY DA SILVA.

Aos vinte e um dias do mês de dezembro de 2023, às 09:00 horas, com utilização de recursos de videoconferência a distância, reuniram-se os professores abaixo relacionados, formando a Comissão Examinadora homologada pela Comissão do Curso de Especialização em Estatística, para julgar a apresentação do trabalho de fim de curso da aluna **Kelly da Silva**, intitulado: “Pandemia de Covid-19 e o seu impacto nas taxas de mortalidade por tuberculose: um estudo utilizando técnicas de quebras estruturais”, como requisito para obtenção do Grau de Especialista em Estatística. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Marcelo Azevedo Costa – Orientador, após dar conhecimento aos presentes do teor das normas regulamentares, passou a palavra à candidata para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores com a respectiva defesa da candidata. Após a defesa, os membros da banca examinadora reuniram-se sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado final. Foi atribuída a seguinte indicação: a candidata foi considerada **Aprovada** condicional às modificações sugeridas pela banca examinadora no prazo de 30 dias a partir da data de hoje por unanimidade. O resultado final foi comunicado publicamente ao candidato pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente Ata, que será assinada por todos os membros participantes da banca examinadora. Belo Horizonte, 21 de dezembro de 2023.

Documento assinado digitalmente
gov.br MARCELO AZEVEDO COSTA
Data: 21/12/2023 13:38:24-0300
Verifique em <https://validar.ti.gov.br>

Prof. Marcelo Azevedo Costa (Orientador)
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Documento assinado digitalmente
gov.br PAULO RICARDO SAQUETE MARTINS FILHO
Data: 08/01/2024 17:05:24-0300
Verifique em <https://validar.ti.gov.br>

Prof. Paulo Ricardo Saquete Martins Filho
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

AGRADECIMENTOS

Ao meu esposo e filha por serem minha maior fonte de amor e entenderem a minha ausência todo sábado, por dois anos.

À minha mãe Luzinete e irmã Jacquelini pelo incentivo de sempre.

Aos meus colegas de especialização, que tornaram tudo mais leve e divertido, especialmente: Cristiano, Rafael, José, Elis, Estefani e Gabriel, Zé e tantos que se uniram para aproveitar ao máximo os assuntos.

Agradeço ao Rafael Nicolino que se tornou parceiro de pesquisa.

Aos mestres que fizeram um ótimo trabalho nesta especialização, especialmente à Prof.^a Mercedes querida e competente e ao Prof. Marcelo que levantou o ânimo da turma toda com sua didática maravilhosa.

Ao meu orientador, Marcelo pela inspiração, pela didática e pelo brilhantismo.

RESUMO

Introdução: A pandemia de COVID-19 foi marcada pelo elevado número de mortes e de comorbidade e pela repercussão em diversos setores da sociedade. Durante este período, o grande desafio estava centrado no controle da transmissão e na ampliação das medidas de mitigação da contaminação, com destaque para a aprovação e distribuição em massa de vacinas. Entretanto, com o final da pandemia, o mundo se depara com as questões de saúde negligenciadas por força de uma situação emergencial. Neste cenário se destaca a tuberculose (TB), doença que exige um tratamento precoce para melhora da sobrevida do acometido. **Objetivo:** Descrever a evolução das taxas de mortalidade por tuberculose no período que antecede a pandemia da COVID-19 e no período pandêmico (2015 a 2023) no Brasil e verificar a presença de quebra estrutural no período considerado. **Metodologia:** Trata-se de um estudo observacional ecológico, com análise de uma Série Temporal referente à taxa de mortalidade como desfecho de internamento hospitalares. Os dados referentes à taxa de mortalidade por internamentos hospitalares devido a TB foram obtidos pelo acesso ao DATASUS (Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde Brasileiro). A série temporal de interesse está compreendida de 2015 a 2023. Para análise dos resultados foi realizada análise da série temporal e a quebra estrutural por meio dos pacotes *lmtest*, *car* e *stats*. Foi utilizado o Software R, versão 4.3.1, sendo estipulado o nível de significância de 95%. **Resultados:** a Taxa de mortalidade por Tuberculose estava em queda antes da pandemia, diminuiu no período inicial da pandemia e, após maio de 2020, teve o primeiro importante aumento. O modelo de regressão que detectou a divisão em dois momentos por meio da quebra estrutural e considerou a defasagem acumulada de um mês anterior apresentou um coeficiente de determinação R^2 de 67%. **Conclusão:** A pandemia da COVID-19 impactou fortemente nas taxas de mortalidade por Tuberculose no Brasil, elevando o número de mortes. Mesmo após o final da pandemia, as taxas de mortalidade não voltaram para o contínuo pré-pandêmico.

Palavras-chave: COVID-19; Epidemiologia Analítica; Interpretação Estatística de Dados; Tuberculose; Mortalidade Hospitalar.

ABSTRACT

Introduction: The COVID-19 pandemic was marked by many deaths and comorbidities and its repercussions on various sectors of society. During this period, the great challenge was centered on controlling transmission and expanding measures to mitigate contamination, emphasizing the approval and mass distribution of vaccines. However, with the end of the pandemic, the world is faced with health issues neglected by the force of an emergency. In this scenario, tuberculosis (TB) stands out, a disease that requires early treatment to improve the survival of those affected. **Objective:** Describe the evolution of tuberculosis mortality rates in Brazil preceding the COVID-19 pandemic and in the pandemic period (2015 to 2023) and verify the presence of a structural break in the period considered. **Methodology:** This is an ecological observational study, with an analysis of a Time Series referring to mortality rates due to hospitalization. To obtain data regarding the mortality rate due TB, access to DATASUS (Informatics Department of the Brazilian Unified Health System) was obtained. The time series of interest is detailed from 2015 to 2023. To analyze the results, time series analysis and structural breakdown were carried out using `lmtest`, `car` and `stats` packages. Software R, version 4.3.1, was used, with a significance level of 95%. **Results:** The Tuberculosis mortality rate was falling before the pandemic; it decreased in the initial period, and after May 2020, it had the first significant increase. The regression model that detected the division into two moments through the structural break and considered the accumulated lag of a previous month presented a coefficient of determination R^2 of 67%. **Conclusion:** The COVID-19 pandemic had a substantial impact on tuberculosis mortality rates in Brazil, increasing the number of deaths. Even after the end of the pandemic, mortality rates did not return to the pre-pandemic continuum.

Keywords: COVID-19; Analytical Epidemiology; Data Interpretation, Statistical; Tuberculosis; Hospital Mortality.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	09
2. MATERIAIS E MÉTODOS	10
3. RESULTADOS	13
4. DISCUSSÃO.	21
5. CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS.....	24
APÊNDICE	25

1. INTRODUÇÃO

A COVID-19 é uma doença causada pelo vírus SARS-CoV-2 e tem sido um desafio para a saúde pública de todo o mundo desde que foi caracterizada como pandemia pela OMS, em março de 2020 (WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), 2020). No Brasil, o primeiro caso foi reportado em 26 de fevereiro e o primeiro óbito em março de 2020 (BRASIL, 2020). Em um curto espaço de tempo, o Brasil ganhou destaque devido o número de casos e mortes, preocupando todo o mundo.

Até o momento, a COVID foi responsável direta por aproximadamente 705 mil mortes no Brasil (<https://www.worldometers.info/coronavirus/>), com flutuações dos períodos de letalidade (ARAÚJO et al.; 2022). Entretanto, este número parece ser bastante subestimado pela dificuldade na realização de testes nos momentos iniciais e críticos da pandemia.

Além da COVID-19, a tuberculose (TB) coloca o Brasil em um local de destaque pelo elevado número de pessoas infectadas e que vão ao óbito. Trata-se de uma doença infectocontagiosa causada por uma bactéria denominada *Mycobacterium tuberculosis*, que afeta prioritariamente os pulmões (forma pulmonar), embora possa acometer outros órgãos ou sistemas. Apesar de ser uma enfermidade antiga, a tuberculose é um importante problema de saúde pública atual, apesar de ser uma doença curável, com tratamento e prevenção acessíveis. A recomendação preconiza que, diante da manifestação de quaisquer indícios ou sintomas suspeitos de tuberculose, se proceda prontamente o diagnóstico, a fim de iniciar o tratamento o mais rápido possível, sem qualquer interrupção. (BRASIL, 2021).

Diante da necessidade de um diagnóstico e intervenção de forma célere da TB e dos impactos que a pandemia da COVID-19 gerou no sistema de saúde, não se sabe a extensão dos danos na morbidade e mortalidade por tuberculose no Brasil, sabe-se apenas que houve um aumento do número de consultas e uma redução de casos confirmados de TB notificados no período da pandemia (FERNANDES MAIA1 et al., 2022). Estima-se que mundialmente ocorreu uma diminuição de 25% no diagnóstico e um aumento de 26% da mortalidade por TB no

mundo, segundo estimativas divulgadas pela OMS em 2020 (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2022).

Conhecer a série temporal da taxa de mortalidade ocasionadas como desfecho de internações motivadas por tuberculose possibilita verificar a evolução deste importante marcador epidemiológico. Ainda, pode auxiliar na discussão a respeito do efeito da pandemia recentemente superada e alertar para a necessidade de políticas públicas de enfrentamento da nova epidemia de mortes por doenças negligenciadas durante a pandemia.

Desta forma, os objetivos deste estudo foi descrever a evolução das taxas de mortalidade por tuberculose no período que antecede a pandemia da COVID-19 e no período pandêmico (2015 a 2023) no Brasil e verificar a presença de quebra estrutural no período considerado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Delineamento

Trata-se de um estudo observacional ecológico, com análise de uma Série Temporal referente à taxa de mortalidade como desfecho de internamento hospitalares. A série temporal de interesse está compreendida de 2015 a 2022, com unidade temporal mensal. A apreciação de comitês de saúde não foi solicitada por se tratar de dados públicos referentes à sumarização de questões de saúde.

2.2 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada por meio do acesso público aos dados fornecidos pelo DATASUS referentes às internações em território nacional, em serviços públicos e privados. Os dados foram acessados no mês de janeiro de 2023 e atualizadas no mês de setembro de 2023, no site <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/sih/mrdescr.htm>.

O dado de interesse foi a taxa de mortalidade por morbidades relacionadas à tuberculose (tabela 1), calculada por meio da Razão entre a quantidade de óbitos e o número de Autorizações de Internação Hospitalar (AIHs) pagas pelo governo Federal aos gestores municipais e estaduais, computadas como internações, no período, multiplicada por 100. (Apêndice A). Estes dados foram coletados de janeiro de 2015 a maio de 2023.

Tabela 1. Lista de tabulação de morbidades do CID-10

Descrição	Código CID-10
Tuberculose respiratória	A15-A16
Tuberculose pulmonar	A15.0-A15.3, A16.0-A16.3
Outras tuberculosas respiratórias	A15.4-A15.9, A16.4-A16.9
Outras tuberculosas	A17-A19
Tuberculose do sistema nervoso	A17
Tuberculose do intestino, do peritônio e dos gânglios mesentéricos	A18.3
Tuberculose óssea e das articulações	A18.0
Tuberculose do aparelho geniturinário	A18.1

Tuberculose miliar	A19
Restante de outras tuberculoses	A18.2, A18.4-A18.8
Tuberculose respiratória	A15-A16
Tuberculose pulmonar	A15.0-A15.3, A16.0-A16.3
Fonte: CID-10	

2.3 Análise dos Resultados

Os resultados foram tabulados em planilha de Excel com os dados referentes à taxa de mortalidade por desfecho de internação motivada por doenças mentais, no período estudado.

Foram utilizados os dados totais, por mês e ano de ocorrência.

Para análise dos resultados foi utilizado o software R, versão 4.3.1 e os pacotes *openxlsx*, *lmtest* e *Car*. Foi estipulado para todos os testes de hipóteses um nível de significância de 5%. O script utilizado está apresentado no apêndice B.

Para verificar o comportamento da ST em estudo, foi inicialmente realizado um gráfico contendo as Taxas de Mortalidade por TB durante a ST. Para verificação do melhor momento capaz de separar a Série em dois momentos, foi realizada a varredura da Série por meio da criação de regressões lineares.

Desta forma, a fórmula das k regressões Lineares estudadas foi:

$$\text{Taxa de Mortalidade} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Tempo} + \beta_2 \cdot \text{ylag}_t + \epsilon$$

Em que:

- Y é a Taxa de Mortalidade por TB foi a variável dependente estudada;
- β_0 é o intercepto;
- β_1 é o coeficiente associada à variável Tempo.
- Variável Tempo indica o momento a divisão da série temporal em dois momentos, antes e depois da quebra estrutura. Trata-se de uma variável dicotômica;
- β_2 é o coeficiente associado à variável ylag;

- y_{lag} representa o y tempo -1, ou seja, é a taxa no instante de tempo anterior, ou seja, trata-se de uma dependência temporal do modelo em que se considera o valor defasado da taxa de mortalidade.

O melhor ponto de corte para a separação da série em dois modelos foi obtido por meio do maior valor do coeficiente de determinação R^2 e por meio da quebra estrutural calculada pelo pacote *strucchange*. O pacote *strucchange* foi idealizado para obtenção das quebras estruturais de uma regressão linear (ZEILEIS et al., 2002).

Foram realizadas análises gráficas dos resultados das regressões. E foi conduzida a análise dos resíduos dos modelos estudados. O modelo foi considerado significativo e as variáveis independentes consideradas preditoras do modelo quando o p valor referente ao teste F e T, respectivamente, foi menor do que 0,05. Os pressupostos do modelo de regressão foram verificados da seguinte forma:

- Autocorrelação dos resíduos: verificada por meio da correlação entre os resíduos e seus valores defasados em diferentes lags (atrasos temporais);
- Linearidade e ausência de outliers: verificada por meio do gráfico de resíduos pelos valores ajustados (ou Fitted Values);
- Homoscedasticidade por meio do Teste de Breusch-Pagan-Godfrey;
- Normalidade dos resíduos por meio do teste de Shapiro Wilk e análise do gráfico Q-Q Plot;
- Independência dos resíduos por meio do teste de Durbin-Watson, valores do teste foram considerados independentes quando entre 1 e 3.

3. RESULTADOS

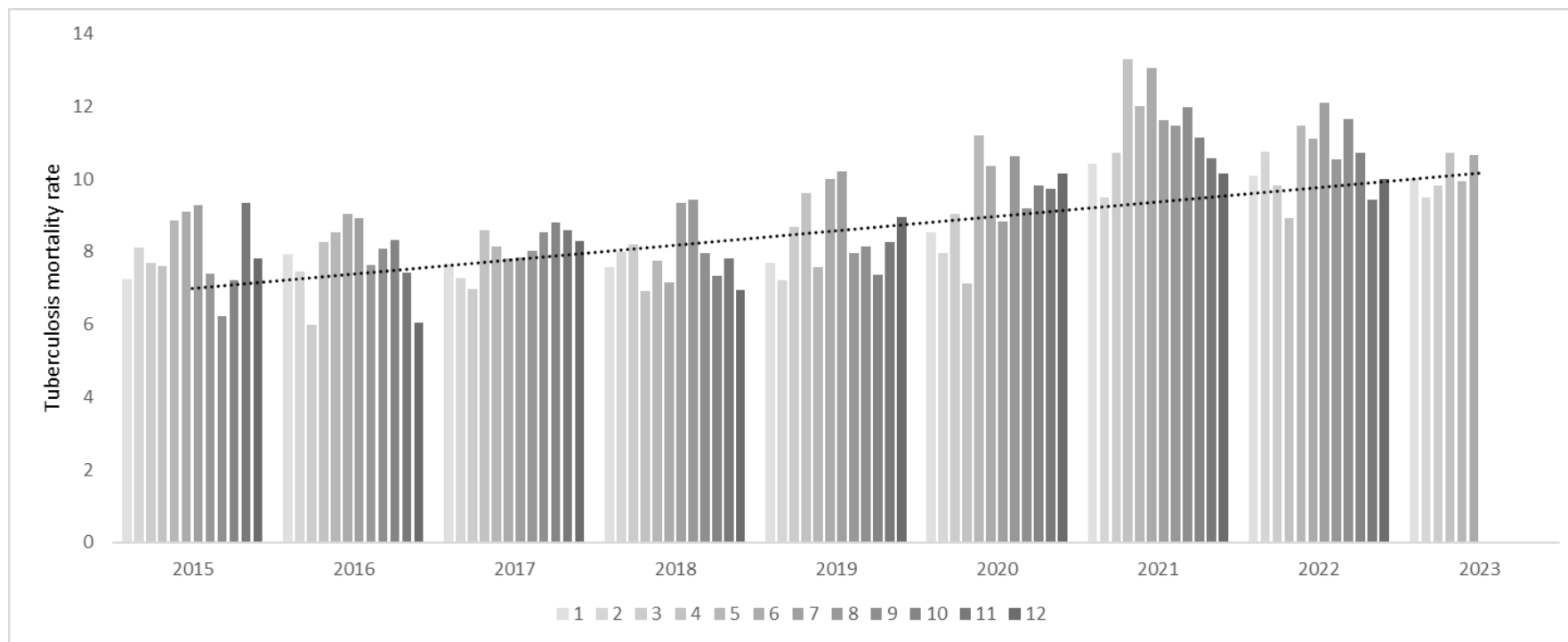
A análise descritiva das taxas médias de mortalidade anual motivados por Tuberculose de 2015 a 2023, de janeiro a dezembro (mês 1 ao 12) está apresentada na tabela 1 e no gráfico 1.

Tabela 1. Taxa de Mortalidade durante Internamento Hospitalar por Tuberculose no Brasil

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015	7,26	8,11	7,71	7,6	8,86	9,11	9,29	7,39	6,24	7,23	9,36	7,81
2016	7,94	7,45	5,98	8,28	8,53	9,04	8,93	7,63	8,1	8,33	7,42	6,06
2017	7,66	7,28	6,97	8,6	8,14	7,82	7,84	8,03	8,53	8,81	8,59	8,29
2018	7,58	8	8,21	6,92	7,77	7,17	9,34	9,45	7,97	7,34	7,82	6,95
2019	7,69	7,23	8,7	9,63	7,58	10,02	10,22	7,97	8,15	7,38	8,28	8,97
2020	8,55	7,98	9,06	7,12	11,2	10,36	8,84	10,65	9,2	9,84	9,73	10,16
2021	10,42	9,5	10,73	13,31	12,03	13,05	11,64	11,47	11,99	11,15	10,59	10,15
2022	10,09	10,76	9,84	8,92	11,48	11,12	12,12	10,56	11,66	10,73	9,45	10,02
2023	10,01	9,49	9,84	10,74	9,94	10,67	-	-	-	-	-	-

Legenda: de 1 a 12 representam os meses do ano. A taxa de mortalidade apresenta distribuição normal das taxas de Mortalidade por Tuberculose durante os anos estudados. Em 2023 a coleta foi realizada até o mês de junho de 2023.

Figura 1. Taxa de Mortalidade como desfecho de internação hospitalar por Tuberculose.



Legenda: Em 2023 a coleta foi realizada até o mês de junho de 2023.

A figura 2 apresenta a série temporal estudada apresentada por gráfico de linha, indicando a taxa de mortalidade por TB de 2015 a 2023 no Brasil. As figuras 3 e 4 indicam o momento da série que foi considerado para dividir a série em duas regressões lineares, este momento foi de maior R^2 calculado, que ocorreu no momento 65 (maio de 2020), representado na figura 3 como o primeiro maior pico de R^2 .

Figura 2. Taxa de Mortalidade por Tuberculose de 2015 a 2023.

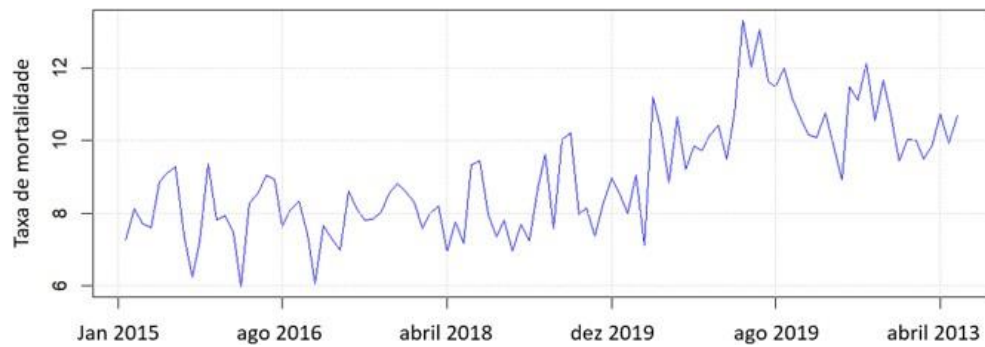
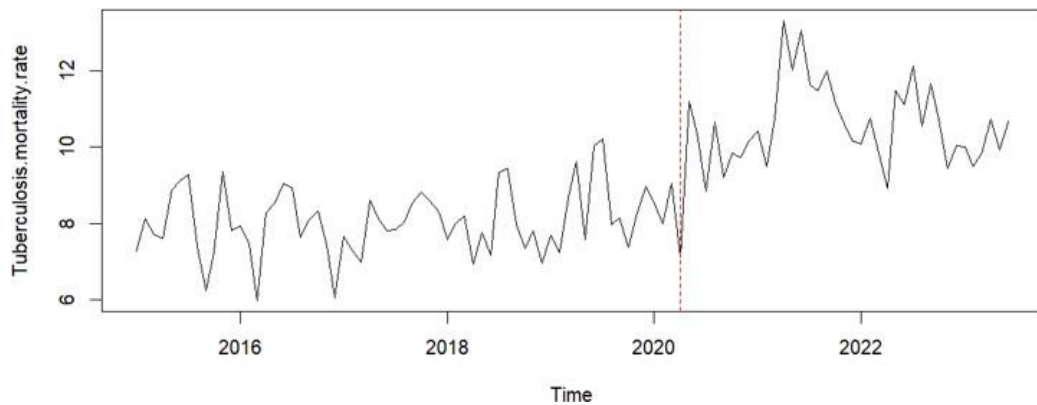
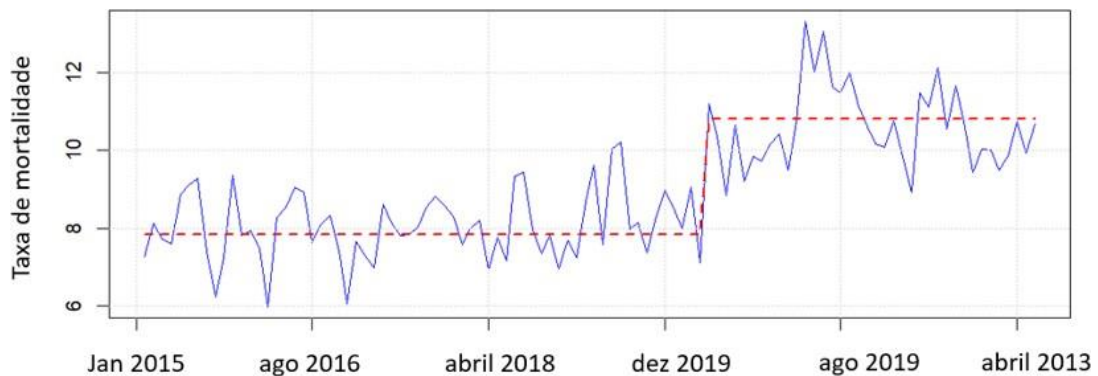


Figura 3. Momento na linha do tempo em que ocorreu a primeira quebra estrutural.



Legenda: a quebra estrutural ocorreu em maio de 202

Figura 4. Inclinação das duas regressões lineares, antes e após o momento da quebra estrutural.



Após determinar o momento da quebra estrutural, foi realizado o ajuste do modelo de regressão linear. O modelo de regressão linear $\beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Tempo} + \beta_2 \cdot \text{ylag1} + \epsilon$ obteve um Erro Padrão Residual de 0,9067 (98 graus de liberdade). Os coeficientes de determinação R^2 e R^2 ajustado foi 0,6689 e 0,6621. A estatística F foi 98,98 (com 2 e 98 graus de liberdade), com p-valor do modelo menor que $2.2e-16$, atestando que se trata de um modelo significativo. A tabela 2 apresenta os coeficientes da regressão, para estatística t.

Tabela 2. Tabela de Estatísticas da Regressão Linear

		Estimativa	Erro Padrão	Valor t	Valor p
Coefficientes da regressão	Intercepto	5,76	0,74	7,79	9,89e-12*
	Tempo	1,85	0,29	6,38	5,83e-09*
	ylag1	0,28	0,090	3,16	0,002*

Legenda: * representa valores estatisticamente significativo segundo o teste T.

O intercepto é a estimativa da taxa de mortalidade de tuberculose quando todas as outras variáveis são zero. Neste contexto, o intercepto de 5.76 é o valor esperado da taxa de mortalidade quando o tempo (Tempo) e o valor defasado (ylag1) são ambos iguais a zero. Portanto, nestas condições, a taxa de mortalidade seria de 5,76. Após a quebra estrutural, o tempo passou de 0 para 1, indicando um aumento de 1,85 na taxa de mortalidade de tuberculose após a quebra estrutural.

Ainda, os resultados indicam que o mês atual sofre ainda um acréscimo de 0,28 na taxa de mortalidade, devido ao acúmulo do mês anterior (ylag1).

A figura 5 apresenta a análise de autocorrelação dos resíduos. O teste studentized Breusch-Pagan-Godfrey verificou a presença de homoscedasticidade (BP=0,84, com 2 graus de liberdade e p-valor= 0,66). Os resíduos seguem uma distribuição normal segundo o gráfico Q-Q Plot (figura 6) e o teste de Shapiro Wilk (W = 0,99; p-value = 0,63). Os resíduos do modelo se mostraram independentes pelo teste de Durbin-Watson (D-W= 1,93; p-valor= 0,66) (Figura 7).

Figura 5. Autocorrelação dos resíduos.

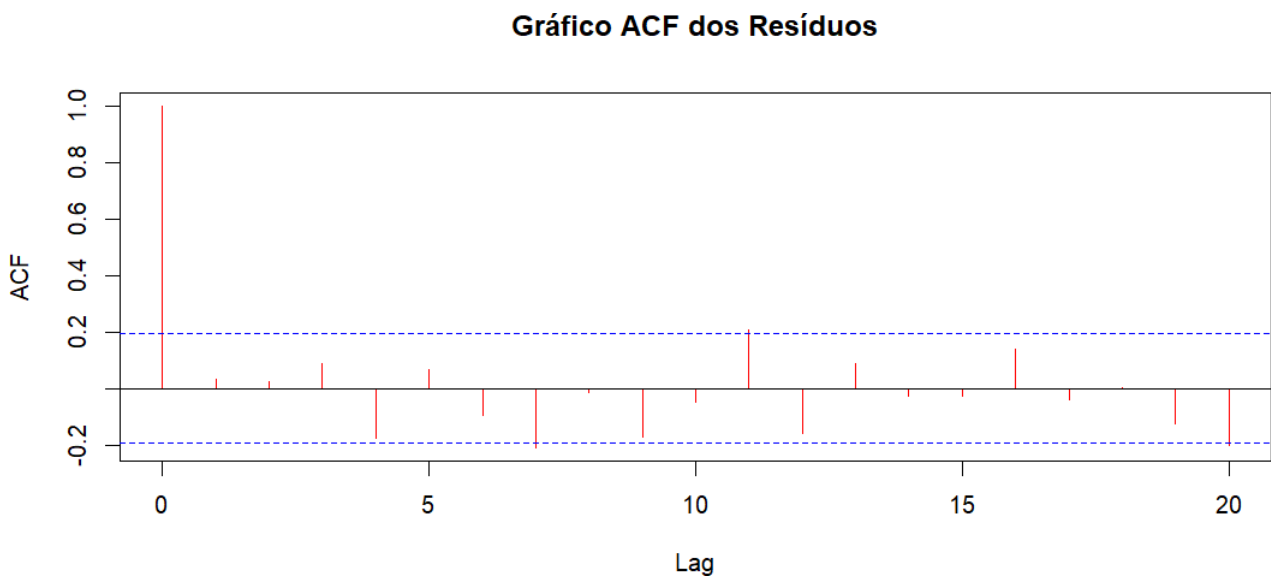


Figura 6. Análise de linearidade dos resíduos pelos valores ajustados do modelo

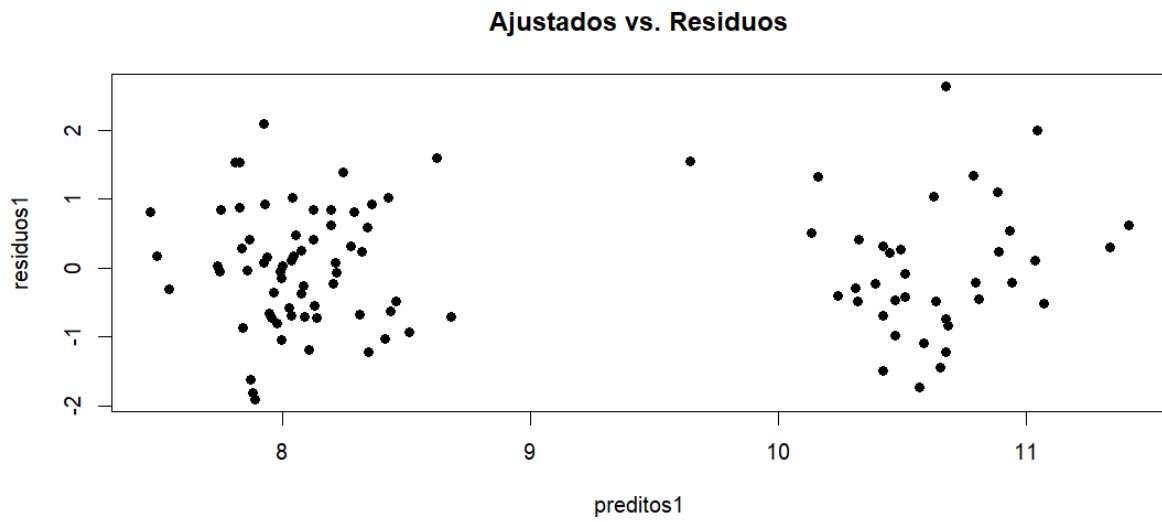


Figura 7. Análise dos resíduos da Regressão Linear por meio do Q-Q Plot do modelo

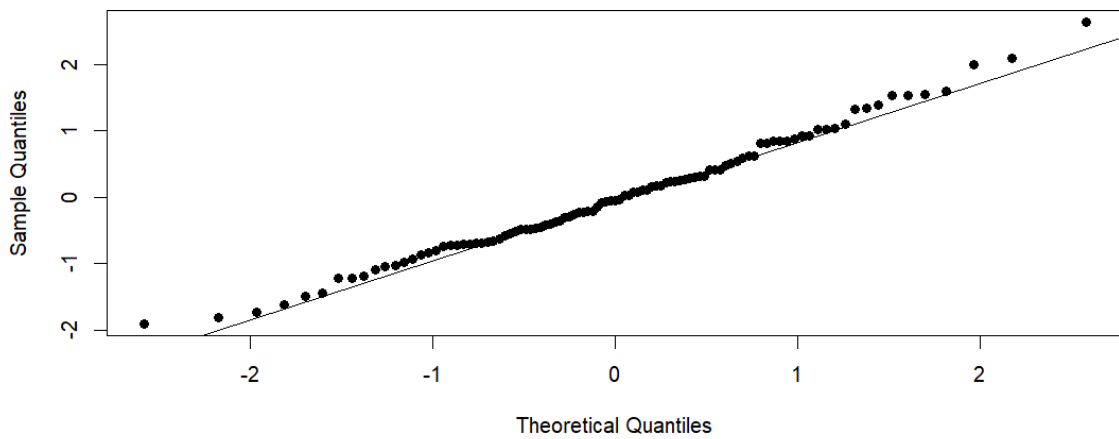
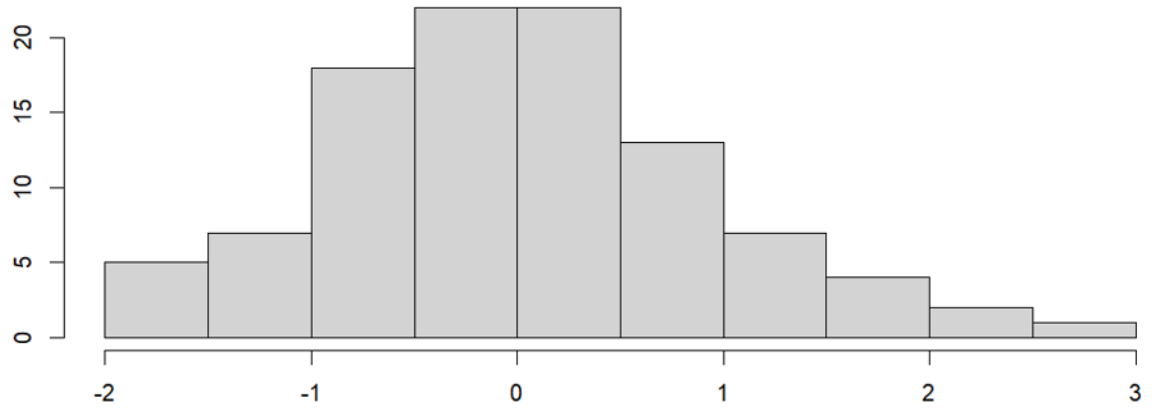


Figura 8. Histograma dos resíduos do modelo.



4. DISCUSSÃO

A tuberculose (TB) é um grave problema de saúde pública mundial. Na pandemia, o número de novos casos caiu expressivamente, de 7,1 milhões em 2019 para 5,8 milhões em 2020 (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2022). Entretanto, esta diminuição não foi obtida pela soma dos esforços dos setores de saúde, sendo fruto de uma pandemia que abriu um grande abismo entre a necessidade de atendimentos de saúde e a urgência sanitária de se manter em funcionamento apenas o estritamente necessário. A pandemia foi responsável por atrasar o diagnóstico e o tratamento (CAN SARINOĞLU et al., 2020) e os efeitos desta contingência estão sendo avaliados neste momento pós pandêmico.

O início da pandemia, anunciada em março de 2020, corresponde ao momento 63 da ST estudada e a TM neste momento era de 9,06 e um mês, em abril de 2020, foi de 7,12. À medida que se aumentava o número de pessoas internadas por COVID-19, diminuía as internações por outras questões de saúde com a finalidade de se evitar o contágio pelo SARS-CoV-2. Se pessoas sem comorbidades tinham o receio de procurar serviços de saúde, pessoas com doenças ou condições que afetam o sistema imunológico e o respiratório, como a TB, deixaram de buscar ajuda médica nos serviços básicos e hospitalares. Estudos comprovam que a hospitalização neste período esteve associada ao aumento de sintomas psicológicos, indicando o medo e a incerteza de quem procura por serviços hospitalares neste momento inicial da pandemia (MONTI et al., 2023).

O uso de quebra estrutural é recomendado em casos que a Série Temporal sugere mudanças de cenários. Esta abordagem, possibilita que se compare períodos com o tempo preciso de corte entre dois momentos. O ajuste do modelo considerando a influência do mês anterior nas taxas de hospitalização indica o número de casos acumulados por mês. Uma regressão modelada sem o cuidado de considerar a quebra estrutural e a defasagem acumulada pode levar a modelos preditivos equivocados ou incompletos e com isto, impactar as políticas públicas de saúde.

Desta forma, este trabalho discutirá a importância de cuidados nas modelagens de Séries Temporais que integram o período de pandemia e sugere

que, nos primeiros meses após a pandemia, houve uma menor procura por serviços de saúde que se acumularam ao longo dos meses subsequentes.

A quebra estrutural nas TM de Tuberculose ocorreu em maio de 2020, dois meses após o decreto da pandemia pela OMS. Neste mês, o Brasil enfrentava um aumento dos casos, que meses depois culminou nos piores momentos da pandemia da COVID-19, ultrapassando mais de 2 mil mortes diárias por COVID-19 (BRASIL, 2023).

O final da pandemia, decretado em maio de 2023 pela OMS, não traz amparo para o alívio do efeito da pandemia em relação a TM por TB. Pelo contrário, por se tratar de uma doença que o adiamento do tratamento pode comprometer fortemente a sobrevivência e possibilitar aumento das taxas de transmissões (BRASIL, 2023) o mundo precisa olhar com cuidado para o efeito pandêmico nesta doença.

Importante destacar que em 2018 a OMS havia elaborado estratégias para o fim da pandemia mundial por TB, enfatizando a necessidade da diminuição das taxas de mortalidade e o controle da carga econômica e social subjacente à TB até 2030 (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018). Entretanto, a ST em estudo alerta para o fato, de que até o momento, as taxas de mortalidade seguem acima das contabilizadas antes da pandemia.

Uma fragilidade deste estudo foi não trabalhar com análise preditiva dos próximos meses, mas foi decidido que, em frente a tantas mudanças em pouco tempo, haveria de se assumir um risco com a projeção futura, que não traria benefícios adicionais aos gestores e profissionais de saúde.

5. CONCLUSÃO

A pandemia da COVID-19 impactou fortemente nas taxas de mortalidade por Tuberculose no Brasil, elevando o número de mortes após maio de 2020. Mesmo após o final da pandemia, as taxas de mortalidade não voltaram para o contínuo pré-pandêmico. O melhor modelo considerou a quebra estrutural como marco pandêmico e não o início da pandemia. Estudos futuros poderão determinar o momento em que as taxas de mortalidade retornaram ao encontrado antes da pandemia. Este estudo alerta as autoridades sanitárias e os gestores de saúde do Brasil para um aumento do número de mortes sem previsão para o retorno basal.

REFERÊNCIAS

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Tuberculose**. Disponível em:

<<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/t/tuberculose>>. Acesso em: 13 set. 2023.

CAN SARINOĞLU, R. et al. Tuberculosis and COVID-19: An overlapping situation during pandemic. **The Journal of Infection in Developing Countries**, v. 14, n. 07, p. 721–725, 31 jul. 2020.

FERNANDES MAIA¹, C. M. et al. Tuberculosis in Brazil: the impact of the COVID-19 pandemic. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, p. e20220082, 30 abr. 2022.

MONTI, L. et al. COVID-19 pandemic in the intensive care unit: Psychological implications and interventions, a systematic review. **World Journal of Psychiatry**, v. 13, n. 4, p. 191–217, 19 abr. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **The End TB Strategy**. Disponível em:

<https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/tuberculosis/end-tb-strategy-information-sheet8817f818-feaa-49ac-b26a-92c5b9dca034.pdf?sfvrsn=d6235a67_1&download=true>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Coronavirus disease 2019 Situation Report 51 11th March 2020. **World Health Organization**, v. 2019, n. March, p. 2633, 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Global Tuberculosis Programme**.

Disponível em: <<https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports/global-tuberculosis-report-2022>>.

ZEILEIS, A. et al. strucchange: An R Package for Testing for Structural Change in Linear Regression Models. **Journal of Statistical Software**, v. 7, n. 2, 2002.

Apêndice A – Script utilizado na análise por meio do software R.

```

# Analise de varredura de dados de interações
rm(list = ls())
require(openxlsx)
library(car)
require(car)

## Trabalhando com as taxas de Mortalidade

dt <- read.xlsx("dados de internacao 2703.xlsx",
               sheet="Taxa mortalidade")

plot(dt$TM.tuberculoses, type="l", ylab="taxa mortalidade",
     xlab="ano", col="blue")
grid()
dt$tempo <- seq(1, nrow(dt))
idx <- 3 # 3:14 - Total de 12 doencas
doenca <- names(dt)[idx]
dt$y <- dt[,idx] # Define a doenca de interesse

# Varredura do tempo utilizando variável de interação
tseq <- 3:(nrow(dt)-3)
tseq
R2vec <- rep(NA, length(tseq))
R2vec

for( t in tseq){
  # Gera a variavel dummy
  dt$x <- as.numeric(dt$tempo >= t)

#Modelo de regressão linear utilizando variável de interação e considerando a
quebra estrutural como o tempo ótimo (maior R2 observado)
  modelo <- lm(y ~ tempo + ylag1, data=dt)

```

```

R2vec[t-2] <- summary(modelo)$r.squared
# summary(R2vec)
}
t_otimo <- tseq[ order(R2vec, decreasing=TRUE)[1] ] # 1 primeiro pico, 2,..., para o
outros picos
R2vec.obs <- R2vec

## Resultado final
dt$y <- dt[,idx] # Define a doenca de interesse

par(mfrow=c(2,1))

plot(R2vec.obs ~ tseq, type="l", col="red", lwd=2,
     main = doenca, ylim=c(0,1),
     ylab = "Coeficiente de determinacao (R2)",
     xlab = "ponto de quebra estrutural (tempo)")
grid()
#abline(h = limite, lwd=2, col="black")

# Desenhando o ajuste e mostrando o modelo

dt$x <- as.numeric(dt$tempo >= t_otimo)
modelo <- lm(y ~ tempo * x, data=dt) # tempo + x
modelo
plot(dt$y, type="l", ylab="taxa mortalidade",
     xlab="tempo", col="blue",
     main = doenca)
grid()
lines(predict(modelo), col="red", lty=2, lwd=2)

summary(modelo)
residuos1 <- modelo$residuals #Calcula o vetor de residuos
preditos1 <- predict(modelo) #Calcula os valores preditos
residuos1

```

```

preditos1
# Pressupostos do modelo
#linearidade
plot(modelo$fitted.values, resid(modelo), xlab = "Valores Ajustados", ylab =
"Resíduos", main = "Gráfico de Resíduos vs. Valores Ajustados")
abline(h = 0, col = "red") # Adiciona uma linha horizontal em y = 0
library(lmtest)
require(lmtest)
bptest(modelo)
#independencia dos residuos
library(stats)
require(stats)
acf(residuos1, main = "Gráfico ACF dos Resíduos", col = "red")
#homoscedasticidade
bptest(modelo)
qqnorm(residuos1) ; qqline(residuos1)
shapiro.test(residuos1)
hist(residuos1)
#independencia dos residuos
durbinWatsonTest(modelo)
plot(preditos1, residuos1, main="Ajustados vs. Resíduos")
abline(h=0)
vif_resultados <- vif(modelo)
vif_resultados <- vif(modelo, type = "tempo*x" )
vif(modelo)

cooks_dist <- cooks.distance(modelo)
cooks.distance
observacoes_influentes <- which(cooks_dist > 3)
print(observacoes_influentes)

residuos_studentizados <- rstudent(modelo)
hist(residuos_studentizados)
resi_alto<- which(residuos_studentizados>2)

```

```
print(resi_alto)
print
```

Roteiro utilizado para a análise da quebra estrutural

```
rm(list = ls())
require(openxlsx)
require (car)
require (readxl)
library(strucchange)
## Trabalhando com as taxas de Mortalidade
dt <- read.xlsx("dados de internacao 2703f.xlsx",
               sheet="Taxa mortalidade")

plot(dt$Tuberculosis.mortality.rate, type="l", ylab="taxa mortalidade",
      xlab="ano", col="blue")
grid()

require(strucchange)

Tuberculosis.mortality.rate <- ts(dt$Tuberculosis.mortality.rate,
                                start=c(2015,1),
                                frequency = 12)
plot(Tuberculosis.mortality.rate)

## test the null hypothesis that the annual flow remains constant
## over the years
fs.TB <- Fstats(Tuberculosis.mortality.rate ~ 1)
plot(fs.TB)
sctest(fs.TB)
breakpoints(fs.TB)

## visualize the breakpoint implied by the argmax of the F statistics
plot(Tuberculosis.mortality.rate)
```

```
lines(breakpoints(fs.TB), col="red")
```

```
dt.TB <- cbind(Tuberculosis.mortality.rate,  
              1:nrow(dt))
```

```
dt.TB <- cbind(dt.TB, lag(Tuberculosis.mortality.rate, k=-1))
```

```
colnames(dt.TB) <- c("y", "t", "ylag1")
```

```
dt.TB <- window(dt.TB, start = c(2015, 1), end = c(2022, 12))
```

```
plot(dt.TB[, "y"])
```

```
fs.TB <- Fstats(y ~ t + ylag1, data = dt.TB)
```

```
plot(fs.TB)
```

```
sctest(fs.TB)
```

```
plot(Tuberculosis.mortality.rate)
```

```
print(breakpoints(fs.TB))
```

```
lines(breakpoints(fs.TB))
```