

## COMPARAÇÃO DE MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR COM APLICAÇÕES EM DADOS DE MORTALIDADE POR ACIDENTES DE TRÂNSITO

Joiceane Lima de Carvalho<sup>1</sup>, Karina da Silva Homobono<sup>2</sup>, Hiago Leandro da Costa Pacheco<sup>3</sup>, Carla Dominique Silva Vasconcelos<sup>4</sup>, Simone de Almeida Delphim Leal<sup>5</sup>, Neylan Leal Dias<sup>6</sup>, Edcarlos Vasconcelos da Silva<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) Campus Marco Zero, Macapá-AP.

<sup>2</sup>Acadêmica do Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) Campus Marco Zero, Macapá-AP.

<sup>3</sup>Acadêmico do Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) Campus Marco Zero, Macapá-AP.

<sup>4</sup>Acadêmica do Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) Campus Marco Zero, Macapá-AP

<sup>5</sup>Doutora em Modelagem Computacional, Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), Petrópolis-RJ, professora do Colegiado Matemática da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) Campus Marco Zero, Macapá-AP..

<sup>6</sup>Doutorando em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (UNESP), campus Bauru-SP, prof. do Colegiado de Biologia da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) Campus Oiapoque-AP.

<sup>7</sup>Doutor em Saúde Pública com Ênfase em Métodos Matemáticos, Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), professor do Colegiado Matemática da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) Campus Marco Zero, Macapá-AP.

E-mail: edcarlos.vasconcellos@unifap.br

Recebido em: 15/11/2023 – Aprovado em: 15/12/2023 – Publicado em: 30/12/2023

DOI: 10.18677/EnciBio\_2023D6

### RESUMO

O presente estudo objetivou comparar modelos de regressão linear simples aplicados no contexto de acidentes de trânsito. O uso deste método é importante no sentido de que, ao ter duas ou mais regiões de análise de acidente de trânsito com retas de regressão semelhantes, pode-se tentar diferenciar a tendência de crescimento ou decréscimo de cada região com a comparação estatística dos parâmetros angulares. Como metodologia foram coletados dados sobre mortalidade no trânsito nos Estados do Amapá, Pará, Acre e Amazonas no período de 1996 a 2020, provenientes do banco de dados do Governo Federal DATASUS, taxas de mortalidades foram estimadas segundo os parâmetros do RIPS (2006) para compor a série de dados para a regressão. Um modelo de regressão linear foi estimado para cada estado e comparado via método de Charnet. Um dos resultados mais importantes mostram que o Amapá reduz a taxa de mortalidade ( $Y = -0,64X + 1305,70$ ) no trânsito, se diferenciando estatisticamente ( $p < 0,05$ ) do Pará e do Acre que mostram tendência de crescimento na taxa de mortalidade obedecendo às seguintes retas de regressão:  $Y = 0,39X - 759,69$  e  $Y = 0,35X - 686,25$  respectivamente. Como conclusão, observa-se que este método de comparação de modelos é importante para diferenciar diferentes velocidades de propagação de um

fenômeno, no caso deste estudo, verificou-se que Amapá e Amazonas reduzem suas taxas de mortalidade no trânsito enquanto Pará e Acre aumentam, sendo então informações importantes para formulação de políticas públicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Comparação de modelos; regressão linear; taxa de mortalidade.

## **COMPARISON OF LINEAR REGRESSION MODELS WITH APPLICATIONS IN TRAFFIC ACCIDENT MORTALITY DATA**

### **ABSTRACT**

The present study aimed to compare simple linear regression models applied in the context of traffic accidents. The use of this method is important in that, when having two or more regions of traffic accident analysis with similar regression lines, it is possible to differentiate the trend of growth or decline in each region through statistical comparison of angular parameters. The methodology involved collecting data on traffic mortality in the states of Amapá, Pará, Acre, and Amazonas from 1996 to 2020, sourced from the Federal Government's DATASUS database. Mortality rates were estimated according to RIPSA parameters (2000) to compose the data series for regression. A linear regression model was estimated for each state and compared using the Charnet method. One of the most important results shows that Amapá reduces the traffic mortality rate ( $Y = -0.64X + 1305.70$ ), statistically differing ( $p < 0.05$ ) from Pará and Acre, which show an increasing trend in the mortality rate following the regression lines ( $Y = 0.39X - 759.69$ ) and ( $Y = 0.35X - 686.25$ ), respectively. In conclusion, it is observed that this method of model comparison is important for differentiating different propagation speeds of a phenomenon. In the case of this study, it was found that Amapá and Amazonas reduce their traffic mortality rates while Pará and Acre increase, providing valuable information for the formulation of public policies.

**KEYWORDS:** model comparison; mortality rate; linear regression.

### **INTRODUÇÃO**

A mortalidade no trânsito brasileiro constitui-se em um grave problema da sociedade que ceifa milhares de vidas anualmente. De acordo com Carvalho e Guedes (2023), no período compreendido entre 2010 até 2019 o Brasil registrou 392 mil óbitos por acidentes de trânsito, representando um crescimento de 13.5% nos óbitos em relação a década anterior. Essa estatística representa uma realidade que impacta não apenas as vítimas diretas, mas também suas famílias e a sociedade em geral.

Este cenário vai de encontro aos esforços da Organização das Nações Unidas no sentido da conscientização dos países para a redução da mortalidade no trânsito, em 2010 a ONU lançou a campanha “1ª Década de Ação pela Segurança no Trânsito” que objetivava redução de 50% nos óbitos no trânsito entre os países considerando a década de 2010-2020 e o Brasil não conseguiu se inserir nesta meta proposta pela ONU (CARVALHO;GUEDES,2023).

A década de 2010-2020 mostrou ainda que as regiões Nordeste e Norte experimentaram o maior aumento no número de mortes violentas no trânsito, evidenciando um aumento de cerca de 45% nos óbitos. A fatalidade de usuários de motocicletas, por sua vez, registrou um crescimento significativo, atingindo aproximadamente 150% em comparação com a década anterior. Esse aumento na mortalidade está diretamente relacionado ao expansivo aumento da frota de

automóveis e motocicletas nessas áreas. Enquanto isso, as regiões Sul e Sudeste apresentaram uma redução de 1,5% e 2,8%, respectivamente. Em contraste, a Região Centro-Oeste apresentou aumento notável de 14% nas estatísticas de mortes (CARVALHO;GUEDES,2023).

As altas taxas de mortalidade no trânsito acarretam despesas que ultrapassam a marca de 50 bilhões de reais anualmente, resultando em impacto significativo na economia devido aos dispêndios previdenciários, à diminuição da renda das famílias afetadas e aos elevados custos hospitalares e prejuízos patrimoniais. Dados da Confederação Nacional dos Transportes (CNT, 2023) mostram que os custos dos acidentes e óbitos somente nas rodovias federais foram da ordem de 13 bilhões de reais em 2022, cujas principais causas estão associadas ao não cumprimento das leis de trânsito, dirigir sob efeito de álcool, excesso de velocidade e falta de atenção de motoristas e pedestres.

Conforme se observa, a problemática do trânsito brasileiro é multifacetada, envolvendo fatores como imprudência, falta de fiscalização e infraestrutura inadequada de norte a sul do País. A combinação desses elementos contribui para um cenário perigoso nas estradas, resultando em acidentes frequentes e, em muitos casos, em fatalidades evitáveis

O Brasil tem buscado implementar medidas legislativas com o intuito de reduzir a mortalidade no trânsito. A Lei Seca (BRASIL, 2008), por exemplo, representa uma tentativa de coibir o consumo de álcool por condutores, sendo um esforço para diminuir as causas de acidentes. No entanto, apesar desses esforços, a efetividade da legislação muitas vezes esbarra na necessidade de uma fiscalização rigorosa e na conscientização da população (AQUINO *et al.*, 2020).

Nessa ótica, o Brasil lançou em 2021 o Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesão no Trânsito (BRASIL, 2021), com uma nova proposição para a gestão do trânsito brasileiro cuja meta para a década é a de “reduzir no mínimo à metade o índice nacional de mortos no trânsito por grupo de veículos e o índice nacional de mortos no trânsito por grupo de habitantes, ambos apurados no ano da entrada em vigor da Lei nº 13.614, de 2018” (BRASIL, 2021) para tanto, a atuação do plano focará em seis pilares: Gestão da Segurança no Trânsito; Vias Seguras; Segurança Veicular; Educação para o Trânsito; Atendimento às Vítimas e Normatização e Fiscalização.

Como a década em curso (2020-2030) está inserida no Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesão no Trânsito, os primeiros balanços devem sair no fim de 2030, e espera-se que haja uma efetiva redução tanto de acidentes quanto de óbitos no trânsito brasileiro, em especial nas regiões norte e nordeste(BRASIL, 2021).

A ciência contribui de diversas formas para analisar a mortalidade no trânsito, seja com estudos de tendência temporal, análise de mapas de incidência, distribuição espacial, fatores de risco, entre outros. Para este estudo em tela propôs-se a metodologia de comparação de equações de regressões lineares para fins de verificação se os estados possuem evolução igual nas taxas de mortalidades no trânsito.

Nesta direção, este estudo teve como objetivo geral comparar a evolução temporal das taxas de mortalidades no trânsito de quatro estados da região norte do Brasil. Para se efetivar o objetivo, utilizou-se o método de comparação de retas de regressão linear apresentadas em Charnet *et al.* (2015), Magini e Magalhães (2006) e Guedes *et al.* (2001), de modo que pôde-se inferenciar quais estados possuem igualdade de evolução temporal das taxas de mortalidades no trânsito e quais diferem entre si.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo consistiu em pesquisa de abordagem quantitativa com uso de dados secundários (banco de dados) com recorte temporal compreendidos entre 1996 a 2020. A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal do Amapá por meio do Grupo de Pesquisa em Métodos Quantitativos Aplicados à Educação, Saúde e Ciências da Vida, cuja sede localiza-se na cidade de Macapá-AP local onde os dados foram analisados e escritos durante o ano de 2023.

### Banco de dados do estudo

O banco de dados se refere as taxas de mortalidades brutas por acidentes de trânsito para os estados do Acre, Amapá, Amazonas e Pará que foram baixados no site do DATASUS (<https://datasus.saude.gov.br/mortalidade-desde-1996-pela-cid-10>) sob o código “mortalidade geral” na categoria “acidentes de transporte”.

Adotou-se o recorte temporal de 1996 a 2020 que foi a série disponibilizada pelo sistema do Governo Federal no portal descrito acima. As taxas foram calculadas de acordo com os Indicadores de mortalidade da Rede Interagencial de Informações Para a Saúde – RIPSa (2006) que pertence ao Ministério da Saúde e define essa taxa bruta como sendo:

$$Taxa = \frac{\text{número de óbitos de residentes por acidentes de transporte}}{\text{população total residente}} \square 100000$$

Foram calculadas as taxas de mortalidades no trânsito anuais segundo a população de cada ano para os estados do Amapá, Amazonas, Acre e Pará, conforme a fórmula anterior. O banco final com as taxas e populações são apresentadas na tabela 1 seguinte:

**TABELA 1** – Taxas brutas de mortalidade no trânsito para o Acre, Amapá, Amazonas e Pará

Ano	TX_AC 100 mil hab	TX_AP 100 mil hab	TX_PA 100 mil hab	TX_AM 100 mil hab
1996	17.9	27.7	11.7	14.4
1997	18.9	27.9	13.9	14.9
1998	16.3	22.1	14.0	12.7
1999	13.4	18.8	10.0	11.3
2000	16.0	22.5	12.0	13.4
2001	16.2	24.6	13.5	10.4
2002	17.3	25.5	15.0	11.5
2003	16.2	22.5	14.8	11.4
2004	16.8	22.6	14.5	13.2
2005	16.1	19.7	15.1	13.3
2006	16.9	20.5	15.6	14.5
2007	14.7	16.6	15.6	11.9
2008	15.8	16.2	16.6	14.6
2009	15.5	18.9	14.8	12.8
2010	18.8	22.0	19.4	15.0
2011	19.4	22.7	19.3	16.1
2012	20.9	18.7	22.0	14.6
2013	21.3	19.6	22.3	14.7
2014	21.4	17.7	22.4	13.7
2015	22.0	12.7	21.8	12.5
2016	21.5	12.8	21.0	12.0
2017	23.9	12.3	19.4	10.9
2018	22.9	8.4	18.0	11.9
2019	23.5	10.4	16.6	11.6
2020	24.5	9.3	19.0	11.1

**Fonte:** Banco de dados adaptado do portal Datasus/Tabnet (2022)

Os dados foram modelados a partir das taxas brutas de mortalidade. A opção pela taxa bruta ocorreu em função de que esta é usada como meio de comparação entre os estados. Após o refinamento do banco de dados, foi aplicada a modelagem estatística da regressão linear para estimar os modelos e analisar as tendências de crescimento e decréscimo das taxas bem como a comparação de crescimento/decréscimo entre os estados em estudo.

### **Análise estatística**

Para cada estado foi estimado um modelo de regressão linear do tipo  $Y_i = b_{i0} + b_{i1} X_i + e_i$  estimados por meio do método de mínimos quadrados com uso do programa *Gretl*, disponibilizado gratuitamente na *web*. A qualidade do ajuste foi avaliada pelo Coeficiente de Determinação  $R^2$  e pela normalidade residual de cada modelo. Regressões cujo p-valor foram menores que 0.05 foram consideradas significativas.

A comparação dos modelos de regressão foi feita utilizando o Teste de inclinação das retas, conforme descrito em Charnet *et al* (2015) e Guedes *et al.*, (2001), onde comparam-se a magnitude dos parâmetros de inclinação  $b_{i1}$  ( $Y = b_{i1}X + b_{i0}$ ) de cada regressão (dos estados em estudo), com as seguintes hipóteses estatísticas:

H0:  $b_{i1} = b_{j1}$  (os parâmetros de inclinação são estatisticamente iguais –  $p > 0.05$ )

H1:  $b_{i1} \neq b_{j1}$  (os parâmetros de inclinação são estatisticamente diferentes –  $p < 0.05$ )

Onde na prática, tem-se as seguintes hipóteses em termos dessa investigação:

H0: os estados possuem mesmas taxas de evolução de mortes no trânsito ( $p > 0.05$ )

H1: os estados possuem taxas diferentes de evolução de mortes no trânsito ( $p < 0.05$ )

Por se tratar de dados secundários, não foi necessário registrar a pesquisa em Comitê de Ética.

### **Procedimento de pesquisa**

Após a construção da tabela com os dados das taxas de mortalidades no trânsito apresentadas na tabela 01 anterior, procedeu-se com a elaboração dos modelos de regressões lineares para os estados do Acre, Amapá, Amazonas e Pará. Finalizada esta etapa, implementou-se os testes de comparação de retas utilizando a metodologia abaixo descrita:

### **Teste para igualdade de dois interceptos**

Segundo Charnet *et al* (2015) para testarmos se dois modelos de regressão linear simples ( $Y_1 = b_{10} + b_{11}X$  e  $Y_2 = b_{20} + b_{21}X$ ), nas mesmas variáveis, possuem o mesmo intercepto  $b_0$  devemos testar as hipóteses:

$$H_0: b_{10} = b_{20}$$

$$H_1: b_{10} \neq b_{20}$$

Usa-se a estatística com distribuição T de probabilidade indicada em Charnet

et al (2015) e Guedes, Ivanqui e Martins (2001) :

$$T_{b_0} = \frac{b_{10} - b_{20}}{\sqrt{S_{b_0}}}$$

Onde  $S_{b_0}$  é a variância amostral combinada, estabelecida pela diferença entre os estimadores das inclinações, das retas  $Y_1$  e  $Y_2$  e é calculada conforme a equação seguinte:

$$S_{b_0} = \frac{SQE(1) + SQE(2)}{n_1 + n_2 - 4} \left[ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{\bar{x}_1^2}{S_{x_1}^2} + \frac{\bar{x}_2^2}{S_{x_2}^2} \right]$$

Observe que a variância amostral  $S_{b_0}$ , simplesmente não passa da soma das variâncias amostrais combinadas da diferença entre os estimadores dos interceptos de cada um dos modelos  $Y_1$  e  $Y_2$  onde a variância populacional  $\sigma^2$  é estimada na amostra por  $S_{x_1}^2$  e  $S_{x_2}^2$ , onde SQE são as somas de quadrados de resíduos dos modelos, e  $\bar{x}^2$  são as médias quadradas das respectivas variáveis  $x_1$  e  $x_2$ , combinadas com o tamanho da amostra  $n_1$  e  $n_2$  de cada grupo.

Então, a estatística do teste explicitada em  $T_{b_0}$ , perante a hipótese nula, é uma distribuição T de *Student* com graus de liberdade representado por  $n_1 + n_2 - 4$ . Consequentemente, para um teste em nível de significância  $\alpha$ , rejeita-se  $H_0$  se,

$$|T_{b_0}| \geq t_{\left(\frac{\alpha}{2}, (n_1 + n_2 - 4)\right)}$$

### Teste para igualdade das inclinações

Para se fazer uma comparação das inclinações em ambos os modelos ( $Y_1 = b_{10} + b_{11}X$  e  $Y_2 = b_{20} + b_{21}X$ ), testa-se as seguintes hipóteses:

$$H_0: b_{11} = b_{21}$$

$$H_1: b_{11} \neq b_{21}$$

Usa-se a estatística:

$$T_{b_1} = \frac{b_{11} - b_{21}}{\sqrt{S_{b_1}}}$$

Parâmetro  $S_{b_1}$  é estimada por:

$$S_{b_1} = \frac{SQE(1) + SQE(2)}{n_1 + n_2 - 4} \left[ \frac{1}{S_{x_1}^2} + \frac{1}{S_{x_2}^2} \right]$$

Semelhante ao teste anterior apresentado, a expressão  $S_{b_1}$  é a variância amostral da diferença entre os estimadores das inclinações (coeficientes angulares) das duas retas, considerando a autonomia entre as duas amostras e utilizando  $\sigma^2$

estimado pela amostra conjunta  $S_{b_1}$ .

Em vista disso, para um teste de  $\alpha$ , rejeita-se  $H_0$  se

$$|T_{b_1}| \geq t_{\left(\frac{\alpha}{2}, (n_1+n_2-4)\right)}$$

Se o teste apontar aceitação de  $H_0$ , infere-se que não há diferença entre os valores dos respectivos coeficientes angulares dos modelos em teste (Charnet et al, 2015) ou seja, para uma comparação de taxa de mortalidade no trânsito, isso indica evolução estatisticamente igual entre dois grupos. Para este estudo, operou-se somente com o teste de inclinações, suficiente para indicar diferenças de evolução entre os estados que foram escolhidos para o estudo.

### Teste de coincidência das retas

Se os modelos apresentam o mesmo intercepto e a mesma inclinação pode-se inferir que as duas retas são coincidentes. Efetuando os testes de intercepto e inclinação, de forma contínuo, poderá se ter a coincidência das retas, além disso, a hipótese de reta única será rejeitada se houver, no mínimo, uma rejeição nos testes sequenciados individualmente.

Não havendo a rejeição da hipótese de coincidência das duas retas, poderá se concluir que certamente um único modelo de regressão linear simples pode ser utilizado para traçar os dois grupos.

No que se refere a formulação das hipóteses, deve se considerar as seguintes hipóteses para o teste de coincidência das retas:

$$H_0: b_{10} = b_{20} \text{ e } b_{11} = b_{21}$$

$$H_1: b_{10} \neq b_{20} \text{ ou } b_{11} \neq b_{21}$$

As análises em separado dos interceptos e das inclinações levam então à conclusão acerca do paralelismo e coincidência de retas, inferindo que o fenômeno se desenvolve no tempo de forma igual entre os fenômenos ou de forma diferente.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nas taxas de mortalidades no trânsito do Acre, Amapá, Amazonas e Pará, foram estimados os seguintes modelos de regressão lineares para cada estado:

**TABELA 2** – Apresentação dos modelos de regressão lineares dos estados em estudo

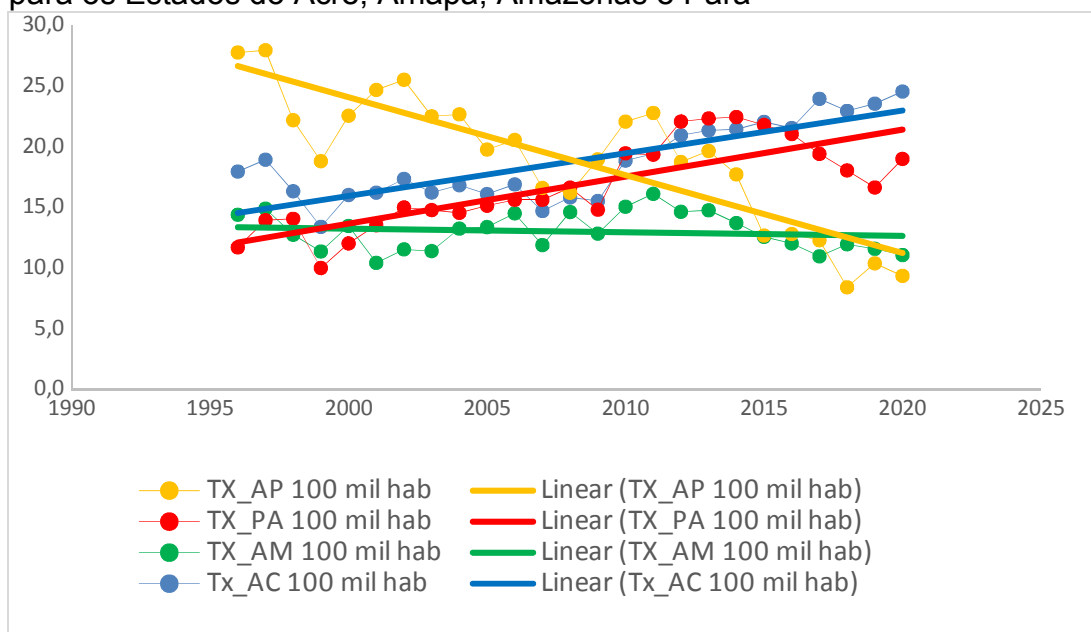
Estado	Modelo	b1	P	Tendência	R <sup>2</sup>	Norm
AP	Y = - 0,64X + 1305,70	-0,64	< 0,001	Decrescente	0,7393	0,9541
AC	Y = 0,35X - 686,25	0,35	< 0,001	Crescente	0,6540	0,7951
AM	Y = - 0,03X + 72,51	-0,03	0,5040	Estabilidade	0,0196	0,6863
PA	Y = 0,39X - 759,69	0,39	< 0,001	Crescente	0,6438	0,9875

**Fonte:** Os autores (2023)

Com base nos critérios de tendência apresentados em Sousa *et al.* (2020), observa-se na tabela 2 que os parâmetros de inclinação  $b_{i1}$  dos estados, foram

considerados nessa ordem AP, AC, AM e PA, decrescente ( $b_1AP = -0,64$  e  $p < 0,001$ ), crescente ( $b_1AC = 0,35$  e  $p < 0,001$ ), estável ( $b_1AM = -0,03$  e  $p = 0,504$ ) e crescente ( $b_1PA = 0,39$  e  $p < 0,001$ ). Os coeficientes de determinação  $R^2$  de cada modelo explicam razoavelmente as variâncias de dados conforme indicado na tabela 2. Os valores da coluna “Norm” indicam os resultados do teste de normalidade dos resíduos onde observam-se que todos os modelos apresentaram normalidade residual ( $p > 0.05$ ), portanto, são modelos adequados estimar a taxa de mortalidade de cada estado.

**GRÁFICO 1** – Retas de regressão das taxas de mortalidades no trânsito para os Estados do Acre, Amapá, Amazonas e Pará



Fonte: Os autores (2023)

A tabela 3 apresenta os parâmetros para comparação das retas de taxa de mortalidade bruta no trânsito dos estados com os parâmetros  $n$ , que representa o número do tamanho amostral,  $S_{xx}$  que é a soma dos quadrados de desvios da variável  $X$  e  $SQ_{res}$  que é a soma de quadrados dos resíduos (soma de quadrados de erros), esses elementos são necessários para calcular a distribuição  $T$  de Student e a variância conjunta dos coeficientes angulares.

**TABELA 3** – Parâmetros para comparação dos modelos quanto a inclinação de reta

Estado	$b_1$	95%IC		N	$S_{xx}$	$SQ_{res}$
AP	-0,64	-0,80	-0,47	25	1299,58	188,18
AC	0,35	0,27	0,46	25	1300,01	84,78
AM	-0,03	-0,12	0,06	25	1267,03	107,49
PA	0,39	0,26	0,51	25	1299,95	57,04

Fonte: Os autores (2023)

Os resultados da tabela 3 indicam que, no intervalo de 25 anos, o Amapá vem reduzindo gradativamente a mortalidade no trânsito a uma velocidade de -0,64 óbitos para cada 100 mil habitantes (podendo variar entre -0,80 a -0,47). O estado do Acre vem aumentando a taxa de mortalidade no trânsito a uma velocidade de



0,35 óbitos para cada 100 mil habitantes (podendo variar entre 0,27 a 0,46). O estado do Amazonas vem mantendo trajetória constante no número de mortes no trânsito. O estado do Pará tem aumentando relativamente a taxa de mortalidade no trânsito com velocidade de 0,39 óbitos para cada 100 mil habitantes (podendo variar entre 0,26 a 0,51).

A Tabela 4 apresenta os valores de T calculado ( $T_{calc}$ ) para cada dupla de estados. Os estados do Amapá e Amazonas apresentaram  $T_{calc}$  de 6,77, já Amapá e Pará apresentaram  $T_{calc}$  de -10,42, Amapá e Acre apresentaram  $T_{calc}$  de 10,43 e Amazonas e Pará apresentaram  $T_{calc}$  de 5,69, Acre e Pará apresentaram  $T_{calc}$  de 0,50. Esses valores de  $T_{calc}$  são comparados com os valores de T tabelado ( $T_{tab}$ ) segundo  $n_1 + n_2 - 4$  graus de liberdade da distribuição T de probabilidade.

**TABELA 4 –** Matriz de  $S_b$  e módulo de  $T_{calc}$

Estado	$S_b$				$T_{calc}$			
	AC	AP	AM	PA	AC	AP	AM	PA
AC	-	0,0090	0,0046	0,0063	-	10,43	5,55	0,50
AP	0,0090	-	0,0081	0,0097	10,43	-	6,77	10,42
AM	0,0046	0,0081	-	0,0054	5,55	6,77	-	5,69
PA	0,0063	0,0097	0,0054	-	0,50	10,42	5,69	-

**Fonte:** Os autores (2023)

A decisão final sobre a igualdade de inclinação das retas de mortalidade entre os estados do Amapá, Acre, Amazonas e Pará é feita rejeitando  $H_0$  se:

$$|T_{calc}| \geq T_{\left(\frac{\alpha}{2}, (n_1+n_2-4)\right)}$$

Um resumo com as hipóteses comparadas são visualizados na tabela 5 que, de acordo com os graus de liberdade da tabela T e um nível alfa ( $\alpha$ ) de 5%, estimam um valor tabelado de 1,67. Os dados de decisão estão na tabela a seguir.

**TABELA 5 –** Resumo com dados comparativos entre T calculado e T tabelado

Comparação	Módulo de T	T tab	Decisão
AP-PA	10,61	1,67	Rejeita-se $H_0$ . As inclinações são diferentes
AP-AM	6,93	1,67	Rejeita-se $H_0$ . As inclinações são diferentes
AP-AC	10,43	1,67	Rejeita-se $H_0$ . As inclinações são diferentes
AM-PA	5,76	1,67	Rejeita-se $H_0$ . As inclinações são diferentes
AM-AC	5,55	1,67	Rejeita-se $H_0$ . As inclinações são diferentes
PA-AC	0,50	1,67	Aceita-se $H_0$ . As inclinações são iguais

**Fonte:** Os autores (2023)

A tabela 5 indica que Amapá e Pará possuem evolução diferente em suas respectivas retas de regressão, Amapá reduz a mortalidade e Pará aumenta a mortalidade. Amapá e Amazonas possuem evolução diferente em suas respectivas retas de regressão, Amapá reduz a mortalidade e Amazonas apresenta média constante da taxa de mortalidade. Como já era esperado, Pará e Acre apresentam inclinações iguais, indicando que ambos estados aumentam na mesma velocidade as taxas de mortalidades no trânsito, como já era observado no gráfico 1.

A análise dos dados sugere que o estado do Amapá registra tendência decrescente na mortalidade no trânsito, com diminuição anual de -0,67 óbitos por 100 mil habitantes ao longo do período estudado. Nesse contexto, o Amapá contrasta com o Amazonas, onde a mortalidade no trânsito mostra evolução constante (média constante na taxa anual de mortalidade).

Além disso, o Amapá difere-se do Pará, que revela tendência de aumento na mortalidade no trânsito, com um acréscimo anual de 0,39 óbitos por 100 mil habitantes e também do Acre com um acréscimo anual de 0,35 óbitos por 100 mil habitantes. Vale ressaltar que o Amazonas e o Pará também divergem no sentido em que o Amazonas apresenta taxa constante de evolução na mortalidade, enquanto o Pará mostra tendência de crescimento. Pará e Acre, por terem taxas de mortalidades anuais semelhantes (0,39 e 0,35) os testes apontaram igualdade de taxas, indicando que nesses estados a evolução dos óbitos no trânsito ocorrem em mesma magnitude.

Estudos de tendência temporal de mortalidade no trânsito tem sido reportados na literatura como em Fernandes e Boing (2019) que analisaram a mortalidade de pedestres no trânsito numa série temporal de 1996 até 2015 no Brasil e também em Anzolin *et al* (2020) que estudaram as mortalidades no trânsito no estado de Santa Catarina no período de 1996 à 2016. Em ambos estudos não foram apresentadas comparações de modelos, embora conseguiram demonstrar as tendências (crescimento e decrescimento) sem comparar os grupos via regressão.

Fernandes e Boing (2019) identificaram que “óbitos de pedestres corresponderam a 26,5% das mortes por acidentes de trânsito e a mortalidade entre pedestres diminuiu 63,2% no País”. Anzolin *et al* (2020), observaram que houve redução geral dos óbitos em Santa Catarina no período considerado caindo de 38,41 óbitos por 100 mil hab (1996) para 22,9 óbitos por 100 mil hab (2016), nesse período, o Amapá caiu de 27,7 para 12,8 óbitos por 100 mil hab, enquanto o Acre oscilou positivamente de 17,9 para 21,5, Pará oscilou positivamente de 11,7 para 21,0 e Amazonas reduziu discretamente de 14,4 para 12,0 (ver tabela 1).

Nos estudos de Nunes *et al*. (2021), os pesquisadores utilizaram as técnicas de séries temporais interrompidas para analisar o impacto da “Lei Seca” sobre a mortalidade por acidentes de trânsito nos estados do Brasil. Os resultados mostraram que a lei seca não foi suficiente para reduzir as mortalidades no trânsito e indica que Amapá diminuiu de modo não significativo a sua taxa de mortalidade no trânsito, enquanto que Amazonas e Acre aumentaram de modo significativo suas taxas de mortalidades e Pará aumentou de modo não significativo a taxa de mortalidade.

Os resultados do estudo de Nunes *et al* (2021) mantém coerência parcial de resultado com os que são apresentados no artigo em tela, justifica-se pelo fato dos autores citados usarem uma série de 2002 até 2015 enquanto neste estudo operou-se com uma série variando de 1996 até 2020.

Em Aquino *et al*. (2020), os pesquisadores apresentaram um estudo sobre mortalidade no trânsito no Brasil comparando capitais e não capitais. Os resultados deste estudo apresentaram consonância com os resultados deste artigo. Aquino *et al*. (2020) mostram que Amapá possui taxa de mortalidade estável, Acre, Amazonas e Pará apresentam taxas crescentes, o período do estudo teve recorte temporal de 2000 a 2016.

## CONCLUSÕES

O propósito deste estudo foi comparar a tendência temporal das taxas de mortalidade no trânsito em quatro estados da região Norte do Brasil, utilizando o método de comparação de duas retas de regressão. O Amapá destacou-se ao reduzir significativamente a taxa de mortalidade ao longo do tempo.

Elenca-se como pontos positivos do estudo a coerência entre os modelos de regressão estimados e sua distribuição comparativa com os dados reais, que permitiram fazer uma análise segura e robusta dos dados. Como pontos negativos relatam-se: (a) estudo limitou-se ao conjunto geral de dados, teria-se um diagnóstico mais preciso se fossem aplicados estratos populacionais como crianças, jovens, adultos e idosos; (b) não foi utilizado o banco de dados total com os 27 estados da federação, pois demandaria maior tempo de estudo para analisar os dados.

Estudos *a posteriori* serão realizados para que se tenha um panorama da real situação da mortalidade no trânsito brasileiro, cabendo inclusive a análise da questão dos acidentes fatais com motocicleta, haja vista a expansão desse veículo no Brasil nos últimos 20 anos.

Nesta direção, o método de comparação de retas revelou ser uma abordagem estatística altamente eficaz para analisar fenômenos de magnitude semelhante que evoluem ao longo do tempo, e ainda é uma metodologia pouco explorada na literatura. Esperamos que esses resultados possam contribuir para o avanço do conhecimento nessa área e para a disseminação de saberes.

Como sugestão para novos estudos indica-se uma análise de mortalidade no trânsito para os casos específicos relacionados ao consumo de bebidas alcóolicas, pois seria de grande relevância para a academia e para gestores do trânsito e de saúde pública conhecer com profundidade os óbitos com essas características.

## REFERÊNCIAS

ANZOLIN, V.; NAZARIO, N. O.; PORSCHE, P. S. Tendência Temporal da Mortalidade por Acidentes de Transporte Terrestre no Estado de Santa Catarina, entre 1996-2016. **Arquivos Catarinense De Medicina**, 49(2), 02–13. 2020 Recuperado de <https://revista.acm.org.br/index.php/arquivos/article/view/538> Acesso em 10/11/23

AQUINO, E. C. de; ANTUNES, J. L. F.; MORAIS NETO, O. L. de. Mortalidade por acidentes de trânsito no Brasil (2000–2016): capitais versus não capitais. **Revista Saude Pública**. 54:122.2020. DOI <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2020054001703>

BRASIL. **LEI Nº 11.705 de 19 de junho de 2008**. Disponível em [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/lei/l11705.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2011.705%2C%20DE%2019%20DE%20JUNHO%20DE%202008.&text=220%20da%20Constitui%C3%A7%C3%A3o%20Federal%2C%20para,Art.](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11705.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2011.705%2C%20DE%2019%20DE%20JUNHO%20DE%202008.&text=220%20da%20Constitui%C3%A7%C3%A3o%20Federal%2C%20para,Art.) Acesso em 10/11/23

BRASIL. **Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesão no Trânsito**. 2021. Recuperado de [https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/Anexo\\_I\\_pnatrans.pdf](https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/Anexo_I_pnatrans.pdf) Acesso em 05/11/23

CARVALHO, C. H. R. de; GUEDES, E. P. **Balanço da 1ª década de ação pela segurança no trânsito no Brasil e perspectivas para a 2ª década**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA. 2023. Recuperado de **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO, v.20 n.46; p. 76 2023**

[https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/12250/1/NT-Balanco\\_Primeira\\_Publicacao\\_Preliminar.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/12250/1/NT-Balanco_Primeira_Publicacao_Preliminar.pdf) acesso em 05/11/23

CHARNET, R.; FREIRE, C. A. de L.; CHARNET, E. M. R.; BONVINO, H.. **Análise de Modelos de Regressão Linear com aplicações**. 2ª Edição. São Paulo: Editora da Unicamp, 2015.

CNT. **Acidentes e mortes nas rodovias federais custaram ao país quase R\$ 13 bilhões em 2022**. Confederação Nacional do Transporte. 2023. Recuperado de <https://cnt.org.br/agencia-cnt/acidentes-e-mortes-nas-rodovias-federais-custaram-ao-pais-quase-13-bilhoes-em-2022> Acesso em 05/11/23

FERNANDES, C. M.; BOING, A. C. Mortalidade de pedestres em acidentes de trânsito no Brasil: análise de tendência temporal, 1996-2015. **Epidemiologia e serviço de saúde**, 28 (1) 2019 Disponível em <https://www.scielo.br/j/ress/a/WVjSCXkfC9Ztv5yYGGsxCpd/#> DOI <https://doi.org/10.5123/S1679-49742019000100021>

GUEDES, T.A.; IVANQUI, I.L.; MARTINS, A.B.T.; Comparando equações de regressão em dados de saúde. **Acta Scientiarum**. v. 23, n. 6, p. 1531-1535, 2001. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/267829159\\_Comparando\\_equacoes\\_de\\_regressao\\_em\\_dados\\_de\\_saude](https://www.researchgate.net/publication/267829159_Comparando_equacoes_de_regressao_em_dados_de_saude) Acesso em 22/11/23

MAGINI, M.; MAGALHÃES, S. R. S. **Comparação entre Modelos de Regressão Lineares Aplicados à Área Médica**. Universidade do Vale do Paraíba –UNIVAP. 2006. Disponível em: < [https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2006/epg/04/EPG0000035\\_ok.pdf](https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2006/epg/04/EPG0000035_ok.pdf)>. Acesso em: 01/11/2023.

NUNES, H. R de C.; MURTA-NASCIMENTO, C.; LIMA, M. C. P. Impacto da Lei Seca sobre a mortalidade no trânsito nas unidades federativas do Brasil: uma análise de série temporal interrompida. **Revista brasileira de epidemiologia**, 24 • 2021. <https://doi.org/10.1590/1980-549720210045>

RIPSA. **Taxa de Mortalidade por Acidentes de Transporte**. Tabnet.gov.br, 2006. Disponível em: <[http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb2000/fqc12\\_1.htm](http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb2000/fqc12_1.htm)>. Acesso em: 25/10/2023.

SOUSA, R. A. de.; SOUSA, C. M. De S.; SILVA, F. R. S.; RODRIGUES, M. T. P.; CARDOSO, O. De O.; MASCARENHAS, M. D. M. Tendência Temporal e Distribuição Espacial da Mortalidade por Acidentes de Trânsito no Piauí, 2000 – 2017. **Epidemiologia e saúde**, Editor associado: Bruno Pereira Nunes. p. 1 – 11, Julho, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.org/pdf/ress/2020.v29n5/e2019558/pt>>. Acesso em: 09/08/2023.