

O EFEITO DISSUASÓRIO DOS REDUTORES ELETRÔNICOS DE VELOCIDADE URBANOS EM ARACAJU SOB A ÓTICA DA ECONOMIA DO CRIME (2018-2021)

Rangel Cabelê Moreira¹

Marco Antonio Jorge²

Anderson Moreira Aristides dos Santos³

Keuler Hissa Teixeira⁴

RESUMO

O trabalho busca analisar o impacto dos Redutores Eletrônicos de Velocidade (radares) na segurança viária, bem como os fatores que contribuem para o aumento dos acidentes graves no município de Aracaju fundamentando-se na teoria da dissuasão e na Economia do Crime, que destacam a importância da percepção de risco para desencorajar comportamentos inadequados no trânsito. Para tanto, o trabalho utiliza uma base de dados primários da Secretaria Municipal de Trânsito (SMTT) contendo todos os acidentes ocorridos no período de 01.01.2018 a 31.12.2021 e explora um quase-experimento decorrente da paralisação de 4 dos 57 radares do município aplicando o método de diferenças-em-diferenças, bem como uma regressão logística para verificação da robustez dos resultados. Ao contrário do esperado, os radares não afetam a probabilidade de ocorrência de acidentes com vítimas no período analisado. Por outro lado, a presença de cruzamentos e o período noturno elevam essa probabilidade em 2,5% e 9,6%, respectivamente.

Palavras-chaves: Economia do Crime; Acidentes de Trânsito com Vítimas; Radares.

THE DETERRENT EFFECT OF URBAN ELECTRONIC SPEED REDUCER IN ARACAJU FROM THE PERSPECTIVE OF THE ECONOMICS OF CRIME (2018-2021)

ABSTRACT

This paper analyzes the impact of Electronic Speed Reducers (radars) on road safety and the factors contributing to the increase in serious accidents in the city of Aracaju, based on deterrence theory and the Economics of Crime, which emphasize the importance of risk perception in discouraging inappropriate traffic behavior. To this end, the study uses a database from the Municipal Traffic Department (SMTT) containing all accidents that occurred between January 1, 2018, and December 31, 2021. It explores a quasi-experiment resulting from the shutdown of four of the city's 57 speed cameras, applying the difference-in-differences method and logistic regression to verify the robustness of the results. Contrary to expectations, the speed cameras do not affect the probability of accidents with victims during the period analyzed. However, the presence of intersections and nighttime increased this probability by 2.5% and 9.6%, respectively.

Keywords: Economics of Crime; Traffic Accidents with Victims; Speed Reducer Devices.

Área de Submissão: 9

Classificação JEL: K 42, H 75.

¹ Bacharel em Economia pela Universidade Federal de Sergipe (UFS).

² Universidade Federal de Sergipe (UFS).

³ Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

⁴ Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

1. INTRODUÇÃO

Os acidentes no trânsito são um problema global, com a Organização das Nações Unidas (ONU) tendo lançado, em 2010, uma campanha de Ação pela Segurança no trânsito para a década que tinha como objetivo a redução em 50% nos acidentes de trânsito até 2020. No entanto, segundo levantamento do Instituto de Pesquisa e Economia Aplicada – IPEA (2023), houve aumento de 13,5% no número absoluto de mortes em relação à década anterior, com uma taxa de mortalidade por 100 mil habitantes que cresceu 2,3%, tornando o Brasil o 5º país no ranking mundial de vítimas de trânsito. O custo anual global de acidentes de trânsito é estimado em \$500 bilhões de dólares, e as pessoas mais atingidas são as que estão na faixa etária produtiva, que vai de 15 a 39 anos de idade (COSTA NETO et al., 2020).

Segundo relatório do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (2020), morrem no Brasil, em média, vítimas de acidentes de trânsito, 45 mil pessoas por ano e outras 300 mil ficam com lesões graves. Essa quantidade de acidentes custa aos cofres públicos R\$ 50 bilhões por ano, além de ser uma das principais causas de mortes no Brasil.

No município de Aracaju, entre 2018 e 2021, ocorreram 12.956 sinistros de trânsito. 936 deles ocorreram próximos ou em locais onde radares funcionavam (7,2%). Paralelo a isso, a frota de veículos em circulação na capital sergipana subiu de 309.002 em 2018 para 326.915 em 2021, representando um aumento de 5,8%, de acordo com os números do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Nesse contexto, os Redutores Eletrônicos de Velocidade, comumente conhecidos como radares, emergem como uma ferramenta potencialmente eficaz para controlar a velocidade dos veículos e, conseqüentemente, reduzir a gravidade dos acidentes.

Ao observar a quantidade de sinistros próximos aos radares, e aproveitando a paralisação de 4 dos 57 radares existentes no município no período de análise, o presente trabalho se propõe a responder à seguinte questão de pesquisa: será que, de fato, os radares provocam o efeito dissuasor esperado sobre os indivíduos?

A hipótese assumida é a de que os redutores eletrônicos de velocidade tenham dissuadido os condutores de exceder os limites de velocidade permitidos e, desse modo, contribuído para a redução no número dos sinistros de trânsito, principalmente os com vítimas no município de Aracaju.

Assim, o objetivo deste trabalho é o de analisar o efeito dissuasório dos Redutores Eletrônicos de Velocidade sobre os sinistros de trânsito envolvendo veículos, condutores, passageiros e pedestres, com vítimas, no município de Aracaju. O estudo proposto também tem como intuito analisar os fatores que contribuíram para o aumento desses acidentes no referido município no período.

Como objetivos específicos, busca-se: i. fundamentar a análise do comportamento dos condutores e a compreensão dos acidentes com base na literatura da área da Economia do Crime; ii. utilizar uma base de dados primários disponibilizados pela Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito de Aracaju (SMTT) e iii. talhar uma análise descritiva dos dados de sinistros no trânsito do Município de Aracaju;

A metodologia deste estudo será baseada na análise de dados de todos os sinistros de trânsito ocorridos em Aracaju entre 01.01.2018 e 31.12.2021, disponibilizados pela Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito de Aracaju (SMTT), utilizando o método de diferenças-em-diferenças para avaliar o impacto dos Redutores Eletrônicos de Velocidade (radares) na segurança viária, explorando o fato de que durante o período de 8 de outubro de 2019 a 19 de agosto de 2020 quatro dos 57 radares da cidade estiveram fora de operação.

O trabalho está estruturado em cinco seções, incluindo esta introdução. Na segunda seção, apresenta-se o referencial teórico, onde são discutidas as teorias relacionadas à Economia do Crime e à segurança viária. A seção seguinte aborda a metodologia utilizada, detalhando o

método de diferenças-em-diferenças que será aplicado na análise dos dados de sinistros. A quarta seção apresenta inicialmente uma análise descritiva dos dados, os resultados encontrados no modelo de diferenças em diferenças e, por fim, realiza alguns exercícios para verificar a robustez dos resultados. A última seção traz as principais conclusões da pesquisa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A economia do crime é uma área de estudo que utiliza princípios da teoria econômica para entender o comportamento criminoso e a aplicação da lei. Este campo começou a se formalizar com a publicação do artigo seminal de Gary Becker, "*Crime and Punishment: An Economic Approach*" (1968), o qual estabeleceu as bases para analisar o comportamento criminal através de uma perspectiva econômica, examinando como indivíduos tomam decisões racionais ao considerar os custos e benefícios de cometer crimes.

Na teoria econômica do crime é sugerido que os indivíduos estão mais propensos a cometer crimes quando os benefícios de tal ato superam os custos/punições. Esse raciocínio nos remete à análise neoclássica do comportamento do mercado, onde os agentes buscam maximizar seus ganhos e reduzir suas perdas. “O principal pressuposto desse modelo é o de que os criminosos não possuem motivações radicalmente diferentes daquelas dos demais indivíduos” (JORGE, 2015, p.27).

A eficácia das medidas de fiscalização, como a instalação de radares, lombadas e outras tecnologias se baseia em teorias de comportamento humano e na economia da escolha racional, as quais sugerem que os indivíduos, ao tomarem decisões, avaliam os custos e benefícios de suas ações. No contexto do trânsito, isso significa que os motoristas consideram as consequências de suas ações, como a possibilidade de multa por excesso de velocidade.

Quando radares são instalados, eles não apenas atuam como um mecanismo de punição para aqueles que violam as regras de trânsito, mas também criam um efeito dissuasor. A presença visível de radares aumenta a percepção de risco entre os motoristas, fazendo com que eles se sintam mais propensos a respeitar os limites de velocidade. Isso ocorre porque, ao perceberem que a probabilidade de serem multados é alta, os motoristas ajustam seu comportamento para evitar penalidades.

De acordo com Mankiw (2009), o incentivo é algo que induz as pessoas a agirem e quando os formuladores de políticas não consideram como essas políticas afetam os incentivos, as consequências podem ser diferentes das desejadas.

[...] Dirigir devagar e com cautela é custoso porque consome tempo e energia do motorista. Ao decidirem o nível de cuidado tomado ao dirigir, as pessoas racionais comparam, talvez de forma inconsciente, o benefício marginal de dirigir com cuidado ao custo marginal. Dessa forma, elas dirigem mais devagar e com mais cuidado quando o benefício do aumento da segurança é elevado. (Mankiw, 2009, p.7)

Fazendo uma readaptação do raciocínio do Mankiw (2009), e levando em consideração como os radares afetam o cálculo do custo-benefício dos motoristas, os radares aumentam os custos dos sinistros e de infrações porque elevam a probabilidade de punição, levando os motoristas a obedecerem à sinalização e aos radares. Mas, por outro lado, a lentidão no trânsito pode levar alguns motoristas a ficarem ansiosos ou irritados e a acabarem descumprindo as normas e causando sinistros. Segundo a Secretaria Nacional de Trânsito – SENATRAN, as três principais causas de sinistros no trânsito são: a falta de atenção, desobediência à sinalização e velocidade incompatível.

Considerando o raciocínio de Jeremy Bentham (2008) sobre o modelo panóptico e sua expansão pelo conceito de Sociedade Disciplinar de Michel Foucault, podemos entender o panóptico como um dispositivo de vigilância contínua projetado para monitorar uma prisão

circular a partir de um ponto central. O objetivo era assegurar o bom comportamento dos presos por meio da sensação constante de observação. Para Foucault, o panóptico visava controlar, punir, recompensar e corrigir os indivíduos através da vigilância individual contínua.

Ao aplicar esse conceito ao contexto dos radares de velocidade, podemos imaginar essas estruturas como torres de observação que vigiam constantemente o comportamento dos motoristas. Assim como o panóptico, os radares criam um sistema onde os motoristas são incentivados a seguir as normas de velocidade para evitar multas e custos associados a sinistros. No entanto, se uma dessas torres de observação falhar, a sensação de vigilância se dissolve e os motoristas podem começar a agir conforme seus próprios interesses, desconsiderando as normas de segurança.

Esse comportamento é coerente com a teoria econômica do crime, que sugere que os indivíduos tomam decisões racionais baseadas na comparação entre os custos e benefícios de suas ações. Sem a ameaça iminente de punição e a promessa de recompensa, o equilíbrio entre os incentivos para seguir as regras e os custos de desobedecer a elas é perturbado, resultando em um aumento potencial de comportamentos de risco e, conseqüentemente, de acidentes. Assim, o modelo panóptico aplicado aos radares ilustra como a percepção de vigilância influencia o comportamento e a eficácia das políticas de segurança rodoviária.

Segundo Trumbull (1990, p. 212 apud K. Veisten *et al*, 2013, p. 269-270), a análise de custo-benefício é uma ferramenta de tomada de decisão que funciona necessariamente dentro de restrições sociais. Trumbull argumenta que as violações das leis de trânsito, como o excesso de velocidade, não devem ser consideradas como parte dos benefícios que podem ser avaliados em uma análise de custo-benefício, pois a violação dessas normas não deve ser compensada por quaisquer ganhos que os infratores possam obter, mas admite que o surgimento de novas restrições sociais ou o reajuste de alguma já existente, como a instituição da redução da velocidade em algum trecho, causa perda de tempo aos motoristas e, nesse caso, deve ser incluída na análise do custo-benefício.

Elvik (2006, *apud* K. Veisten *et al*, 2013, p. 269-274) também discorda da inclusão dos benefícios dos infratores na análise de custo-benefício, embora considere uma gama mais ampla de fatores, incluindo a análise de como as preferências individuais podem influenciar a segurança rodoviária. Elvik argumenta que a inclusão dos benefícios dos infratores na análise de custo-benefício distorce a avaliação da eficácia das políticas de segurança rodoviária e que as leis de trânsito, como os limites de velocidade, devem ser tratadas como instituições absolutas que não toleram violação.

A diminuição da velocidade e a adoção de medidas de segurança nas vias urbanas têm o potencial de influenciar a segurança pública, o que, por sua vez, pode reduzir a frequência de acidentes de trânsito, considerados uma forma de crime contra a segurança viária (Domenichini, Branzi, & Meocci, 2018). Fatores econômicos e sociais influenciam a criminalidade, e a segurança nas estradas pode ser vista como um aspecto que afeta o comportamento dos motoristas e a probabilidade de acidentes, que têm custos sociais e econômicos significativos.

De acordo com Domenichini, Branzi, & Meocci (2018), medidas para acalmar o tráfego, quando bem projetadas, podem se alinhar com as capacidades e expectativas dos motoristas, promovendo um comportamento de condução mais seguro. A dissuasão na segurança viária implica que medidas de segurança e a redução de velocidade podem desencorajar comportamentos de condução arriscados, como o excesso de velocidade, que frequentemente leva a acidentes, sendo vista como uma consequência positiva da implementação de medidas de segurança nas vias urbanas, mas apenas quando estas se alinham com as capacidades e expectativas dos motoristas, ou seja, a análise de custo-benefício de cada indivíduo.

Essas teorias sustentam a ideia de que a implementação de medidas de fiscalização, como radares, não apenas serve para punir comportamentos inadequados, mas também para

prevenir a ocorrência de infrações ao criar um ambiente onde os motoristas são mais propensos a respeitar as regras de trânsito.

Graves, Lee e Sexton (1989) discutem a relação entre limites de velocidade e segurança, enfatizando que esses limites frequentemente não refletem as condições reais das estradas e o comportamento dos motoristas. Eles argumentam que limites ideais devem ser fundamentados em dados empíricos que considerem tanto a segurança quanto a eficiência do tráfego. Limites excessivamente baixos podem resultar em desrespeito das leis, enquanto limites mais realistas tendem a promover maior conformidade e segurança. Os autores também abordam o custo da aplicação das leis de trânsito, sugerindo que a eficácia dos limites de velocidade deve ser avaliada não apenas pela conformidade, mas pela relação custo-benefício da fiscalização e da educação dos motoristas.

Esses argumentos ressaltam a complexidade da formulação de políticas de trânsito e a necessidade de uma abordagem baseada em evidências, que se alinha com a Economia do Crime, ao considerar como as decisões dos motoristas são influenciadas por incentivos e penalidades, refletindo a interação entre comportamento humano e regulamentação.

Para Jelnov e Klunover (2022) alguns reguladores podem determinar níveis de atividade prejudiciais à sociedade. Para minimizar esse dano causado pelos reguladores, eles apresentam uma análise inovadora sobre a eficácia de esquemas de punição aleatória na regulação de atividades que causam danos à sociedade, desenvolvendo um modelo teórico no qual um agente obtém utilidade ao realizar uma atividade prejudicial, enquanto um regulador estabelece um nível de atividade que, ao ser ultrapassado, resulta em uma multa fixa.

A utilidade do agente é uma informação privada, o que implica que o regulador deve adotar uma abordagem estratégica para minimizar os danos sociais. Uma das principais contribuições do estudo é a proposta de que a incerteza na aplicação da punição pode ser uma estratégia eficaz para reduzir as violações. Jelnov e Klunover (2022) argumentam que, ao tornar a punição menos previsível, os agentes tendem a se comportar de maneira mais cautelosa, o que pode resultar em uma diminuição significativa das atividades prejudiciais. Essa abordagem contrasta com a aplicação rigorosa e clara da lei, que pode ser percebida como um custo fixo a ser pago pelos infratores. Em vez disso, a incerteza pode atuar como um dissuasor mais potente, levando os indivíduos a reconsiderar suas ações em face do risco de punição.

A prática de tolerância em radares de velocidade, onde a aplicação da lei é intencionalmente vaga, serve como um exemplo de como a incerteza pode ser utilizada para evitar que motoristas ignorem completamente as regras. Essa estratégia sugere que, em vez de uma abordagem de *enforcement* estrita, a implementação de políticas que incorporem elementos de incerteza pode ser mais eficaz na regulação do comportamento social.

Para Soole, Watson e Fleiter (2013) o comportamento dos condutores em relação ao excesso de velocidade é influenciado não apenas pela existência de punições, mas também pela forma como a fiscalização é implementada. Essa abordagem sugere que os motoristas tendem a ajustar seu comportamento de direção em resposta às estratégias de fiscalização em vigor. Por exemplo, muitos condutores adotam táticas como a aprendizagem no local, onde se tornam mais conscientes das áreas onde a fiscalização é mais rigorosa e modificam seu comportamento nas proximidades desses pontos de controle.

Essas observações indicam que a eficácia das punições como forma de dissuasão não se limita à sua aplicação, mas também está relacionada à percepção dos motoristas sobre a probabilidade de serem pegos e punidos. Assim, a implementação de medidas de fiscalização deve ser cuidadosamente planejada para maximizar seu impacto na modificação do comportamento dos condutores. A compreensão de como os motoristas reagem às punições e à fiscalização pode, portanto, informar políticas mais eficazes de segurança viária, que não apenas visem a redução do excesso de velocidade, mas também promovam uma cultura de respeito às normas de trânsito.

A fiscalização de velocidade é considerada uma parte crucial da gestão de segurança viária. Soole, Watson e Fleiter (2013) analisam a eficácia da fiscalização da velocidade média em diversas cidades e países, revelando resultados significativos na redução de acidentes de trânsito. Em comparação com os períodos anteriores à instalação dessas medidas, os locais estudados mostraram uma redução significativa nos casos de acidentes com mortos ou feridos graves (KSI), com variações que vão de 41,8% a impressionantes 85,2%. Esses resultados indicam uma melhoria geral na segurança viária, evidenciada por uma diminuição média de 64,9% no número de colisões envolvendo KSI e uma redução de 73,5% nos acidentes com vítimas. A eficácia dessas medidas foi observada em diversos períodos, desde dois anos antes da instalação até oito anos após, com a maior redução nos acidentes graves observada em períodos mais longos após a implementação das medidas.

Soole, Watson e Fleiter (2013) também revelaram uma significativa economia em custos sociais, estimada em £ 6,8 milhões anualmente. O impacto positivo dessas medidas se estendeu a áreas além dos locais de fiscalização, sugerindo um efeito de difusão benéfico. Portanto, segundo os autores a implementação de medidas de fiscalização, como a velocidade média, aplicada em diversos países europeus, pode resultar em benefícios econômicos significativos. A redução de acidentes não apenas reduz os custos sociais associados a lesões e fatalidades, mas também os gastos com serviços de emergência, cuidados médicos e reparos de veículos.

Quintero Valverde *et al.* (2023) destacam que a segurança viária é um tema de crescente relevância nas grandes metrópoles e a Cidade do México não é exceção. Em dezembro de 2015, a cidade implementou um conjunto de políticas de segurança viária que visavam reduzir o número de acidentes e a mortalidade no trânsito, incluindo a redução dos limites de velocidade, o aumento das multas para infrações de trânsito e a introdução de dispositivos de fiscalização automatizados, como câmeras de velocidade. O objetivo principal dessas medidas era criar um ambiente mais seguro para motoristas, ciclistas e pedestres, alinhando-se às diretrizes internacionais de segurança no trânsito.

Em junho de 2019 ocorreu uma nova mudança significativa com a substituição das multas por um sistema de penalidade por pontos. Esse novo sistema exigia que os infratores participassem de cursos de segurança viária e realizassem serviços comunitários, ao invés de pagarem multas diretas. Essa alteração gerou preocupações sobre a eficácia das políticas de segurança viária, uma vez que a aplicação de penalidades financeiras diretas havia sido um componente crucial na redução de comportamentos de risco no trânsito.

O estudo de Quintero Valverde *et al.* (2023) utilizou um desenho quase-experimental para avaliar o impacto dessas políticas, analisando dados de sinistros de trânsito e mortalidade antes e depois da implementação das mudanças. Os resultados da análise mostraram que as políticas de 2015 tiveram um efeito positivo na redução da mortalidade por acidentes de trânsito, com uma taxa de 8,7 por 100.000 habitantes, ainda alta em comparação com outras cidades como Buenos Aires (3,7) e Londres (1,6). No entanto, as mudanças de 2019 resultaram em um aumento nas taxas de colisões, lesões e mortes, revertendo a tendência de queda observada anteriormente, sugerindo que a remoção das penalidades financeiras diretas pode ter contribuído para o aumento dos acidentes, evidenciando a importância da aplicação de multas para a eficácia das políticas de segurança viária (Quintero Valverde *et al.*, 2023).

Quando as multas foram substituídas por um sistema de penalidade por pontos, a percepção de custo para os infratores diminuiu, levando a um aumento na disposição para violar as leis de trânsito. A certeza de punição, mais do que a severidade da penalidade, é um fator determinante na dissuasão de comportamentos de risco. Assim, a falta de consequências financeiras imediatas pode ter incentivado comportamentos mais arriscados entre os motoristas. Assim, Quintero Valverde *et al.* (2023) concluem que políticas de segurança viária baseadas

em evidências, que incluem penalidades financeiras claras e *enforcement* rigoroso, são essenciais para melhorar a segurança nas estradas.

A pesquisa realizada por du Plessis, Jansen e Siebrits (2020) sobre a aplicação das leis de trânsito na África do Sul revela que, apesar da existência de um robusto conjunto de legislações de segurança viária, os resultados em termos de segurança nas estradas são insatisfatórios, pois a eficácia da aplicação das leis é comprometida por normas e valores informais que prevalecem entre os usuários das vias, os quais muitas vezes desconsideram as regras estabelecidas. Além disso, identificam duas fraquezas principais na aplicação das leis: a dificuldade em detectar e punir as causas mais significativas de acidentes e a ineficiência dos processos administrativos e legais para punir os infratores.

Os incentivos econômicos desempenham um papel crucial na modelagem do comportamento dos usuários das estradas, conforme discutido pelos autores. Eles enfatizam que a aplicação mais eficaz das leis de trânsito, aliada a um sistema de penalização mais rigoroso, poderia dissuadir comportamentos imprudentes e negligentes. Assim, a implementação de incentivos econômicos, como multas mais altas e um sistema de pontos que impacte diretamente na habilitação dos motoristas, poderia servir como um mecanismo de dissuasão, reduzindo a incidência de infrações e, conseqüentemente, os acidentes de trânsito, sugerindo que a combinação de uma aplicação mais rigorosa das leis com programas de conscientização pública e educação é essencial para promover mudanças comportamentais duradouras entre os motoristas.

Martínez-Ruíz *et al.* (2019), analisando o impacto das câmeras de trânsito em Cali, Colômbia, após a instalação das câmeras, observaram uma redução de 19,2% no total de acidentes e uma diminuição de 24,7% em feridos e acidentes fatais nas áreas de intervenção, em comparação com reduções menores nas áreas de controle, sugerindo que a presença das câmeras não apenas melhorou a segurança nas áreas monitoradas, mas também teve um efeito positivo nas regiões adjacentes, indicando um impacto mais amplo da intervenção.

O efeito positivo observado nas regiões adjacentes pode ser explicado pelo conceito de "efeito de transbordamento", onde a melhoria da segurança em uma área influencia o comportamento em áreas vizinhas. Isso sugere que a implementação de medidas de segurança, como câmeras, pode ter um impacto mais amplo na comunidade, contribuindo para uma redução geral da criminalidade e promovendo um ambiente mais seguro.

Vale ressaltar que a redução dos limites de velocidade, embora tenha como objetivo principal aumentar a segurança viária, pode acarretar tempos de viagem mais longos, representando um inconveniente significativo para motoristas, especialmente aqueles que dependem de veículos para suas atividades diárias. Em áreas já congestionadas essa diminuição na velocidade pode agravar ainda mais o tráfego, resultando em um aumento da frustração entre os condutores. Assim, enquanto as medidas buscam proteger a vida e reduzir acidentes, é crucial considerar o impacto que podem ter na fluidez do trânsito e na experiência dos motoristas, equilibrando a necessidade de segurança com a eficiência do transporte urbano.

Segundo estudo realizado por Ang, Christensen e Vieira (2020) sobre as políticas de redução de limite de velocidade em São Paulo, a implementação dessas medidas resultou em uma redução significativa de 21,7% nos acidentes rodoviários nos trechos tratados, evitando 1.889 acidentes e 104 mortes nos primeiros 18 meses após a adoção da política. Os autores destacam que, apesar do aumento do tempo de viagem devido à redução dos limites, os benefícios em termos de segurança superaram os custos associados, indicando que as reduções de limite de velocidade podem ser uma estratégia eficaz para melhorar a segurança viária em ambientes urbanos congestionados.

Além disso, a análise dos impactos distributivos das políticas revelou que 86% dos benefícios da redução de acidentes reverteram para residentes de baixa renda, que enfrentam um risco desproporcional de acidentes como pedestres e motociclistas. Assim, as reduções dos

limites de velocidade têm potencial para gerar impactos progressivos, beneficiando os grupos mais vulneráveis da sociedade.

Yee Mun Lee *et al.* (2017) investigam a influência da credibilidade dos limites de velocidade nas decisões dos motoristas sobre a velocidade apropriada a ser mantida nas estradas. A pesquisa é fundamentada na premissa de que a percepção dos motoristas sobre a razoabilidade dos limites de velocidade pode afetar sua conformidade com esses limites. Para explorar essa relação, os autores conduziram dois experimentos, sendo o primeiro focado em estabelecer a velocidade que os motoristas consideravam apropriada ao observar fotografias de estradas sem limites de velocidade visíveis. Os resultados indicaram que os motoristas tendiam a escolher velocidades que eram, em média, superiores aos limites reais, refletindo uma discrepância entre a percepção de velocidade e os limites estabelecidos (Lee *et al.*, 2017).

No segundo experimento, os autores manipularam a credibilidade dos limites de velocidade apresentados, criando condições em que os limites eram 10% mais altos ou mais baixos (críveis) e 50% mais altos ou mais baixos (não críveis). Os motoristas foram novamente solicitados a julgar a velocidade apropriada para as estradas mostradas. Os resultados mostraram que, quando os limites de velocidade eram considerados críveis, os motoristas ajustavam suas escolhas de velocidade para se alinhar a esses limites. Em contrapartida, em situações em que os limites eram percebidos como não críveis, os motoristas frequentemente ignoravam esses limites, indicando que a credibilidade é um fator crucial na conformidade com os limites de velocidade (Lee *et al.*, 2017).

Além disso, características da estrada como largura, presença de curvas, visibilidade e interseções desempenham um papel significativo na formação dos julgamentos de velocidade dos motoristas. Os autores concluem que, embora os motoristas possam modificar suas percepções de velocidade com base nas informações dos limites, eles são menos propensos a seguir limites que consideram radicalmente diferentes da velocidade que julgam apropriada. Assim, é essencial que os responsáveis pela definição de limites de velocidade considerem a credibilidade e a adequação dos limites em relação às características das estradas, a fim de promover uma maior segurança viária (Lee *et al.*, 2017).

Outro estudo, realizado por Sahebi *et al.* (2019), investiga a aceitação de sistemas de Controle de Velocidade de Veículos (CVS) em conjunto com o esquema de incentivos econômicos conhecido como Pay-As-You-Speed (PAYS). Os autores coletaram dados de motoristas em Teerã, Irã, para entender as opiniões sobre o CVS e os fatores que influenciam a aceitação do PAYS. A pesquisa busca responder a questões sobre a aceitação do CVS sem incentivos, o tamanho necessário dos incentivos financeiros e como esses incentivos afetam a aceitação pública do sistema.

Os esquemas PAYS funcionam como um mecanismo de incentivo econômico que visa motivar os motoristas a respeitar os limites de velocidade. O sistema monitora a velocidade dos veículos em tempo real, utilizando tecnologias de comunicação entre veículos e infraestrutura. Os motoristas são cobrados com base na velocidade que mantêm, pagando taxas adicionais se excederem os limites estabelecidos. Além disso, o PAYS pode oferecer recompensas financeiras, como descontos em prêmios de seguro, para motoristas que mantêm uma velocidade segura, criando assim um ciclo de incentivo à conformidade com as leis de trânsito.

Os resultados indicam que a aceitação do CVS é positivamente influenciada pela percepção de que o sistema melhora a segurança rodoviária. Motoristas que já tiveram experiências de acidentes mostraram uma maior disposição para adotar o CVS sob o esquema PAYS, evidenciando que a conscientização sobre os riscos pode aumentar a aceitação de tecnologias de segurança. Por outro lado, motoristas que frequentemente violam limites de velocidade tendem a ser menos propensos a aceitar o PAYS, o que sugere que a percepção de impunidade pode afetar negativamente a disposição para adotar o sistema.

Em conclusão, Sahebi *et al.* (2019) ressaltam a importância de abordar preocupações sobre privacidade e a eficácia do CVS para aumentar sua aceitação entre os motoristas. O estudo sugere que campanhas de conscientização e a ênfase nos benefícios de segurança do CVS podem ser estratégias eficazes para promover a adoção do sistema. Além disso, a pesquisa destaca a necessidade de mais estudos sobre a implementação do PAYS em contextos de baixa e média renda, onde a literatura existente é escassa, mas onde os benefícios potenciais para a segurança rodoviária são significativos.

Carnis (2010), por sua vez, discute a complexidade dos sistemas de fiscalização de velocidade automatizada (ASE), caracterizados por sua alta sofisticação tecnológica e pela centralização na tomada de decisões. O sistema francês, por exemplo, é descrito como "tecnocêntrico", onde o controle é exercido por uma rede hierárquica que reduz os custos de transação entre os diferentes atores envolvidos na fiscalização, permitindo uma coordenação mais eficiente, embora a tecnologia utilizada seja mais cara e apresente problemas técnicos de conexão com o Centro Nacional de Tratamento (CTN). Em contraste, o sistema britânico é caracterizado por um modelo policêntrico, que permite maior flexibilidade e adaptação às necessidades locais, refletindo uma abordagem mais descentralizada na gestão da fiscalização de velocidade (CARNIS, 2010).

No caso do sistema britânico, a análise de custo-benefício demonstrou que o programa gerou "benefícios líquidos substanciais", com uma redução significativa no número de infratores e acidentes. Por outro lado, o sistema francês, apesar de gerar receitas consideráveis, enfrenta desafios em termos de sustentabilidade financeira e avaliação de impacto, uma vez que a expansão do sistema pode levar a um aumento nos custos operacionais e uma diminuição nas receitas devido à redução das infrações (CARNIS, 2010).

A comparação entre os sistemas revela diferentes abordagens em relação à dissuasão e à economia do crime no trânsito. Enquanto o sistema britânico se beneficia de uma maior aceitação pública e de uma abordagem que considera a flexibilidade local, o sistema francês, com sua centralização, pode enfrentar críticas relacionadas à justiça e à transparência na aplicação das penalidades. A dissuasão, portanto, não se limita apenas à aplicação de multas, mas também envolve a percepção pública sobre a eficácia e a equidade dos sistemas de fiscalização (CARNIS, 2010).

Em suma, a investigação sobre Economia do Crime e dissuasão oferece informações valiosas sobre como as sanções e incentivos podem moldar o comportamento dos indivíduos. Ao compreender as motivações por trás das infrações de trânsito, pode-se desenvolver intervenções mais eficazes que não apenas penalizem comportamentos indesejados, mas também incentivem a conformidade e a conscientização. A análise crítica das políticas de redutores de velocidade, por exemplo, pode revelar a necessidade de ajustes nas abordagens de fiscalização, garantindo que as medidas adotadas sejam justas, proporcionais e contribuam para a construção de um sistema de trânsito mais seguro e eficiente, que leve em consideração as complexidades do comportamento humano e as dinâmicas sociais.

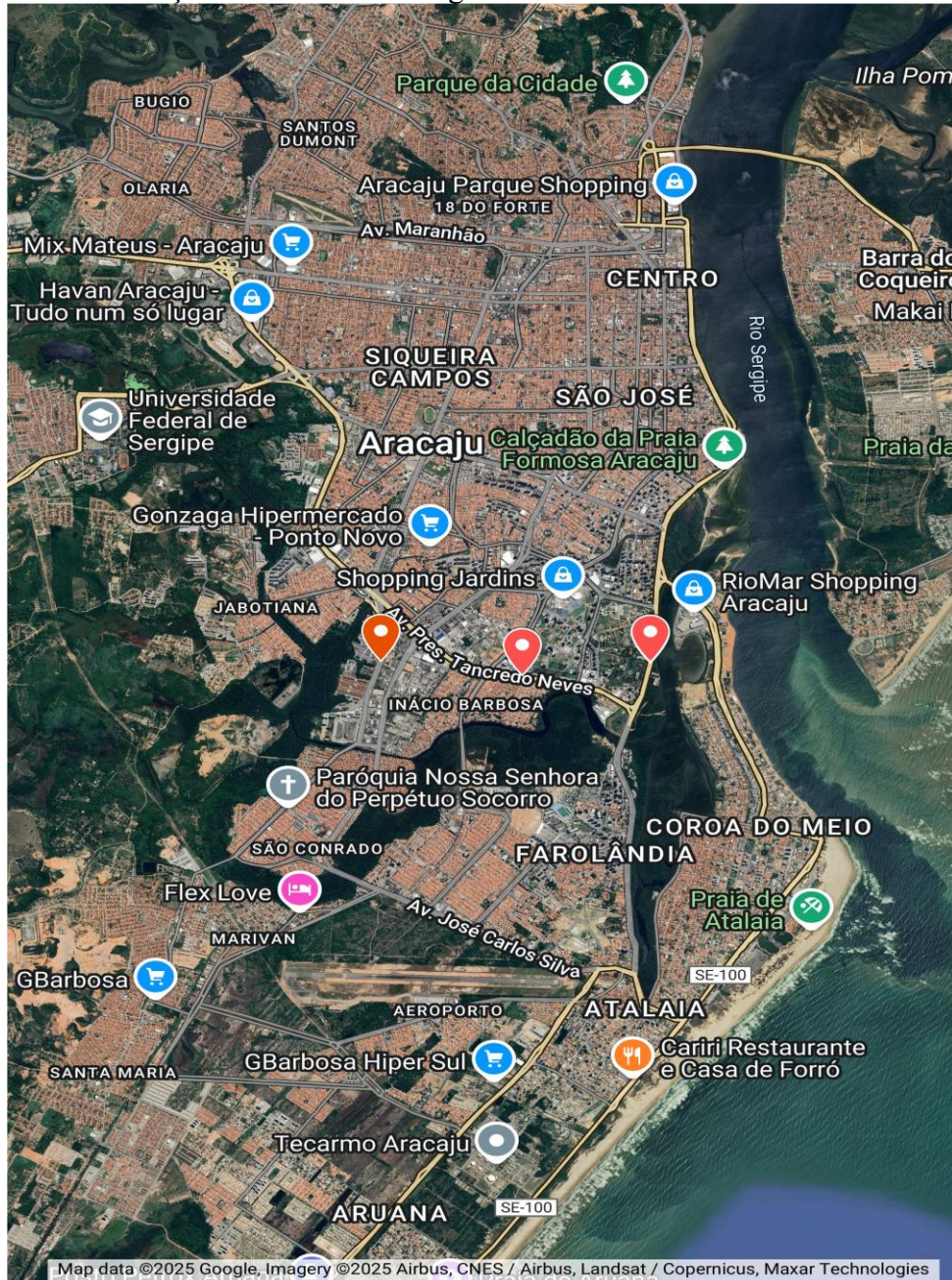
3. METODOLOGIA

Este trabalho propõe uma análise detalhada da ocorrência de acidentes e do impacto dos radares na segurança viária de Aracaju. Para tanto, será utilizada uma base de dados primários da Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito de Aracaju (SMTT), contendo os registros de todos os acidentes ocorridos no município no período de 01.01.2018 a 31.12.2021. A base disponibiliza informações sobre o tipo de acidente, data, horário e endereço completo da ocorrência, número de veículos envolvidos, existência de danos e/ou vítimas e presença de radar no local.

Entretanto, no período de 08.10.2019 a 19.08.2020 (pouco mais de dez meses), quatro dos 57 radares existentes no município estiveram fora de operação, o que gerou um quase-experimento que permite avaliar o impacto desses equipamentos na redução de acidentes.

A figura 1 mostra o mapa referente à localização dos radares que foram desligados, marcados em vermelho. Aparecem somente três pontos porque na Av. Beira Mar (à direita), há dois radares no mesmo ponto, nos dois sentidos da via.

Figura 1: Localização dos Radares Desligados no Período de 08.10.2019 a 19.08.2020



Fonte: Elaboração própria com base em imagens do Google

Para explorar esse quase-experimento será utilizada a técnica de diferenças em diferenças (*diff-in-diff*). O estimador *diff-in-diff* é utilizado quando há amostras para mais de um período no tempo. De acordo com Wooldrige (2003), os experimentos naturais ocorrem quando algum evento exógeno muda o ambiente no qual os indivíduos, famílias, firmas ou cidades operam. Podemos citar mudanças nas políticas do governo como um evento exógeno.

Ao analisar um evento natural é necessário ter um grupo de controle, ou seja, um grupo que não tenha sido afetado pelo evento e um grupo que tenha sido afetado pelo evento, este chamado de grupo de tratamento. Em um experimento natural os grupos emergem da forma com que a mudança é efetuada, diferente do experimento real onde grupos de tratamento e controle são escolhidos aleatoriamente para impedir viés na estimativa. É necessário obter os dados do antes e depois do evento para estudar a diferença entre os dois grupos. Dessa maneira a amostra é dividida em: o grupo de controle antes da mudança, o grupo de controle depois da mudança, o grupo de tratamento antes da mudança e o grupo de tratamento depois da mudança.

Verifica-se, então, através da diferença entre o antes e depois de cada grupo, em que medida o grupo de controle e o grupo de tratamento se alteram. Depois, subtraindo a diferença entre os dois grupos encontramos a diferença da diferença verificada entre os dois grupos. O método *diff-in-diff* é uma abordagem robusta para avaliar o impacto de intervenções políticas, especialmente quando a aleatoriedade não é viável. A comparação entre grupos de tratamento e controle, antes e depois de um evento exógeno, permite inferir causalidade de maneira mais confiável, desde que as suposições do modelo sejam atendidas.

O método de Diferenças em Diferenças pode ser expresso matematicamente através de uma fórmula que captura as diferenças nas médias dos resultados entre os grupos de tratamento e controle, antes e depois da intervenção. De acordo com Wooldridge (2011), a fórmula básica para essa estimativa é expressa como: $\hat{Y} = (\bar{Y}_{B,2} - \bar{Y}_{B,1}) - (\bar{Y}_{A,2} - \bar{Y}_{A,1})$, onde \bar{Y} representa as médias dos resultados para os grupos de tratamento (B) e controle (A) nos períodos 1 e 2.

Onde: $\bar{Y}_{B,1}$: Média do resultado para o grupo de tratamento no período 1 (antes da intervenção); $\bar{Y}_{B,2}$: Média do resultado para o grupo de tratamento no período 2 (depois da intervenção); $\bar{Y}_{A,1}$: Média do resultado para o grupo de controle no período 1 (antes da intervenção) e $\bar{Y}_{A,2}$: Média do resultado para o grupo de controle no período 2 (depois da intervenção).

A estimativa de Diferenças em Diferenças é dada por: $\hat{\beta}_{DD} = (Y_{B,2} - Y_{B,1}) - (Y_{A,2} - Y_{A,1})$, onde: $(Y_{B,2} - Y_{B,1})$ representa a mudança no resultado do grupo de tratamento antes e depois da intervenção e $(Y_{A,2} - Y_{A,1})$ representa a mudança no resultado do grupo de controle no mesmo período.

A diferença resultante, $\hat{\beta}_{DD}$, fornece uma estimativa do efeito causal da intervenção, assumindo que as tendências nos resultados entre os grupos teriam permanecido constantes na ausência da intervenção. O método pode ser estendido para incluir covariáveis ou para situações com múltiplos grupos e períodos, resultando em estimativas mais robustas. Nesse sentido, foram criados controles (variáveis *dummy*) para local do acidente (se cruzamento de vias), período do dia (noite) e se final de semana.

Nossa variável de interesse é uma *dummy* de acidentes com vítimas, o grupo de tratamento consiste nos quatro radares que ficaram desligados e o grupo de controle composto pelo restante dos sinistros (locais com e sem radar).

Para avaliar a robustez dos resultados será estimado um novo *diff-in-diff* considerando como grupo de controle somente os acidentes ocorridos em localidades sem radar. Por fim, será estimado um modelo de regressão logística com os mesmos controles, incluindo a existência de radares.

4. RESULTADOS

A presente seção apresenta inicialmente uma análise descritiva dos acidentes ocorridos no município, os resultados encontrados no modelo de diferenças em diferenças e, por fim, realiza dois exercícios para verificar a robustez dos resultados encontrados.

4.1 ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS

A sinalização de velocidade em vias urbanas, onde a velocidade permitida é inferior a 80 km/h, é geralmente instalada a uma distância que varia entre 100 e 300 metros do radar. Essa prática proporciona aos motoristas um tempo adequado para ajustar sua velocidade. Além disso, muitos radares possuem a capacidade de medir a velocidade dos veículos antes do ponto de instalação e registrar a velocidade a uma certa distância à frente. Assim, um motorista que acelera após passar pelo radar pode ser multado pela infração, o que é uma prática comum para garantir a eficácia da fiscalização de velocidade.

Desse modo, o presente estudo, para a análise de acidentes em locais de radar, considerou uma distância de 200 metros antes e 50 metros após o equipamento, sempre levando em conta a direção do veículo em relação ao acidente, uma vez que a distância é irrelevante se o veículo não estiver na mesma via ou direção.

Os dados primários obtidos junto à Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito de Aracaju (SMTT) revelam que, entre 1º de janeiro de 2018 e 31 de dezembro de 2021, ocorreram 12.956 sinistros de trânsito na capital sergipana. A tabela 1 apresenta os dados de sinistros ocorridos de 2018 a 2021, totalizando 12.956 sinistros ao longo desse período.

O ano de 2019 teve o maior número de sinistros, totalizando 3.898, o que representa 30,1% do total e um aumento de 23,7% em relação a 2018, quando também houve um número significativo, com 3.151 sinistros (24,3%). A queda acentuada de cerca de 22,6% em 2020, com 3.015 sinistros (23,3% do total), deve-se às restrições de circulação decorrentes da pandemia de COVID-19 (*lockdown*), impostas a partir de 17.03.2020 no Estado de Sergipe.

Interessante notar que houve nova queda de 4,1% em 2021, quando ocorreram 2.892 sinistros (22,3% do total), ano em que foram flexibilizadas as restrições à circulação. Essa diminuição poderia ser atribuída a diversas razões, como políticas de prevenção mais eficazes ou uma diminuição na exposição dos indivíduos a riscos após o trauma decorrente da pandemia. De qualquer forma, aqui reside um tópico interessante para ulterior investigação.

Tabela 1 - Total de Sinistros por Ano e Percentual de Ocorrências

Ano	Sinistros	Percentual (%)	Δ em relação ao ano anterior
2018	3151	24,3%	-
2019	3898	30,1%	23,7%
2020	3015	23,3%	- 22,6%
2021	2892	22,3%	- 4,1%
Total	12956	100,0%	-

Fonte: autoria própria a partir dos dados de sinistros da SMTT (2018 – 2021).

Na tabela 2 podemos observar a distribuição dos sinistros antes, durante e após nos locais com radares que vieram a ser retirados e depois voltaram a ativa.

É relevante mencionar que a paralisação dos radares foi motivada por diversas denúncias de multas indevidas, levando o Instituto Tecnológico de Pesquisa do Estado de Sergipe (ITPS) a reprovar os aparelhos após fiscalização. Os radares que ficaram parados incluíram locais como a Avenida Beira Mar, próximo à Embrapa, nos dois sentidos (Praia e Centro); a Avenida Etelvino Alves de Lima, sentido Norte (próximo ao condomínio Alameda Jardins, sentido Avenida Augusto Franco); e a Avenida Tancredo Neves, sentido Rodoviária Nova (próximo à Maracar).

O total geral de acidentes foi de 12.956, sendo que 936 deles (7,23%) ocorreram em locais com presença de radar. Ao analisar o subperíodo de 8 de outubro de 2019 a 19 de agosto de 2020, durante o qual houve a paralisação, observaram-se 2.702 sinistros, dos quais apenas cinco ocorreram nos locais onde os radares estavam inativos (0,18% do total). Em comparação, no período anterior foram registrados 6.053 sinistros, com 18 ocorrências nos locais da posterior

paralisação, o que corresponde a 0,29% dos sinistros. No período pós-paralisação, ocorreram 4.201 sinistros, dos quais 15 (0,35% do total) nos locais onde os radares foram reativados. Embora o número de sinistros nos locais onde os radares estavam inativos tenha diminuído, é importante notar que o número de ocorrências nos períodos anterior e posterior é significativamente maior do que durante a paralisação. Além disso, parte do período de paralisação é caracterizado pelas restrições à circulação (*lockdown*).

Tabela 2 - Comparação da Proporção de Sinistros em Locais com Radares: Análise Antes, Durante e Após a Paralisação

Período	Total de Sinistros	Sinistros em Locais com Radares	Proporção de Sinistros (%)
Antes da Paralisação	6.053	18	0,30%
Durante a Paralisação	2.702	5	0,18%
Após o Retorno	4.201	15	0,36%
Total Geral (2018-2021)	12.956	38	0,29%

Fonte: autoria própria a partir dos dados de sinistros da SMTT (2018 – 2021).

A tabela 3 apresenta uma análise dos sinistros de trânsito e fatalidades em diferentes contextos relacionados à operação de radares. O total geral de sinistros foi de 12.956, com 3.288 fatalidades, resultando em uma proporção de 25,4%. Nos locais onde os radares estavam em funcionamento, foram registrados 936 sinistros e 254 fatalidades, o que representa uma proporção de 27,2%. Em contrapartida, nos locais onde os radares pararam de funcionar, houve 38 sinistros e 17 fatalidades, resultando em uma proporção de 44,7%.

Esses dados sugerem que, apesar do número total de sinistros ser menor, a gravidade dos acidentes em locais com radares pode ser maior, principalmente nos quatro radares que constituem o nosso grupo de tratamento. Isso é contraintuitivo, em especial diante dos achados reportados no referencial teórico, e pode estar ocorrendo em função dos radares terem sido instalados em locais com alto índice de acidentes graves. Mas também pode ser um indício de que os radares não estão sendo eficazes em termos de efeito dissuasório.

Além disso, a tabela 3 detalha os dados de sinistros antes, durante e após a paralisação dos radares. Antes da paralisação, foram registrados 18 sinistros e 8 fatalidades, com uma proporção de 44,4%. Durante a paralisação, o número de sinistros caiu para 5, mas as fatalidades atingiram uma proporção de 60,0%. Após o retorno dos radares, houve 15 sinistros e 6 fatalidades, com uma proporção de 40,0%. Os dados sugerem que o desligamento dos radares pode ter elevado a gravidade dos acidentes decorrente de comportamentos de risco, alinhando-se aos princípios da Economia do Crime (Domenichini, Branzi, & Meocci, 2018; Soole, Watson e Fleiter, 2013; Quintero Valverde *et al.*, 2023; Martínez-Ruiz *et al.*, 2019 e Ang, Christensen e Vieira, 2020, dentre outros).

Tabela 3 - Análise de Sinistros e Fatalidades em Locais com Radares: Comparação Antes, Durante e Após a Paralisação

Categoria	Total de sinistros	Total de Fatalidades	Proporção de Fatalidades (%)
Total Geral	12.956	3.288	25,4%
Locais com Radares	936	254	27,2%
Locais onde os Radares Pararam	38	17	44,7%
- Antes da Paralisação	18	8	44,4%
- Durante a Paralisação	5	3	60,0%
- Após o Retorno	15	6	40,0%

Fonte: autoria própria a partir dos dados de sinistros da SMTT (2018 – 2021).

A tabela 4 revela padrões significativos na ocorrência de acidentes de trânsito ao longo do ano entre 2018 e 2021. Dezembro se destaca como o mês mais crítico, com 1302 sinistros, representando 10% do total geral. Esse aumento pode ser atribuído a fatores sazonais, como o aumento do tráfego durante as festividades de fim de ano, que frequentemente resultam em maior circulação de veículos e, conseqüentemente, um aumento nos riscos de acidentes.

Observando os dados mês a mês, nota-se que a partir de agosto ocorre um período de alta sinistralidade, com percentuais acima de 9%. Esses meses podem ser marcados por eventos específicos, como feriados e festividades, que elevam a quantidade de veículos nas ruas. Em contraste, o período de abril a junho de 2020 apresentou o menor número de sinistros, refletindo as severas restrições de circulação impostas pela pandemia, e que explica parte da queda verificada no número de acidentes durante o período de paralisação dos radares.

Tabela 4 - Análise Mensal de Sinistros de Trânsito por Ano (2018-2021)

Mês	Sinistros 2018	Sinistros 2019	Sinistros 2020	Sinistros 2021	Total Geral	(%)
Janeiro	247	299	350	271	1167	9,0%
Fevereiro	211	337	334	180	1062	8,2%
Março	228	335	220	189	972	7,5%
Abril	218	310	120	226	874	6,7%
Mai	229	325	155	228	937	7,2%
Junho	200	262	170	211	843	6,5%
Julho	185	310	213	264	972	7,5%
Agosto	337	333	258	245	1173	9,1%
Setembro	316	329	265	281	1191	9,2%
Outubro	343	360	311	235	1249	9,6%
Novembro	319	312	306	277	1214	9,4%
Dezembro	318	386	313	285	1302	10,0%
Total Ano:	3151	3898	3015	2892	12956	100%

Fonte: autoria própria a partir dos dados de sinistros da SMTT (2018 – 2021).

Por fim, a tabela 5 apresenta a distribuição dos sinistros de trânsito entre cruzamentos e fora deles, bem como ao longo do dia. Notavelmente, 64,6% dos sinistros ocorreram fora de cruzamentos, o que sugere que a maior parte dos acidentes não está diretamente relacionada a essas interseções.

Quanto ao período do dia, a distribuição dos sinistros revela que tanto a manhã (40,7%) quanto a tarde (40,8%) apresentam uma incidência muito semelhante, juntas somando aproximadamente 81,5% do total. Isso indica que a maioria dos acidentes ocorre durante as horas de maior movimento, sugerindo que o tráfego intenso pode ser um fator significativo. Por outro lado, os sinistros durante a madrugada (1,4%) são notavelmente baixos, o que pode refletir a menor quantidade de veículos nas ruas nesse período.

Tabela 5 - Análise de Sinistros de Trânsito: Distribuição por Categoria e Período do Dia

Categoria	Total	% do Total
Sinistros em cruzamento	4589	35,4%
Sinistros fora de cruzamento	8367	64,6%
Sinistros ocorridos durante a manhã	5284	40,7%
Sinistros ocorridos durante a tarde	5290	40,8%
Sinistros ocorridos durante a noite	2202	17,0%
Sinistros ocorridos durante a madrugada	180	1,4%
Total de Sinistros	12956	100,0%

Fonte: autoria própria a partir dos dados de sinistros da SMTT (2018 – 2021).

O número total de veículos envolvidos nos acidentes é de 26.682, o que indica que, em média, cada acidente envolve mais de dois veículos. Com base nas informações reportadas resta proceder uma análise mais robusta, de forma a produzir resultados úteis para direcionar políticas de segurança no trânsito, focando nos fatores que contribuem para o aumento de acidentes, em especial os mais graves.

4.2 RESULTADOS DO MODELO

Inicialmente foi estimado o modelo de diferenças em diferenças, tendo como variável dependente os acidentes com presença de vítimas. O grupo de tratamento foi composto pelos 4 radares que deixaram de funcionar, enquanto o grupo de controle consistiu dos demais sinistros ocorridos, independentemente da existência de radar. Foram criados controles para local do acidente (cruzamento ou não), período do dia e final de semana. A seguir, tabela 6 apresenta os resultados obtidos:

Tabela 6 - Resultados da Regressão Linear em Diferenças em Diferenças

						Número de obs = 8.711	
						F(6, 8704) = 12,53	
						Prob > F = 0.0000	
						R-squared = 0.0099	
						Root MSE = 0.4076	
Variável	Coefficiente	Erro padrão robusto	t	P> t	[Intervalo de confiança - 95%]		
Cruzamento	.0251674	.0092428	2.72	0,006	.0070493	.0432856	
Noite	.0962642	.0124021	7.76	0.000	.0719529	.1205752	
Final de semana	.0142791	.0122340	1.17	0.243	-.0097024	.0382605	
Dummy_Tempo #Trat.	.1759319	.1933468	0.91	0.363	-.2030735	.5549373	
Constante	.182903	.0065155	28.07	0.000	.1701311	.1956749	

Fonte: elaboração própria a partir dos dados de sinistros da SMTT (2018 – 2021).

Embora cerca de 2/3 dos acidentes tenham ocorrido em locais sem cruzamento (tabela 5), de acordo com a tabela 6, os cruzamentos aumentam a probabilidade de ocorrerem acidentes com vítimas em 2,5%, ou seja, há menos acidentes nestes pontos, mas de maior gravidade. A mesma constatação vale para o período noturno, onde os acidentes são mais raros, mas a probabilidade de ocorrência de sinistros com vítimas aumenta em 9,6%. Por outro lado, os finais de semana, bem como as *dummies* de tempo e de tratamento (não mostradas na tabela) não são estatisticamente significativos.

Por fim, o estimador da diferença da diferença – nossa variável de interesse – também não é estatisticamente significativa, ou seja, a paralisação dos radares não mudou nada em termos da existência de acidentes com vítimas, contrariando a maioria dos resultados apresentados no referencial teórico (Domenichini, Branzi, & Meocci, 2018; Soole, Watson e Fleiter, 2013; Quintero Valverde *et al.*, 2023; Martínez-Ruiz *et al.*, 2019 e Ang, Christensen e Vieira, 2020, dentre outros). Essa constatação sugere três possíveis interpretações:

- i. Os motoristas não sabiam da paralisação dos radares e não alteraram seu comportamento;
- ii. A velocidade legal, permitida pelos radares, é condizente com as condições das vias, o que faz com que os motoristas já estejam acostumados a conduzir seus veículos

na velocidade permitida naqueles locais, o que nos remete ao estudo de Yee Mun Lee *et al.* (2017), que destaca que motoristas tendem a ignorar limites de velocidade que consideram não credíveis;

- iii. Os radares são ineficazes para reduzir a probabilidade de ocorrência de acidentes com vítimas, ou seja, não são capazes de dissuadir o comportamento de risco dos condutores.

Diante de resultados contraintuitivos, foram realizados dois exercícios para verificação de sua robustez.

4.3 ANÁLISE DE ROBUSTEZ

O primeiro exercício realizado consistiu na reestimação do modelo de diferenças em diferenças, porém, utilizando como grupo de controle somente os locais sem radar. Os resultados são muito semelhantes aos apresentados na estimação anterior em termos de magnitude e, novamente, são estatisticamente significativos somente a presença de cruzamento, o período noturno – ambos elevando a probabilidade de acidentes com vítimas em 2,7% e 10,3%, respectivamente – e a constante. Uma vez mais o estimador de diferenças em diferenças não foi estatisticamente significativo.

O segundo exercício consistiu em estimar uma regressão logística tendo como variável dependente a ocorrência de acidentes com vítimas e, como variáveis explicativas, os mesmos controles da estimação anterior somados à uma *dummy* indicando a presença de radar. Os resultados dessa estimação são mostrados na tabela 7:

Tabela 7 - Resultados da Regressão Logística

Número de obs = 12.866						
Wald chi2(4) = 106,39						
Prob > chi2 = 0.0000						
Pseudo R2 = 0.0076						
-2LL = - 6.602,92						
Variável	Coefficiente	Erro padrão robusto	z	P> z	[Intervalo de confiança - 95%]	
Cruzamento	.1422212	.0448554	3.17	0.002	.0543061	.2301363
Noite	.4888931	.0528001	9.26	0.000	.3854068	.5923794
Final de semana	.1241275	.0563194	2.20	0.028	.0137434	.2345115
Dummy_Radar	.0877282	.0820470	1.07	0.285	-.0730810	.2485373
Constante	- 1.48733	.0316098	- 47.05	0.000	- 1.549284	- 1.425376

Fonte: elaboração própria a partir dos dados de sinistros da SMTT (2018 – 2021).

Novamente a presença de cruzamentos e o período noturno contribuem para maior probabilidade de ocorrência de acidentes com vítimas. Seus efeitos marginais (estimados posteriormente e não mostrados na tabela) são, respectivamente, 2,4% e 8,8%. Nesta estimação, ao contrário das anteriores, os finais de semana são estatisticamente significativos para aumento de acidentes com vítimas (efeito marginal de 2,1%).

No entanto, a *dummy* para presença de radares não foi estatisticamente significativa, o que sugere que nos quatro anos de análise, no município de Aracaju, não há diferença estatística de ocorrência de acidentes com vítimas em locais com e sem radares. Ou seja, os radares não parecem estar sendo eficazes para evitar esse tipo de acidentes.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo analisar o efeito dissuasório dos Redutores Eletrônicos de Velocidade sobre os sinistros de trânsito envolvendo veículos, condutores, passageiros e pedestres, com vítimas, no município de Aracaju. Teve também como intuito analisar os fatores que contribuíram para o aumento desses acidentes no referido município no período.

Para tanto, foi utilizada uma base de dados primários disponibilizada pela Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito de Aracaju (SMTT), contendo todos os acidentes ocorridos em Aracaju entre 01.01.2018 e 31.12.2021, bem como o método de diferenças-em-diferenças para avaliar o impacto dos Redutores Eletrônicos de Velocidade na segurança viária, explorando o fato de que durante o período de 8 de outubro de 2019 a 19 de agosto de 2020 quatro dos 57 radares da cidade estiveram fora de operação

Os resultados não comprovaram a hipótese, amplamente respaldada na literatura, de que os redutores eletrônicos de velocidade dissuadam os condutores de exceder os limites de velocidade permitidos, contribuindo para redução no número dos sinistros de trânsito, principalmente os com vítimas, no município de Aracaju.

Tanto o desligamento de quatro radares durante cerca de dez meses, quanto a presença dos 57 radares ao longo dos quatro anos analisados, não foram estatisticamente significativos nas ocorrências de acidentes com vítimas no município de Aracaju. Por outro lado, a presença de cruzamentos aumenta a probabilidade de ocorrerem acidentes com vítimas em 2,5%, ou seja, embora haja menos acidentes nestes pontos, eles têm maior gravidade. A mesma constatação vale para o período noturno, onde os acidentes são mais raros, mas a probabilidade de ocorrência de sinistros com vítimas aumenta em 9,6%.

A percepção de risco e a certeza de punição, pilares da teoria da dissuasão e da Economia do Crime, são fundamentais para desencorajar comportamentos inadequados no trânsito. No caso em análise, pode-se argumentar que os motoristas não sabiam da paralisação dos radares e por isso não alteraram seu comportamento, mas o desligamento ocorreu em função de denúncias de condutores e foi amplamente noticiado pela imprensa local à época.

Outra explicação plausível é a de que a velocidade permitida pelos radares é condizente com as condições das vias, o que faz com que os motoristas já estejam acostumados a conduzir seus veículos na velocidade permitida naqueles locais e, portanto, a presença de radares não altera o comportamento dos condutores.

Mas é possível que, de fato, os radares estejam sendo ineficazes para reduzir a probabilidade de ocorrência de acidentes com vítimas, ou seja, não estão dissuadindo o comportamento de risco dos condutores.

Assim, a segurança viária, embora de crescente relevância, requer uma abordagem equilibrada que considere tanto a eficácia das medidas de fiscalização quanto o impacto sobre o comportamento dos motoristas e a fluidez do trânsito. A instalação de câmeras de monitoramento e a redução dos limites de velocidade são estratégias que visam aumentar a segurança, mas devem ter sua eficácia avaliada e ser cuidadosamente planejadas para evitar consequências indesejadas, como o aumento do congestionamento e da frustração entre os condutores.

É importante frisar que os resultados se aplicam ao município de Aracaju e não devem ser extrapolados para outros recortes geográficos. Nesse sentido, a replicação de estudos similares para outras localidades e recortes temporais diversos parece constituir um campo profícuo para pesquisas que contribuam para o desenvolvimento de intervenções mais eficazes, visando não apenas a redução de infrações, mas também a construção de um sistema de trânsito mais seguro e eficiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANG, Amanda; CHRISTENSEN, Peter; VIEIRA, Renato. Should congested cities reduce their speed limits? Evidence from São Paulo, Brazil. **Journal of Public Economics**, v. 184, p. 104155, 2020

BENTHAM, J. **O Panóptico ou a casa de inspeção**. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica editora, 2008.

BECKER, G. S. Crime and punishment: an economic approach. **Journal of Political Economy**, Chicago, 1968. Disponível em: <https://www.nber.org/system/files/chapters/c3625/c3625.pdf>. Acesso em: 09 abril. 2024.

CARVALHO, C. H. **Custos dos Acidentes de Trânsito no Brasil**: estimativa simplificada com base na atualização das pesquisas do Ipea sobre custos dos acidentes nos aglomerados urbanos e rodovias. Brasília: IPEA, 2020.

CARVALHO, C. H.; GUEDES, E. P. **Balanço da 1ª década de ação pela segurança no trânsito no Brasil e perspectivas para a 2ª década**. Brasília: IPEA, 2023.

CARNIS, Laurent. A neo-institutional economic approach to automated speed enforcement systems. **Eur. Transp. Res. Rev.**, v. 2, n. 1, p. 1-12, 2010. DOI: 10.1007/s12544-010-0023-4.

COSTA NETO, Carlos Augusto da Silva; GABRIEL, Danilo Gouveia; SASSIM, Paulo Vitor de Souza; PENA, Júlio César Veiga; LIMA, Paula Thayna Soares; CONCEIÇÃO, Anne Beatriz Duarte; FERREIRA, Tereza Cristina dos Reis; CUSTÓDIO, Késsya Alves da Costa; FALCÃO, Lee Bezerra. Perfil dos pacientes internados por acidentes automobilísticos no Hospital Metropolitano de Urgência e Emergência de Ananindeua no período de 2006 à 2012. **Revista CPAQV – Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida**, v. 12, n. 3, p. 1-12, 2020.

CEVALLOS MIJAN, P. H. **Economia do crime**: as contribuições de Gary Becker, seu desenvolvimento e aplicações atuais. 2017. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) —Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

DOMENICHINI, L., BRANZI, V., & MEOCCI, M. Virtual testing of speed reduction schemes on urban collector roads. **Accident Analysis and Prevention**, 110, 38–51, 2018.

DU PLESSIS, J.; JANSEN, A.; SIEBRITS, M. The effectiveness of traffic law enforcement in South Africa. **Journal of Traffic Studies**, v. 10, n. 2, p. 1-11, 2020.

GRAVES, Philip E.; LEE, Dwight R.; SEXTON, Robert L. Statutes versus Enforcement: The Case of the Optimal Speed Limit. **American Economic Review**, v. 79, n. 4, p. 1-xx, set. 1989.

JORGE, M. A. **Homicídios no Brasil e em Sergipe**: uma análise sob a ótica da economia do crime. Aracaju: EDISE, 2015.

JELNOV, Artyom; KLUNOVER, Doron. Speed Limits. **Economics Letters**, v. 213, p. 110368, 2022. DOI: 10.1016/j.econlet.2022.110368.

LEE, Yee Mun; CHONG, Siang Yew; GOONTING, Karen; SHEPPARD, Elizabeth. The effect of speed limit credibility on drivers' speed choice. **Transportation Research Part F**, v. 45, p. 43-53, 2017.

MANKIW, N. G. **Introdução à Economia**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

MARTÍNEZ-RUÍZ, Diana Marcela; FANDIÑO-LOSADA, Andrés; PONCE DE LEÓN, Antonio; ARANGO-LONDOÑO, David; MATEUS, Júlio César; JARAMILLO MOLINA, Ciro; JAVIER, Francisco. Impact evaluation of camera enforcement for traffic violations in Cali, Colombia, 2008–2014, **Accident Analysis and Prevention**, v. 125, p. 267-274, 2019.

QUINTERO VALVERDE, C.; PEREZ-FERRER, C.; GARCÍA, A.; et al. Evaluating the impact of road safety policies in Mexico City: a quasi-experimental study. **Injury Prevention**, v. 29, n. 1, p. 35-41, 2023. DOI: 10.1136/injuryprev-2022-044590. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1136/injuryprev-2022-044590>. Acesso em: [23/09/2024].

SOOLE, D. W.; WATSON, B. C.; FLEITER, J. J. Effects of average speed enforcement on speed compliance and crashes: A review of the literature. **Accident Analysis and Prevention**, v. 54, p. 46-56, 2013.

SAHEBI, Sina; NASSIRI, Habibollah; VAN WEE, Bert; ARAGHI, Yashar. Incorporating car owner preferences for the introduction of economic incentives for speed limit enforcement. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, v. 64, p. 509-521, 2019. DOI: 10.1016/j.trf.2019.05.005.

SILVA, **Doutor Multas**. Radares de trânsito: existe margem de tolerância para não levar multa? *UOL Carros*, 21 maio 2023. Disponível em: <https://www.uol.com.br/carros/colunas/doutor-multas/2023/05/21/radares-de-transito-existe-margem-de-tolerancia-para-nao-levar-multa.htm>. Acesso em: 27 out. 2023.

VEISTEN, Knut; STEFAN, Christian; WINKELBAUER, Martin. Position in the cost-benefit analysis of road safety measures: a case of speed enforcement versus speed limit change. **Transport Policy**, v. 30, p. 269–274, 2013.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory Econometrics: A Modern Approach**. 2º ed. South-Western College Pub., 2003, 863 p.

WOOLDRIDGE, Jeff. **Difference-in-differences estimation**. Michigan State University, EIEF Labour Lectures, 2011.