



Universidade Federal do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

MBA em Big Data, Business Intelligence e Business Analytics  
(MB3B)

**PREVISÃO DE TIROTEIOS NAS ESCOLAS ESTADUNIDENSES  
UTILIZANDO MODELOS PREDITIVOS SAZONAIS**

Autor:

---

Thaís Ayres Adão

Orientador:

---

Manoel Villas Boas Junior, M. Sc.

Coorientador:

---

Edilberto Strauss, Ph. D.

Examinador:

---

Norberto Ribeiro Bellas, M. Sc.

Examinador:

---

Vinicius Drumond Gonzaga, M. Sc.

**Rio de Janeiro  
Agosto de 2023**

## Declaração de Autoria e de Direitos

Eu, **Thaís Ayres Adão** CPF 162.006.107-46, autor da monografia ***PREVISÃO DE TIROTEIOS NAS ESCOLAS ESTADUNIDENSES UTILIZANDO MODELOS PREDITIVOS SAZONAIS***, subscrevo para os devidos fins, as seguintes informações:

1. O autor declara que o trabalho apresentado na defesa da monografia do curso de Pós-Graduação, Especialização MBA em Big Data, Business Intelligence e Business Analytics da Escola Politécnica da UFRJ é de sua autoria, sendo original em forma e conteúdo.
2. Excetua-se do item 1 eventuais transcrições de texto, figuras, tabelas, conceitos e idéias, que identifiquem claramente a fonte original, explicitando as autorizações obtidas dos respectivos proprietários, quando necessárias.
3. O autor permite que a UFRJ, por um prazo indeterminado, efetue em qualquer mídia de divulgação, a publicação do trabalho acadêmico em sua totalidade, ou em parte. Essa autorização não envolve ônus de qualquer natureza à UFRJ, ou aos seus representantes.
4. O autor declara, ainda, ter a capacidade jurídica para a prática do presente ato, assim como ter conhecimento do teor da presente Declaração, estando ciente das sanções e punições legais, no que tange a cópia parcial, ou total, de obra intelectual, o que se configura como violação do direito autoral previsto no Código Penal Brasileiro no art.184 e art.299, bem como na Lei 9.610.
5. O autor é o único responsável pelo conteúdo apresentado nos trabalhos acadêmicos publicados, não cabendo à UFRJ, aos seus representantes, ou ao(s) orientador(es), qualquer responsabilização/ indenização nesse sentido.
6. Por ser verdade, firmo a presente declaração.

Rio de Janeiro, 05 de agosto de 2023.

---

Thaís Ayres Adão

## **UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

Av. Athos da Silveira, 149 - Centro de Tecnologia, Bloco H, sala - 212,  
Cidade Universitária Rio de Janeiro – RJ - CEP 21949-900.

Este exemplar é de propriedade Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmear ou adotar qualquer forma de arquivamento.

Permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es).

## **AGRADECIMENTO**

Dedico esse trabalho a todos os colegas, docentes, amigos e familiares que me apoiaram durante toda a trajetória.

## RESUMO

Este trabalho propõe validar a previsão de tiroteios em horário escolar em escolas dos Estados Unidos através dos modelos de previsão SARIMA e Holt-Winters. A preocupação com a violência armada em instituições educacionais cresce em paralelo com o número de casos que aterrorizam a saúde mental e física dos jovens e de suas famílias, demandando soluções efetivas para prevenir tais incidentes e garantir a segurança dos estudantes e profissionais envolvidos no ambiente escolar. A abordagem propõe a análise dos dados para melhor entendimento do cenário, seus índices e padrões, tratamento destes e então a utilização de modelos preditivos sazonais através de dados históricos. O objetivo principal é identificar qual modelo de previsão sazonal seria o mais efetivo dentro do contexto exposto, com o intuito de alertar possíveis casos futuros com maior antecedência afim de colaborar com medidas preventivas das instituições responsáveis. Após a realização das previsões e validações de acurácia dos modelos SARIMA e Holt-Winters, constatou-se que ambos os modelos apresentaram resultados de previsão e acurácia semelhantes. No entanto, observou-se que o modelo Holt-Winters demonstrou o melhor desempenho, sendo assim a abordagem mais efetiva desse cenário para prever possíveis casos futuros de tiroteios em ambiente escolar.

Palavras-Chave: Modelos de Previsão, Holt-Winters, SARIMA, Tiroteios em escolas.

## **ABSTRACT**

This study aims to validate the forecasting of school shootings during school hours in American schools using SARIMA and Holt-Winters prediction models. The concern over gun violence in educational institutions has grown parallel to the increasing number of cases that terrify the mental and physical well-being of young individuals and their families, demanding effective solutions to prevent such incidents and ensure the safety of students and professionals in the school environment. The approach involves data analysis to gain a better understanding of the scenario, its indices, and patterns. The data will be processed, and seasonal prediction models will be applied using historical data. The main objective is to identify the most effective seasonal prediction model within the presented context, aiming to provide earlier alerts for potential future cases and contribute to preventive measures by the responsible institutions. After conducting the forecasts and accuracy validations of the SARIMA and Holt-Winters models, it was found that both models showed similar forecasting results and accuracy. However, it was observed that the Holt-Winters model demonstrated the best performance, therefore being the most effective approach in this scenario to predict potential future cases of shootings in the school environment.

Keywords: Prediction model, Holt-Winters, SARIMA, School shootings.

## SIGLAS

<b>3D</b>	Terceira Dimensão
<b>AIC</b>	Akaike's Information Criterion (Critério de Informação de Akaike)
<b>ARIMA</b>	Autoregressive Integrated Moving Average (Média Móvel Integrada Autoregressiva)
<b>COVID-19</b>	Coronavírus
<b>MAE</b>	Mean Absolute Error (Erro Médio Absoluto)
<b>MAPE</b>	Mean Absolute Percentage Error (Erro Médio Percentual Absoluto)
<b>Matplotlib</b>	Python Plotting Library (Biblioteca de Plotagem do Python)
<b>MSE</b>	Mean Squared Error (Erro Médio Quadrático)
<b>NICS</b>	The National Instant Criminal Background Check System (O Sistema Nacional de Verificação Instantânea de Antecedentes Criminais)
<b>NTAC</b>	National Threat Assessment Center (Centro Nacional de Avaliação de Ameaças)
<b>Numpy</b>	Numerical Python (Python Numérico – Biblioteca do Python)
<b>OSEMN</b>	Obtain, Scrub, Explore, Model, and iNterpret the data (Obter, Preparar, Explorar, Modelar e Interpretar)
<b>R<sup>2</sup></b>	Coefficient of Determination (Coeficiente de Determinação)
<b>RMSE</b>	Root Mean Square Error (Erro Médio Quadrático)
<b>SARIMA</b>	Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (Média Móvel Integrada Autoregressiva Sazonal)

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b>	Tiroteios em horário escolar 1970 – 2022	11
<b>Figura 2.2</b>	Tiroteios em horário escolar em 2021 por mês	12
<b>Figura 2.3</b>	Tiroteios em horário escolar em 2022 por mês	12
<b>Figura 2.4</b>	Tiroteios em horário escolar 2021 – 2022	12
<b>Figura 2.5</b>	Recorte de número de tiroteios em horário escolar nos últimos 5 anos	13
<b>Figura 2.6</b>	Motivos identificados de tiroteios em escola dentro do horário escolar desde 1970	14
<b>Figura 2.7</b>	Horários com maior número de tiroteios em escolas	14
<b>Figura 2.8</b>	Relação escolar do atirador em tiroteios dentro do horário escolar	15
<b>Figura 2.9</b>	Mapa dos Estados Unidos da América com a pontuação de leis mais restritivas mais efetivas (A) para menos restritivas (F)	16
<b>Figura 2.10</b>	Número de tiroteios por estados entre 1970 e 2022	16
<b>Figura 3.1</b>	Total de tiroteios dentro do horário escolar por mês de 1970 a 2022	22
<b>Figura 3.2</b>	Total de tiroteios dentro do horário escolar estadunidense nos últimos 10 anos (2012 a 2022)	23
<b>Figura 3.3</b>	Total de tiroteios dentro do horário escolar estadunidense a partir do COVID-19 (2020 a 2022)	23
<b>Figura 3.4</b>	Gráfico categórico de total tiroteios durante horário escolar por ano (ordem decrescente)	24
<b>Figura 4.1</b>	Decomposição da série temporal	26
<b>Figura 4.2</b>	Previsão para os anos de 2022 e 2023 utilizando o modelo SARIMA	29
<b>Figura 4.3</b>	Previsão para os anos de 2022 e 2023 utilizando o modelo Holt-Winters	30

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b>	Varição de tiroteios em horário escolar nos últimos 7 anos	13
<b>Tabela 4.1</b>	Resultados AIC	27
<b>Tabela 4.2</b>	Acurácia do modelo de previsão SARIMA	29
<b>Tabela 4.3</b>	Acurácia do modelo de previsão Holt-Winters	30
<b>Tabela 4.4</b>	Comparativo de acurácia entre os modelos de previsão	31
<b>Tabela 4.5</b>	Indicadores de acurácia Holt-Winters x SARIMA	33

# Sumário

<b>Capítulo 1: Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1 – Tema .....	1
1.2 - Justificativa .....	1
1.3 – Objetivos e Desafios da Pesquisa .....	2
1.4 - Delimitação .....	3
1.5 – Metodologia.....	4
1.6 – Descrição .....	4
<b>Capítulo 2: Embasamento Teórico .....</b>	<b>6</b>
2.1 – Panorama geral e leis armamentistas nos EUA .....	6
2.2 – Crescimento de pessoas com posse de arma .....	9
2.3 – Crescimento de tiroteios em escolas e perfil dos casos .....	11
2.4 – Modelos de previsão.....	17
<b>Capítulo 3: Propostas Tecnológicas .....</b>	<b>21</b>
3.1 – Ferramentas e dados. ....	21
3.2 – Preparação dos dados. ....	21
3.3 – Proposta 1 - SARIMA. ....	25
3.4 – Proposta 2 – Holt-Winters. ....	25
<b>Capítulo 4: Resultados Obtidos.....</b>	<b>26</b>
4.1 – Resultado 1. ....	27
4.2 – Resultado 2. ....	30
4.3 – Análise dos resultados. ....	31
<b>Capítulo 5: Conclusão e Trabalhos Futuros .....</b>	<b>34</b>
5.1 – Conclusão .....	34
5.2 – Trabalhos Futuros .....	34
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>36</b>

# CAPÍTULO 1

## Introdução

### 1.1 – Tema

Os Estados Unidos da América sofrem com constantes tiroteios em massa em locais cotidianos como supermercados, hospitais e escolas. A escola é um local de aprendizado e socialização, principalmente para crianças e adolescentes. Apesar de tiroteios escolares serem um problema mundial, os Estados Unidos é o país com o maior número de tiroteios em escolas em nível mundial, de acordo com o *World Population Review*.

Eventos de tiroteios em escolas ameaçam mais do que a saúde física dos jovens, também são um perigo para a saúde mental de pais, alunos e professores que vivem sob o risco de um disparo a qualquer momento. É uma situação que vai além da saúde e da segurança pública e conflita opiniões a respeito de leis estaduais e até federais do país quanto ao porte de armas.

É importante que haja medidas para tentar conter os eventos que desde a pandemia não param de crescer, a fim de fomentar com dados futuros para apoiar em medidas reparadoras. Os dados futuros serão gerados através de modelos de previsão sazonais (SARIMA e Holt-Winters), visto que, após análise da série temporal, foi identificada uma sazonalidade pertinente na série temporal. Após a geração dos dados, será comparado o resultado dos modelos e, através de indicadores, será definido o modelo mais acurado.

### 1.2 – Justificativa

Com o crescimento significativo de tiroteios em escolas, sendo tiroteio em massa ou não, o ambiente escolar está cada vez menos seguro. De acordo com Giffords (2022), uma organização dedicada a salvar vidas de violências com armas, a maioria dos alunos de ensino médio estadunidenses se preocupam com tiroteios em massa em suas escolas ou comunidades. É comum que escolas e universidades realizem simulações e preparem os alunos para tiroteios em massa, instruindo quais atitudes os estudantes devem ou não tomar. Em 2016, 95% das escolas americanas executavam simulações de situações de perigo.

Apesar do percentual de tiroteios em massa ser pequeno em comparação com o número total de tiros disparados em ambientes escolares (incluindo ônibus escolares), com o aumento da exposição americana a tiroteios em massa e as simulações escolares, ao escutar um tiro em ambiente escolar, mesmo que seja acidental, cria-se uma tensão e preocupação de que, naquele momento, pode ser o começo de um tiroteio dentro da própria escola daquele jovem.

É uma preocupação que vai além da esfera escolar, afeta pais, familiares e toda a comunidade. O próprio Serviço Secreto Americano afirma que é possível identificar sinais de violência nos jovens e que na maioria dos ataques em massa, alguém estava ciente do plano, pois em sua maioria, os tiroteios em massa são minimamente planejados. O alerta comportamental constante por parte de todos é essencial na busca de um ambiente escolar mais seguro, todavia, apesar de importante, a atenção comportamental não é o suficiente para alcançar a segurança escolar.

Um estudo da universidade Columbia dos Estados Unidos comprovou a relação entre tiroteios escolares, leis armamentistas estaduais e o quantitativo de pessoas que possuem armas. Quanto mais restritivas as leis e menor a quantidade de pessoas com porte de armas, menor o número de tiroteios em escolas. Esse resultado está alinhado com análises de organizações como a *Everytown Search*, que também observou que estados com leis armamentistas mais restritivas possuem menos casos de violência envolvendo armas como um todo.

Apesar da relação ser comprovada e em 2021 alguns estados adotaram novas leis mais restritivas, é necessário explorar novas abordagens para antecipar e mitigar possíveis eventos futuros. Nesse contexto, a aplicação de modelos de previsão de séries temporais sazonais pode apoiar expressivamente na compreensão e previsão dos tiroteios em escolas. Esses modelos são projetados especificamente para lidar com padrões sazonais e variações ao longo do tempo.

Através da análise dos dados será possível identificar tendências e padrões cíclicos e sazonais. Ao aplicar os modelos preditivos, será possível ultrapassar esses padrões para estimar a possível quantidade de tiroteios projetados para o próximo ano, se nenhuma medida preventiva for adotada.

### **1.3 – Objetivos e Desafios da Pesquisa**

Este trabalho visa aplicar e comparar modelos preditivos sazonais para estimar o potencial de crescimento de tiroteios escolares nos Estados Unidos. A análise se baseará em dados históricos de tiroteios ocorridos em ambientes escolares nos Estados Unidos entre 1970

e 2022, bem como em informações sobre políticas estaduais de armamento. A partir dessas análises, serão realizadas e comparadas duas previsões do número de tiroteios estimados em escolas estadunidenses para 2023, a fim de obter maior assertividade, e como esse dado poderá colaborar para as políticas públicas dos Estados Unidos.

No ano de 2020 e parte de 2021, devido ao COVID-19, muitas escolas precisaram se adaptar ao ensino remoto. Com isso, os dados de tiroteios em escolas para e previsão linear apresentam um obstáculo devido a interrupção das aulas presenciais. Além disso, os registros de tiroteios em horário e ambiente escolar em 2021 e 2022 superaram os últimos 10 anos, de acordo com a base de dados do *Center of Homeland Defense and Security*, utilizada neste trabalho. Um novo padrão diferente do que era visto nos anos anteriores.

Outro obstáculo identificado foi a base de dados de pessoas que possuem armas. Não foi encontrada nenhuma base unificada de porte de armas por estado estadunidense através dos anos. Para elaborar a linha do tempo, seria necessário utilizar dados de fontes diferentes e obtidos de formas diferentes também. Em busca de uma linearidade mais confiável, utilizou-se então o percentual de armas por residências estadunidenses do Statistica.com, na qual cada casa que possui pelo menos uma arma é contabilizada, a quantidade de armas por residência não é relevante nesse cenário.

Há também questões sociais como pobreza, estrutura familiar, índice de violência local (como roubos e tráfico de drogas), entre outros que não foram abordados diretamente nessa previsão, mas que podem ser fatores que impactam em tiroteios escolares. Em análise detalhada da base de dados, pode-se observar alguns casos que possuíam relações com gangues, todavia a maioria ocorria fora do horário escolar.

## **1.4 – Delimitação**

O trabalho possui recordes a respeito da base de dados e dos modelos preditivos. Quanto a base de dados, foi considerado apenas o cenário estadunidense. Apesar de serem considerados nas análises, os estados não foram previstos separadamente, sendo a previsão a nível nacional. Também foram filtrados na análise e na previsão apenas os tiros disparados dentro do horário escolar, apesar de haver tiros fora do horário escolar, entende-se que estes não são o maior risco para a comunidade escolar e não é o foco do trabalho. É importante reforçar que este trabalho engloba todos os disparos de tiros, ou seja, não é exclusivo de tiroteios em massa. Estes também estão representados na base de dados, todavia não há um foco para tais.

Para os modelos preditivos, devido a nítida sazonalidade na série temporal, foram utilizados exclusivamente os modelos sazonais, nesse caso foram selecionados os modelos SARIMA e Holt-Winters aditivo. Para esse estudo, não serão considerados outros modelos preditivos.

## 1.5 – Metodologia

Para realizar a previsão foi utilizado o modelo de trabalho OSEMN (*Obtain, Scrub, Explore, Model, iNterpret data*), que consiste em 5 etapas:

A primeira etapa integra a obtenção (*Obtain Data*) os dados. Após pesquisa de diferentes bases, foram selecionadas as mais recentes, citadas em outros trabalhos ou de fontes mais confiáveis.

Após obter a base de dados, é necessário realizar a limpeza de dados (*Scrub Data*). Nem todos os dados são necessários ou relevantes para a análise e previsão. Por isso, informações como tiroteios fora do horário escolar serão desconsideradas.

Com a base limpa, é importante realizar uma análise exploratória dos dados (*Explore Data*), na qual permitirá entender melhor os dados que serão trabalhados e seu contexto por meio de análises descritivas.

Depois de conhecer a base, inicia-se o processo de modelagem de dados (*Model Data*), que utiliza técnicas de previsão com série temporal através das metodologias SARIMA e Holt-Winters, a fim de validar qual destas variações sazonais é a mais adequada para esse o cenário estudado.

Por último, deve-se interpretar os resultados (*Interpret Results*) obtidos através da modelagem e avaliar e expor sua efetividade.

## 1.6 – Descrição

Este trabalho está dividido em 5 capítulos, que estão dispostos da seguinte maneira:

O capítulo 1 introduz o tema alvo da pesquisa e seu principal objetivo, que é realizar uma previsão do número de tiroteios em escolas americanas para 2023 como uma forma de alertar e sinalizar um possível aumento de casos se medidas não forem tomadas. Também aborda os seus principais desafios, que são a linearidade interrompida devido às aulas remotas

no período de lockdown geradas pelo COVID-19 nos dados de tiroteios em ambientes escolares e a falta de dados de posse de arma por estado, havendo apenas uma visão nacional.

No capítulo 2 será apresentado o embasamento teórico através de pesquisas bibliográficas que deram suporte ao tema e execução do trabalho quanto a tiroteios em ambientes escolares, leis armamentistas estaduais e a metodologia e a modelagem preditiva utilizada.

O capítulo 3 discorre sobre a proposta de trabalho e sua aplicabilidade, informações técnicas relevantes para sua execução e para o objetivo final e detalha as tecnologias utilizadas.

No capítulo 4 são expostos os resultados atingidos de acordo com os critérios definidos e cenários propostos.

O capítulo 5 apresenta as considerações finais, quais as contribuições do trabalho e propostas de trabalhos futuros a partir dos resultados obtidos.

# CAPÍTULO 2

## Embasamento Teórico

Nesta seção serão discutidos os conceitos e definições relacionadas às leis armamentistas, posse de armas, tiroteios em ambientes escolares estadunidenses e modelos de previsão. Também será apresentada a análise de dados para expor informações que fundamentaram os estudos que serão detalhados no capítulo 3.

O intuito é ambientar e informar o leitor de conceitos fundamentais para compreensão completo do trabalho desenvolvido de forma clara para que o conhecimento e a pesquisa sejam acessíveis a todos.

### 2.1 –Panorama geral e leis armamentistas nos EUA

A constituição americana foi publicada em 1787 e é a menor constituição escrita em vigor. Esta favorece a autonomia dos estados, possibilitando maior liberdade, contanto que não entrem em conflito com as leis federais. A respeito das leis armamentistas, os estados possuem autonomia para definir e regular suas leis, todavia precisam respeitar a segunda emenda.

A segunda emenda da constituição americana, aprovada em 1791, afirma que "Sendo necessária uma milícia bem ordenada para a segurança de um Estado livre, o direito do povo a possuir e portar armas não poderá ser violado" (tradução livre).

De acordo com a BBC, o trecho foi elaborado poucos anos após a vitória do Estado na Guerra da Independência, que durou entre 1775 e 1783. A conquista contou com grande apoio das milícias americanas, formadas por grupos de homens organizados para proteger suas comunidades, cidades e estados, já que não havia forças militares suficientes para defender todo o território estadunidense. A segunda emenda tinha como objetivo empoderar as milícias e possui interpretações diferentes nos dias de hoje.

De acordo com o *Giffords Law Center*, ao longo dos anos, também foram implementadas algumas regulações armamentistas a nível federal, como o Ato Nacional de Armas de 1934 que regula a transferência e posse de armas. Atualmente, o posse de armas requer o pagamento de uma taxa, registro e aprovação para tal; o Ato de Controle de Armas de 1968 que proíbe a importação, o transporte, a posse ou o comércio ilegal de armas para pessoas

que não são permitidas legalmente de possuir uma arma; Ato de Controle de Armas Violentas e Aplicação da Lei de 1994, o qual limitava o número de balas para armas de alta capacidade e a venda de determinadas armas para civis (durou apenas 10 anos por possuir muitas brechas e não obteve o sucesso esperado; o Ato de Brady de 1993 que instaurou uma análise do Sistema Nacional de Análise Instantânea de Histórico Criminal (*The National Instant Criminal Background Check System* - NICS) para compra de armas de fogo, exceto em vendas privadas não-licenciadas, as quais não requerem análises de histórico criminal para transferir a posse da arma; o Ato de Armas de Fogo Indetectáveis de 1988, que proíbe que seja feita, importada, vendida, transferida ou seja possuída uma arma que não se adeque as definições e composições de armas de fogo, pois sua diferença pode passar despercebida por detectores de metais ou máquinas de raio X.

O debate sobre proibição de armas e leis mais restritivas ocorre há mais de 100 anos e foi influenciado por fatores nacionais e internacionais como a Segunda Guerra Mundial, a proibição de venda alcoólica nos Estados Unidos, tiroteio em massa, formação da União Soviética, o assassinato de Martin Luther King Jr. e do senador Kennedy, o grupo Pantera Negras (que se aproveitou quando o estado da Califórnia não possuía leis restritivas para andar com armas carregadas e fez com que, em dias, Califórnia e outros estados aderissem à restrição) entre outros.

Todos esses eventos colaboraram, mesmo que indiretamente, para o avanço de medidas mais restritivas, principalmente devido às comoções populares. Todavia o debate político de anos em torno das leis armamentistas vai além de visões políticas distintas de civis e suas preocupações a respeito de segurança. Engloba interesses econômicos da indústria armamentista e da elite. Por maior que fosse a oposição popular, o interesse da elite era prevalecido.

Para apoiadores da posse de arma, está claro na constituição que é um direito do povo, já opositores defendem que a emenda foi elaborada para as milícias há mais de 300 anos atrás em um cenário onde os Estados Unidos ainda estava conquistando seu terreno atual. Contrários à lei defendem que para o cenário vigente, o Estado possui força municipal, estadual e federal, eximindo a necessidade de civis precisarem de armas de fogo para defenderem sua terra.

Apesar da posse ser legalizada em níveis federais, de acordo com a Constituição americana, seus estados podem definir as regras para aquisição e posse de armas dos seus civis. Conforme exposto em um estudo da Organização *Everytown Research*, organização que luta contra as violências ocasionadas por armas de fogo, há uma relação clara entre maiores legislações armamentistas e taxas abaixo da média de violências armadas. Ou seja, quanto

maior o controle dos estados sobre a compra e a posse de armas, menor a taxa de violências com armas.

É difícil visualizar um panorama no qual os Estados Unidos da América anulem a Segunda Emenda, todavia o país está em um caminho de medidas mais restritivas nesses últimos 100 anos principalmente através das leis estaduais. Os estados, em sua maioria, estão acompanhando as necessidades da sociedade atual e dos civis com leis restritivas como proibição de posse de armas para pessoas com histórico de violência doméstica, armazenamento seguro para crianças de armas, idade mínima para aquisição de armas entre outras. Todavia, ainda assim tem estados revogando leis mais restritivas ou diminuindo idade mínima para compra de armas.

Enquanto o cenário de leis armamentistas estadunidenses ainda está em pleno debate e reestruturação constante, um novo desafio aparece para regularização de armas para todo o mundo, as armas 3D.

As impressoras 3D permitem que desenhos, estruturas e até partes do corpo humano (em impressora mais específica e pouco acessível) sejam impressas com o desenho e o material correto. A princípio a maior preocupação legal com as impressoras 3D era a propriedade intelectual, pois mesmo que o objeto fosse patenteado, a pessoa poderia reproduzir em casa com a sua impressora com um custo muito menor.

Todavia, de acordo com a BBC em 2013 foi impressa a primeira arma 3D e desde então pessoas comuns estudam como aprimorá-las e compartilham metodologias na internet. Atualmente existem até concursos de armas feitas em impressoras 3D, como por exemplo o *National Gun Marker's Match*. Além de qualquer pessoa com domínio da ferramenta ser capaz de fabricar sua própria arma, também é possível vendê-las por um valor mais acessível e o estado não consegue controlar quem vendeu e quem comprou e se a pessoa atende às legislações estaduais para portar a arma.

As armas fantasmas, como são chamadas as armas não rastreáveis produzidas de forma privada e sem registro e número serial, afetam a indústria armamentista, a regulação estadual, favorecem o crime organizado e ameaçam a segurança dos civis. São objetos que passam a ser acessíveis até para menores de idade, mesmo com leis como armazenamento de arma seguro para crianças e idade mínima para aquisição de armas e podem agravar o cenário de tiroteios em escolas.

Atualmente as armas fantasmas produzidas através de impressoras 3D residenciais ainda não são equiparáveis às armas tradicionais e possuem suas limitações. Apesar de haver propostas e especulações em como essas armas podem ser controladas, como por exemplo

licença para possuir impressora 3D ou algoritmos de identificação de armas nos softwares das impressoras, são restrições que podem ser superadas pelos usuários. Apesar de ser possível construir uma arma em casa, é necessário adquirir munição para utilizá-la, que por sua vez pode ser mais uma possibilidade a ser considerada para controle estatal.

## **2.2 – Crescimento de pessoas com posse de arma**

Os Estados Unidos da América é o país com o maior número de pessoas com armas no mundo (EXAME, 2023). Com base nos dados da Pesquisa Nacional de Armas em 2021, estima-se que 81.4 milhões de estadunidenses acima de 18 anos possuam armas, dos quais 20.7 milhões andam com armas em público através da licença de porte de armas em ambientes públicos, todavia dentro da pesquisa, mais da metade dos participantes que afirmaram possuir arma, admitiram ter momentos que carregaram uma arma para além da sua propriedade, sendo que apenas 26.3% possuíam licença para tal. Cerca de 34.9% dos participantes com armas relataram desejar carregar armas consigo, mas são limitados devido às leis estaduais.

De 400 milhões de armas estimadas em território estadunidense, mais de 393 milhões estão concentradas em civis. A população americana como um todo está mais armada que a política e o exército americano. A média de armas por civis é de 5 por pessoa e apenas 22% de pessoas com armas possuem apenas uma arma.

A grande maioria defende possuir uma arma para proteção, todavia 59,8% dos entrevistados com armas usaram a arma para proteção apenas uma vez (não necessariamente houve disparo). A concentração de armas se encontra em territórios rurais, onde também é comum a prática de caça, ainda assim pouco menos da metade dos lares que possuem armas estão nos subúrbios e em regiões urbanas.

Por décadas, mulheres representavam entre 10 e 20% de pessoas com porte de arma, inclusive uma das teorias para a diminuição de lares com armas era o aumento de lares de mães solteiras (*The Violence Policy Center*, 2018). Atualmente as mulheres representam 42.2% dos civis armados dos Estados Unidos. O crescimento ocorreu principalmente na pandemia, onde as mulheres representaram a maior parcela de novos usuários na venda de armas. Presume-se que 3.5 milhões de mulheres se tornaram novas proprietárias de armas entre janeiro de 2019 e abril de 2021. Mesmo com o aumento exponencial de mulheres com posse de armas, em comparação, os homens seguem liderando o mercado, com 4 milhões de armas no mesmo período.

De acordo com matéria do *New York Times*, a pandemia causada pelo COVID-19 aumentou a venda de armas, principalmente de pessoas que nunca possuíram uma, mas ainda assim civis que já tinham armas se preocuparam em obter mais. Marqueece Harris-Dawson, representante do Sul de Los Angeles, comparou o alto crescimento da venda de armas com o desespero para comprar papel higiênico, fazendo referência ao início da pandemia onde as pessoas compravam uma quantidade muito alta e desnecessária de papel higiênico para estoque, como se houvesse uma corrida armamentista civil.

Também foi identificado que além de mulheres, o público de armas está mais diversificado devido a pandemia, de acordo com um lojista, passou a ser mais comum pessoas com carreiras mais formais adquirirem armas, muitos não eram conservadores e a maioria nunca tinha tido contato com uma arma, sem saber ao menos carregá-las. Esse novo público investia em armas um pouco mais caras, mas que não possuíam a intenção de portá-las em público, sendo destinadas apenas para proteção do lar.

Infelizmente o governo não possui o controle do número total de venda de armas a nível nacional, mesmo através do sistema de verificação do histórico da pessoa a comprar a arma não é possível ter uma visão completa, devido às vendas privadas.

Doutor Wintermute, da Universidade da Califórnia, ao analisar o aumento de venda de armas entre 2018 até o início da pandemia, identificou que houve mais violência nos estados que mais cresceram a venda de armas, mas realçou que outros fatores como lockdowns e desemprego também impactam a relação, podendo até possuir um efeito maior que a venda de armas.

Richard Rosenfeld, criminologista da Universidade de Missouri, alerta que o mais importante não é o aumento do estoque de armas pelos civis, mas sim o armamento que está sendo utilizado em crimes. Os departamentos de polícia dos Estados Unidos vêm reportando cenas de crimes com armas maiores e mais poderosas, com maior probabilidade de matar pela sua rapidez ao atirar.

Gary Kleck, professor de criminologia na Universidade Estadual da Flórida, acredita que leis restritivas são menos efetivas do que as pessoas que as defendem argumentam. Ele afirma que é mais efetivo garantir que pessoas com doenças mentais não possuam acesso às armas do que os jovens. Ele argumenta que leis armamentistas não são tão preventivas para tiroteios em massa, visto pelo histórico de atiradores que estão dispostos a morrer e se planejam por semanas e meses antes de agir.

### 2.3 – Crescimento de tiroteios em escolas e perfil dos casos

Na figura 2.1 expõe o número de tiroteios ao longo dos anos (1970 – 2022). A partir desta é possível observar o avanço do número de casos nos últimos anos. Desde 2018 o número de tiroteios em escolas dentro do horário escolar cresceu de forma jamais vista, ultrapassando o número de 50 casos por ano (figura 2.5). Mesmo com escolas fechadas devido à COVID-19 durante alguns meses de 2020, os números acompanharam os anos mais altos entre 1970 e 2017. Em 2021, todavia, foi primeiro ano a atingir mais de 100 registros de tiroteios em escolas dentro do horário escolar, com 126 casos, onde 33 ocorreram apenas em setembro (figura 2.2). Exceto por 2005, 2006 e 2007, setembro de 2021 registrou mais tiroteios em horário escolar do que todos os anos entre 1970 e 2017 (figura 2.1). Poucos meses depois o mesmo número (33) foi registrado em março de 2022 (figura 2.3).

Os anos de 2021 e 2022 expõem a tendência de crescimento de tiroteios em horários escolares, sendo 2022 o maior número de tiroteios já registrados em horário escolar, ultrapassando em aproximadamente 29% o ano surpreendente de 2021 que a princípio aparentava ser um ano fora da curva (figura 2.4). Em 2023 até junho foram registrados mais de 100 tiroteios em horário escolar, reforçando a possível nova tendência.

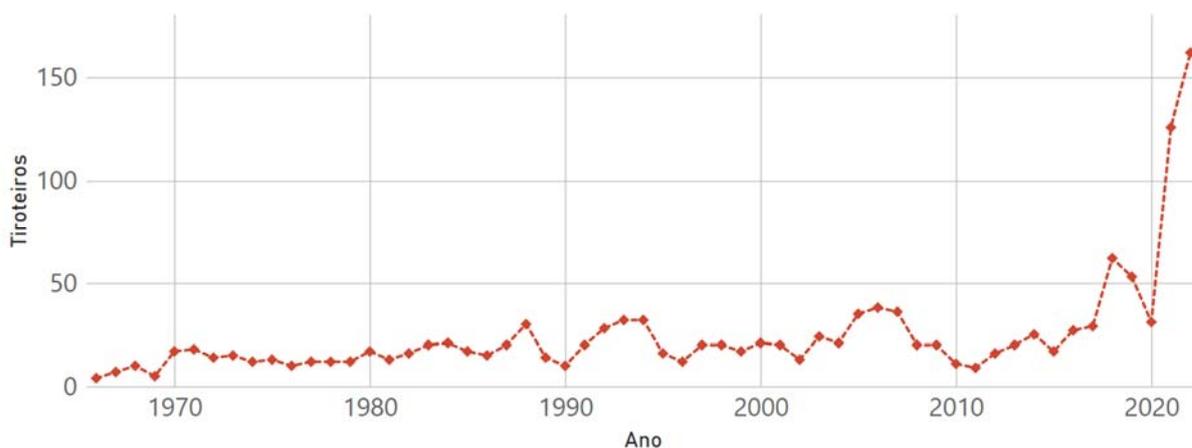


Figura 2.1: Tiroteios em horário escolar 1970 - 2022

Fonte: Autor, 2023

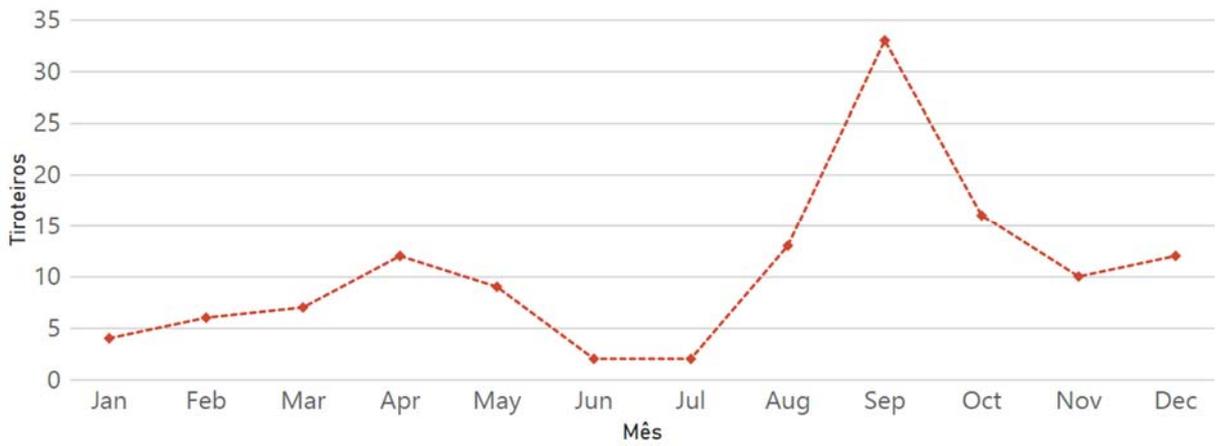


Figura 2.2: Tiroteios em horário escolar em 2021 por mês  
 Fonte: Autor, 2023

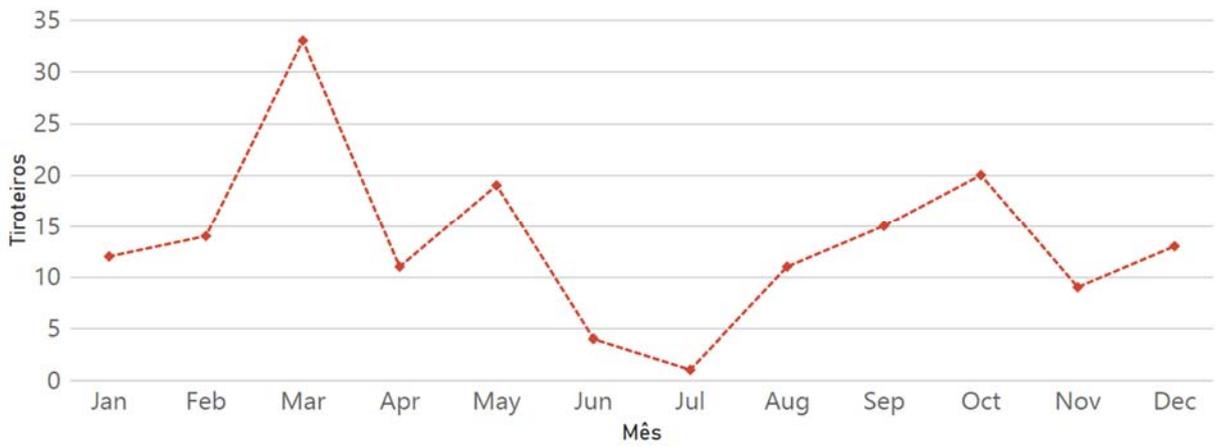


Figura 2.3: Tiroteios em horário escolar em 2022 por mês  
 Fonte: Autor, 2023

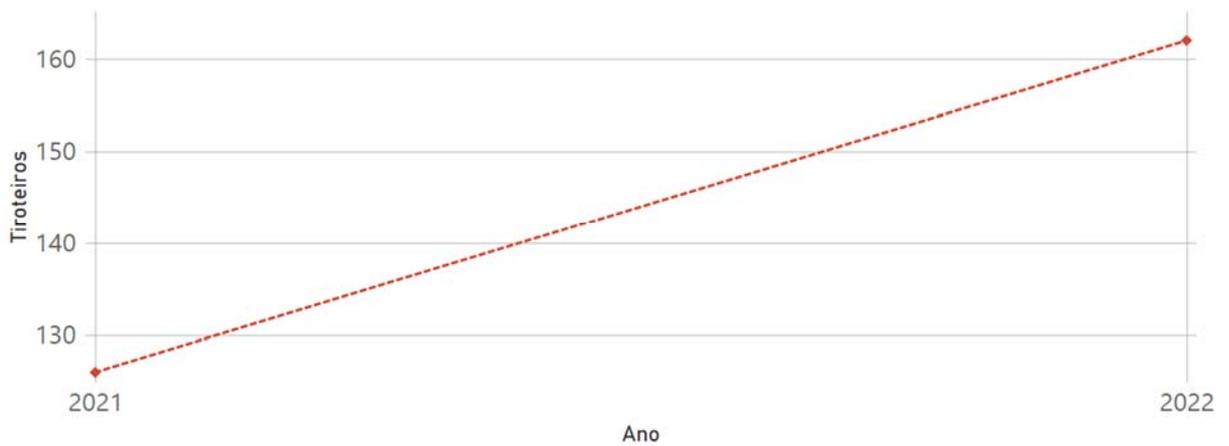


Figura 2.4: Tiroteios em horário escolar 2021 - 2022  
 Fonte: Autor, 2023

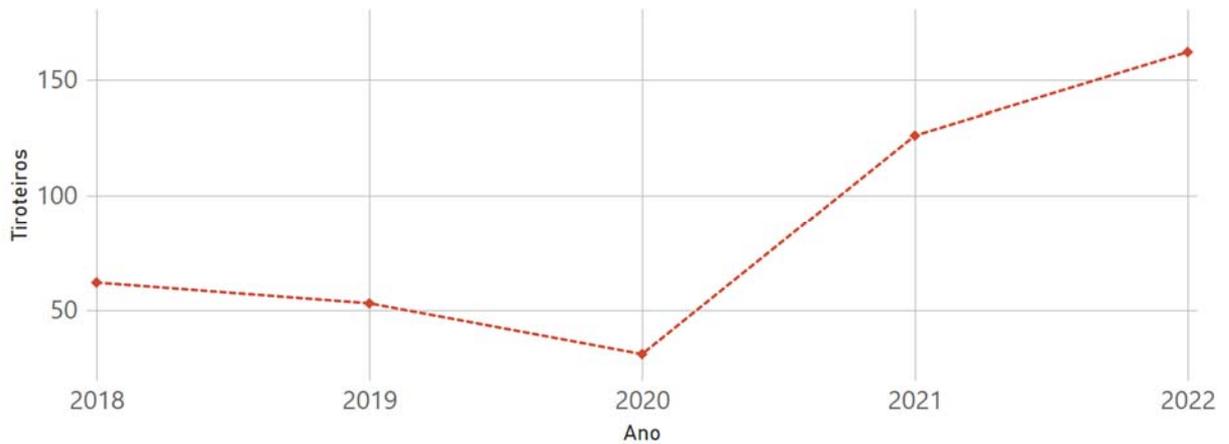


Figura 2.5: Recorte de número de tiroteios em horário escolar nos últimos 5 anos

Fonte: Autor, 2023

Após a pandemia os casos durante horário escolar cresceram mais de 300% e seguem aumentando ano após ano, como exposto na tabela 2.1

Tabela 2.1: Variação de tiroteios em horário escolar nos últimos 10 anos

Ano	Tiroteios em horário escolar	% de variação (aproximado)
2012	16	78%
2013	20	25%
2014	25	25%
2015	17	-32%
2016	27	59%
2017	29	7%
2018	62	114%
2019	53	-15%
2020	31	-42%
2021	126	306%
2022	162	29%

Fonte: Autor, 2023

De acordo com Shultz et al. (2013), causas de violência armada em escolas costumam ser similares às causas de violências em comunidades e utilizar estratégias diferentes para tratar a violência armada em ambiente escolar pode deixar de lado soluções significativas. O motivo mais frequente de tiroteios em escolas dentro do horário comercial é uma evolução de um conflito (30,09%), conforme refletido na figura 2.6.

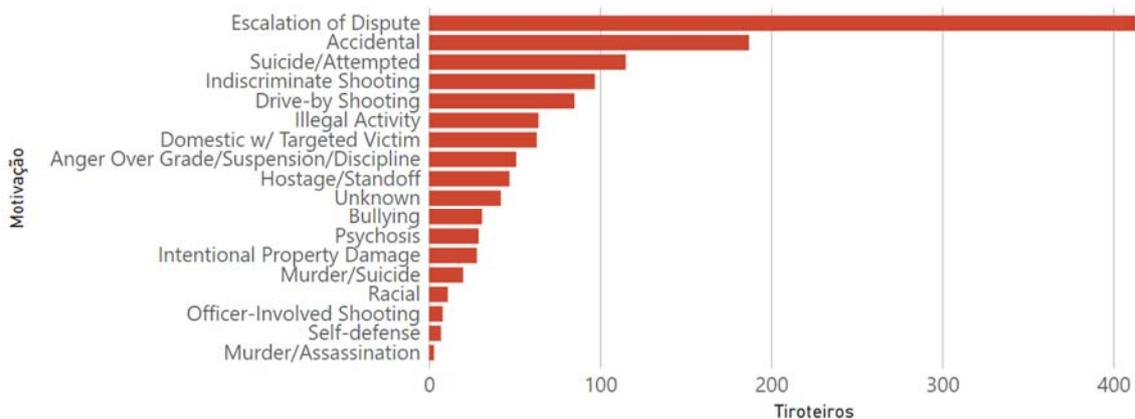


Figura 2.6: Motivos identificados de tiroteios em escola dentro do horário escolar desde 1970  
 Fonte: Autor, 2023

Além disso, é possível identificar um padrão nos horários em que os tiroteios ocorrem com mais frequência na figura 2.7. Sendo estes no horário da entrada (08h), durante as aulas da manhã (10h), horário de almoço (12h) e saída escolar (14h-15h). Os horários de entrada e saída variam entre os níveis escolares.

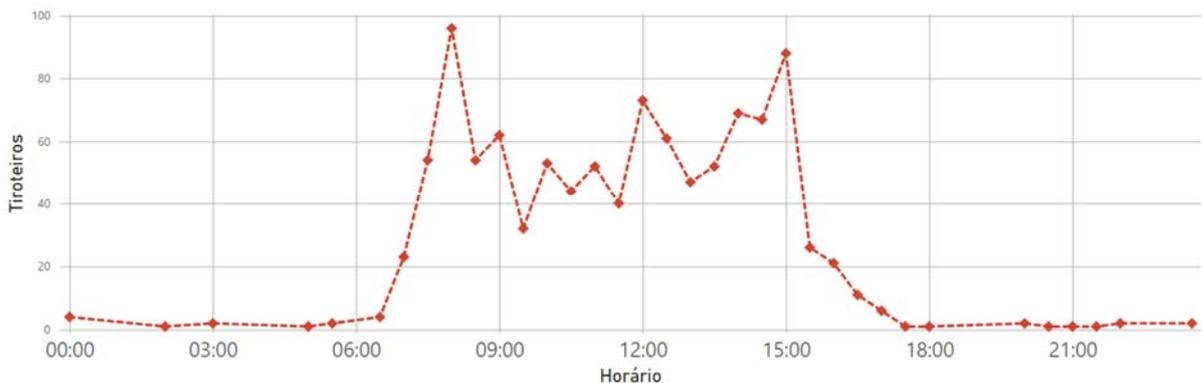


Figura 2.7: Horários com maior número de tiroteios em escolas  
 Fonte: Autor, 2023

Um dos fatores que dificulta a evolução em tornar as escolas mais seguras de tiroteios é a falta de definição do que constitui um tiroteio escolar (Elsass et al., 2016). O foco nas soluções para tiroteios em massa, eventos raros ainda que significante dentro das escolas, traz soluções que não necessariamente irão colaborar para os casos mais comuns de tiros em ambiente escolar. Com o foco maior em prevenir tiroteios em massa, foi destinado um fundo maior para medidas de segurança escolar. Em paralelo, identificou-se um orçamento mais reduzido para o corpo docente e programas de prevenção a violência em escala para os alunos (Gammell et al., 2021). Como há uma distinção entre tipos de tiroteios em escola, é importante entender as características e as diferenças entre eles a fim de identificar a melhor solução para cada situação, nesse trabalho o foco é em todo disparo que ocorre dentro do horário e ambiente escolar.

A concentração de atiradores em tiroteios dentro do horário escolar se encontra nos alunos, como consta a figura 2.8. Nesse grupo, apenas 10,14% são maiores de 18 anos. Ou seja, a maior parte obteve acesso a armas de forma ilegal. Pesquisas identificaram que a maioria dos jovens que atiram em escolas obtém suas armas através de familiares e amigos (NTAC,2019, 2021). Constantemente são armas que os donos acreditam estar armazenadas de forma segura (NTAC, 2019), apesar de em muitos casos em que se identifica que o jovem planeja um ataque a escola, os responsáveis legais permitem acesso às armas com facilidade (NTAC, 2021), o que colabora para o risco de um ataque. É muito importante a conscientização dos responsáveis legais, não apenas dos alunos, sobre o perigo do acesso precoce a uma arma.

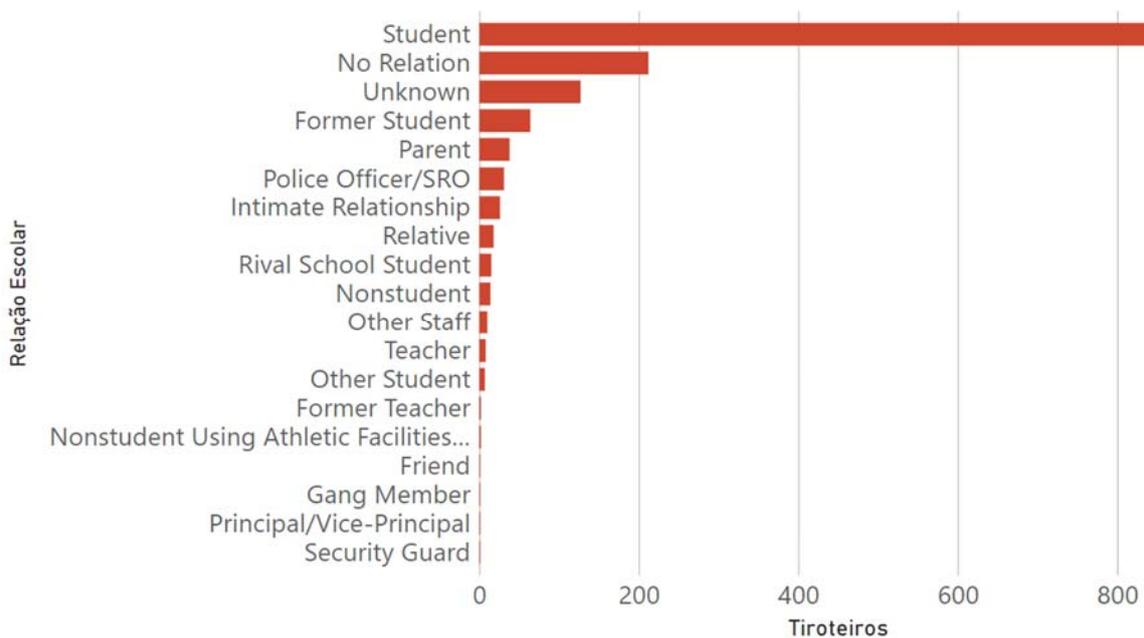


Figura 2.8: Relação escolar do atirador em tiroteios dentro do horário escolar  
 Fonte: Autor, 2023

Um estudo de correlação entre leis armamentistas estaduais, nível de pessoas com posse de arma por estado e tiroteios em escola. (Reeping et al., 2021). Foi identificado que quanto mais permissiva as leis estaduais armamentistas (figura 2.9), maior o risco de tiroteios em escolas e, com isso, maior deve ser o esforço preventivo contra violência escolar.

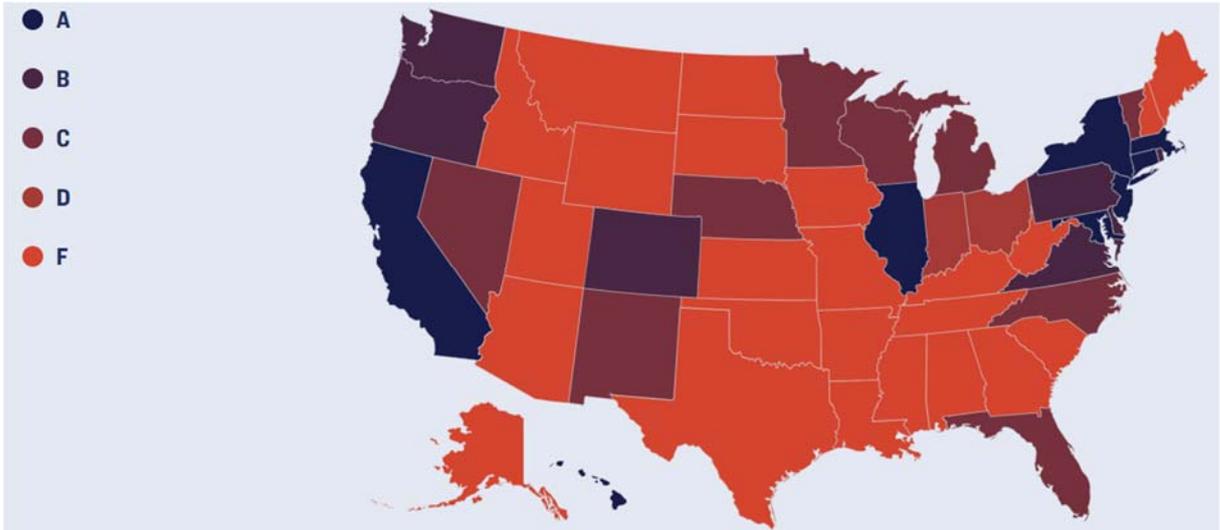


Figura 2.9: Mapa dos Estados Unidos da América com a pontuação de leis mais restritivas mais efetivas (A) para menos restritivas (F)  
 Fonte: Giffords, 2022

Um ponto importante é que apesar de um estado possuir leis mais restritivas, se ele tem contato com estados de leis mais permissivas, ainda assim sua taxa de crimes com armas pode ser alta. Um exemplo é a Califórnia, que tem executado um movimento de tornar as leis armamentistas mais rigorosas, todavia além de já possuir um histórico anterior às mudanças, também faz fronteira com estados mais permissivos, que facilitam a obtenção de armas mesmo que as leis locais não permitam. Ainda assim, em sua maioria, é possível ver a relação entre as leis armamentistas e o número de tiroteios em escolas (dentro do horário escolar) por estado (figura 2.10).

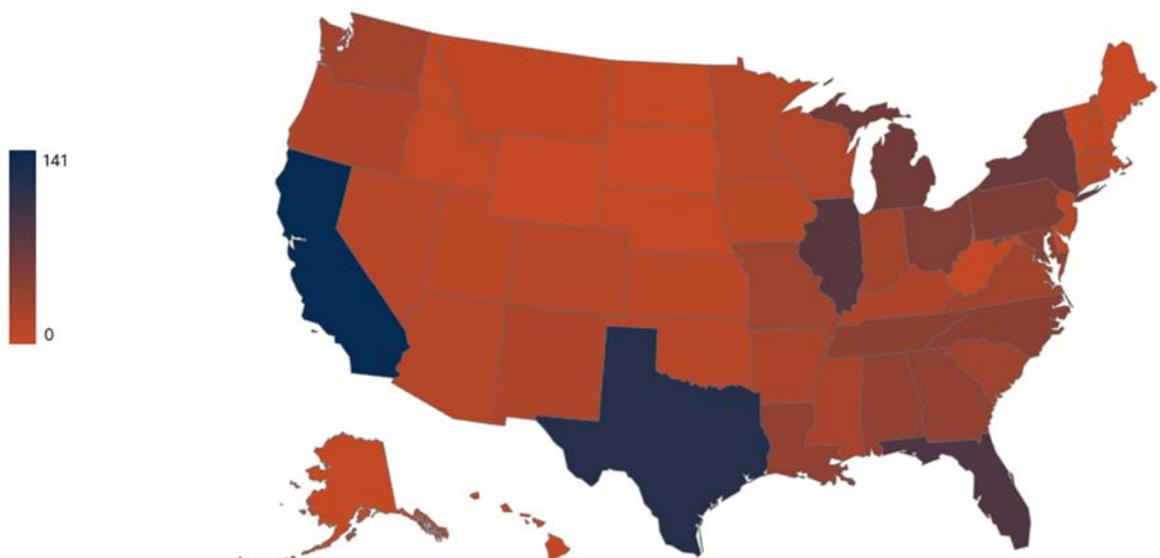


Figura 2.10: Número de tiroteios por estados entre 1970 e 2022

Fonte: Autor, 2023

## 2.4 – Modelos de Previsão

Para elaboração do trabalho, foram utilizadas bibliografias referentes a modelos de previsão através de linhas temporais, além de artigos com aplicações em casos reais de alguns dos principais modelos.

De acordo com Silva (2008), uma série temporal consiste em um conjunto de dados observados em linha de tempo suscetível e suas técnicas identificam padrões dentro dos dados para então aplicá-los no cálculo do valor previsto. Todas as técnicas consideram ao menos um dos seus componentes. O primeiro componente é o nível, que representa o comportamento dos tiroteios de forma pura, sem a influência de outros componentes. O segundo é a tendência, que indica o crescimento ou declínio dos tiroteios ao longo do tempo. A sazonalidade é outro componente importante, ela aborda os padrões que ocorrem em períodos específicos do ano. Por exemplo, durante as férias escolares de verão em julho é comum observar uma redução no número de tiroteios. A sazonalidade permite capturar essas variações regulares e considerá-las na análise e previsão. Já o ciclo é um componente semelhante à sazonalidade, mas abrange variações de longo prazo. Ele pode estar relacionado a fatores econômicos, políticos ou sociais que afetam a ocorrência dos eventos. Por fim, temos a aleatoriedade, que representa fatores particulares e não recorrentes que podem influenciar os dados. Um exemplo disso seria a pandemia de COVID-19, que teve um impacto significativo na ocorrência de tiroteios.

Hyndman e Athanasopoulos (2018) definem cinco passos que compõem a previsão, sendo o primeiro a definição do problema para melhor planejamento de como executar a previsão, qual a finalidade da atividade e quem poderá se beneficiar de tal. A segunda etapa consiste em obter as informações, coletar o máximo de dados possíveis para executar a análise da terceira etapa e para garantir maior assertividade da previsão. Na terceira fase é executada a análise exploratória preliminar, ou seja, analisar e interpretar os dados que serão, ou não, utilizados. É nessa etapa que se obtém insumos para definição dos modelos de predição a serem utilizados, assim como conhecer as características da série para melhor manuseio no momento da predição.

Após análise da série é dado o momento de definir quais modelos serão utilizados na previsão a partir dos padrões e das peculiaridades identificados na série e testar com o histórico a execução do modelo com maior proximidade dos valores reais. Com os modelos e seus

parâmetros definidos, é na última etapa que utilizamos os modelos com previsões futuras e avaliamos qual deles apresenta o melhor desempenho. É recomendado que a manutenção da análise ocorra de forma periódica para validar se o modelo ainda se encaixa no cenário a longo prazo e possíveis alterações que podem ser feitas para aprimorar seu resultado ao longo do tempo.

Durante a execução da segunda etapa, foi possível identificar a sazonalidade presente na série temporal trabalhada. Sendo assim, foram utilizados 2 modelos de previsão para identificar qual teria maior acurácia. Um dos modelos testados foi o SARIMA (*Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*), a versão sazonal do modelo popular ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) de média móvel. SARIMA engloba sazonalidade (S), auto-regressão (AR), integração (I) e média móvel (MA) (Lemos, 2006). A combinação de sua composição o torna favorável devido a sazonalidade da série, a auto-regressão que modela a relação do valor atual com seus antecessores, enquanto a integração transforma a série em estacionária, removendo suas tendências e a média móvel aplica pesos maiores para dados mais recentes e menores para dados mais antigos da série temporal, um fator relevante considerando o pico de casos após o COVID-19.

Uma das principais vantagens do modelo SARIMA é sua capacidade de modelar padrões sazonais em séries temporais, o que o torna ideal para prever vendas sazonais, demanda de energia elétrica, preços de commodities, entre outras aplicações. Além disso, o SARIMA é capaz de lidar com dados com tendências, sazonalidade, flutuações irregulares e outros padrões complexos, tornando-o uma técnica muito versátil.

De acordo com Hyndman (2018) o modelo ARIMA possui 3 categorias: autorregressão (p), grau de diferença (d) e a ordem da média móvel (q). Já o SARIMA une fatores não sazonais (p, d, q) e sazonais em sua estrutura (P, D, Q)<sub>s</sub>, sendo 's' o período sazonal, no caso deste estudo, anual (s=12). E a estrutura de sua fórmula se dá através de:

$$\Phi(B^S)\phi(B)\Delta^d\Delta_S^D X_t = \theta_0 + \Theta(B^S)\theta(B)a_t \quad (1)$$

Os fatores não sazonais são:

$$\text{AR: } \phi(B) = 1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p \quad (2)$$

$$\text{MA: } \theta(B) = 1 + \theta_1 B + \dots + \theta_q B^q \quad (3)$$

Os fatores sazonais são:

$$\text{AR Sazonal: } \Phi(B^S) = 1 - \phi_1 B^S - \dots - \phi_p B^{Ps} \quad (4)$$

$$\text{MA Sazonal: } \Theta(B^S) = 1 + \theta_1 B^S + \dots + \theta_q B^{Qs} \quad (5)$$

Onde  $X_t$  = série de dados,  $a_t$  = erro aleatório (com média zero e variância  $\sigma^2$ ),  $B$  = operador de deslocamento retroativo,  $\phi$  = coeficiente não sazonal autoregressivo,  $\theta$  = coeficiente não sazonal média móvel,  $\Phi$  = coeficiente sazonal autoregressivo,  $\Theta$  = coeficiente sazonal de média móvel,  $\Delta^d$  = operador de diferença, onde  $d$  ordem de diferenciação, e  $\Delta_S^D$  = operador de diferença sazonal, com  $D$  ordem de diferenciação sazonal e  $S$  duração do período sazonal.

O outro modelo utilizado foi o Holt-Winters, este método possui equações que atuam de forma suavizadora para estimar a sazonalidade, o nível e a tendência da série. (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998 apud LEMOS 2006), ao mesmo tempo em que permite uma maior flexibilidade na interpretação e no ajuste dos padrões sazonais nos dados analisados, visto que os dados mais recentes possuem um peso maior no momento da previsão.

Holt-Winters é um método de suavização exponencial triplo utilizado para prever séries temporais com sazonalidade. É uma extensão do modelo de suavização exponencial duplo, que foi desenvolvido por Charles Holt em 1957. Nele são utilizadas médias ponderadas, onde os períodos mais recentes possuem um peso maior que os períodos mais antigos no momento da previsão.

O método pode ter o fator de sazonalidade como um aditivo e como um fator multiplicador. Nesse caso entende-se que a sazonalidade é uma adição a série temporal, visto que ela não possui dependência da tendência e pode ser apenas adicionado a série temporal. (KOEHLER apud TEIXEIRA apud SILVA, 2008).

Hyndman (2018) explica que o modelo Holt-Winters aditivo é construído por três parâmetros de suavização exponencial: média, tendência e sazonalidade. A suavização é aplicada a cada componente da série temporal: tendência ( $b_t$ ) e sazonalidade ( $s_y$ ) e nível ( $\ell_t$ ). Acredita-se que esse método é favorável por atribuir maior peso aos dados mais recentes, de modo que a previsão é baseada em uma combinação dos dados históricos e recentes. Os parâmetros de suavização exponencial são estimados a partir dos dados históricos.

A primeira componente é a tendência, que representa a direção da série ao longo do tempo. Ela pode ser crescente, decrescente ou constante, e é modelada por meio de uma equação linear. A segunda componente é a sazonalidade, que retrata as variações regulares que ocorrem na série temporal com base em um padrão sazonal. Esta pode ser diária, semanal, mensal, trimestral, anual ou de outra periodicidade, e é modelada por meio de uma média móvel ponderada. A terceira componente é o nível, que representa o valor médio da série temporal em

um determinado período. O nível pode ser afetado por eventos específicos ou mudanças na tendência ou na sazonalidade, e é modelado por meio de uma média móvel simples. A equação geral para o modelo de Holt-Winters aditivo de acordo com Hyndman (2018) é:

$$\textbf{Equação Geral: } y_{t+h} = l_t + hb_t + s_{t+h-m}$$

$$\textit{Equação de Nível: } l_t = \alpha(y_t - s_{t-m}) + (1 - \alpha)(l_{t-1} + b_{t-1})$$

$$\textit{Equação de Tendência: } b_t = \beta(l_t - l_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$\textit{Equação de Sazonalidade: } s_t = \gamma(y_t - l_{t-1} - b_{t-1}) + (1 - \gamma)s_{t-m}$$

Onde  $y_{t+h}$  representa o valor previsto,  $y_t$  o valor mais recente observado,  $m$  a sazonalidade da série temporal,  $h$  o período que está sendo previsto. O  $t$  corresponde aos valores da série temporal, enquanto o  $t - 1$  equivale aos valores da série temporal mais antigos e o  $t + 1$  aos valores da série temporal mais recentes. O  $\alpha$  simboliza o fator de suavização, o  $\beta$  fator de suavização da tendência e o  $\gamma$  fator de suavização do componente sazonal. O  $b_t$  descreve a tendência prevista e o  $b_{t-1}$  a tendência prevista anteriormente. O  $s_t$  reproduz a previsão sazonal e o  $s_{(t-m)}$  a sazonalidade prevista anteriormente.

# CAPÍTULO 3

## Propostas Tecnológicas

### 3.1 – Ferramentas e dados

Para executar a previsão, foi utilizada a base de dados “*K-12 School Shooting Database*” do David Riedman. Neste *dataset* é encontrado registros de quando uma arma é disparada dentro da propriedade escolar por qualquer motivo, independente do dia da semana ou se teve algum ferido. Além de bem completa, também já foi utilizada em artigos do *New York Times* e *The Washington Post*, o que aumenta a credibilidade da amostra a ser utilizada.

Para realizar a análise dos dados foi utilizado o *PowerBI*, e o tratamento dos dados e a previsão foi através de Python, utilizando a ferramenta *Google Colabs* e as bibliotecas *Pandas*, *Numpy* e *Matplotlib*.

### 3.2 – Preparação dos dados

A base de dados é bem completa e não possui tantos campos vazios, ainda assim, os campos vazios que afetariam na análise e na previsão foram removidos. Também foram descartadas as colunas que não agregaram na previsão, bem como tabelas adjacentes que foram úteis para analisar o perfil dos atiradores, duração do tiroteio, feridos e mortos com o evento e as características que mais repetem nos tiroteios, estes não foram adicionados à previsão, todavia podem colaborar para uma análise mais detalhada e para trabalhos futuros mais aprofundado.

Após análise sobre perfil dos eventos, notou-se que os dias do mês não possuíam um impacto na série temporal, sendo assim, para tornar a análise e a previsão mais objetiva, os dados foram agrupados por mês. Para apoio nas análises a respeito do padrão dos acontecimentos, também foi utilizado um dado paralelo de níveis de leis armamentistas para identificar determinado padrão. Todavia, como o dado obtido era estático e os estados podem alterar suas leis com constância, entende-se que apenas o cenário atual das leis armamentistas não é o suficiente para incluí-las como um fator na previsão, visto que não representam os períodos anteriores.

Um filtro realizado foi que os tiroteios precisavam ocorrer durante o horário escolar, visto que à noite predominam casos relacionados a gangues e outras afiliações criminosas. O foco deste trabalho é identificar e prever situações em que colocam crianças e jovens em risco dentro de um ambiente que deveria ser seguro e acolhedor. Na análise é possível observar que, durante o horário escolar, por mais que tiros por estudantes prevaleçam, também tem muitos casos de tiros ocasionados pelos responsáveis pelos jovens durante o período de deixar ou buscar a criança ou o jovem na escola, estes não foram descartados pois seguem sendo eventos de perigo e possíveis traumas para eles.

Após o filtro de eventos durante o horário escolar, pode-se observar um padrão ao longo do tempo. Como era de se esperar, durante as férias de verão e de final de ano nos Estados Unidos, quase não há casos (muitos colégios possuem o “*Summer School*”, que são aulas e atividades acadêmicas durante as férias de verão. O programa possui pouca aderência dos alunos a nível federal). Todavia, olhando para a série desde 1970, há uma incidência maior de casos no primeiro semestre do ano e no mês de setembro, sendo setembro o mês com mais tiroteios (figura 3.1). Nos Estados Unidos, o ano escolar começa entre agosto e setembro, então bem no início do ano escolar é o período com mais tiroteios nas escolas.

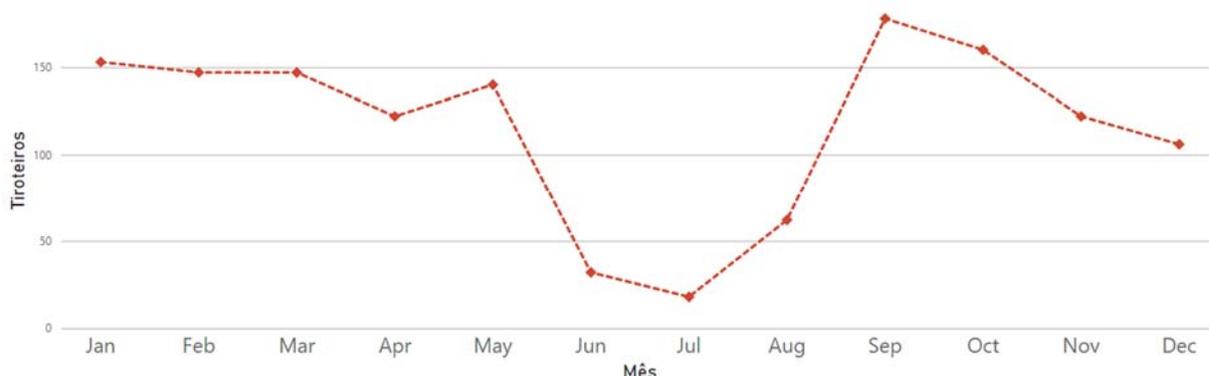


Figura 3.1: Total de tiroteios dentro do horário escolar por mês de 1970 a 2022

Fonte: Autor, 2023

Analisando os dados com um recorte mais recente, nos últimos 10 anos, as incidências do primeiro semestre estão cada vez mais concentradas no mês de março, conforme reflete a figura 3.2. Já setembro permanece como o mês com mais tiroteios dentro do horário escolar.

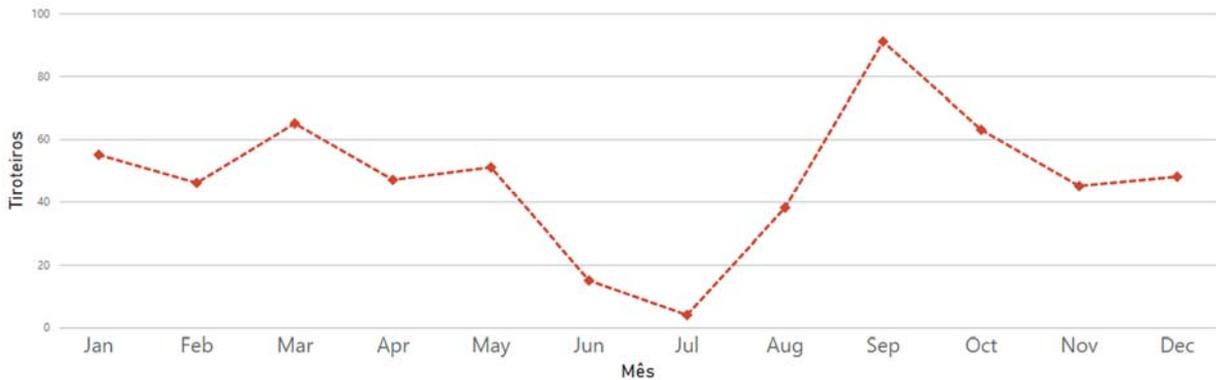


Figura 3.2: Total de tiroteios dentro do horário escolar estadunidense nos últimos 10 anos (2012 a 2022)  
 Fonte: Autor, 2023

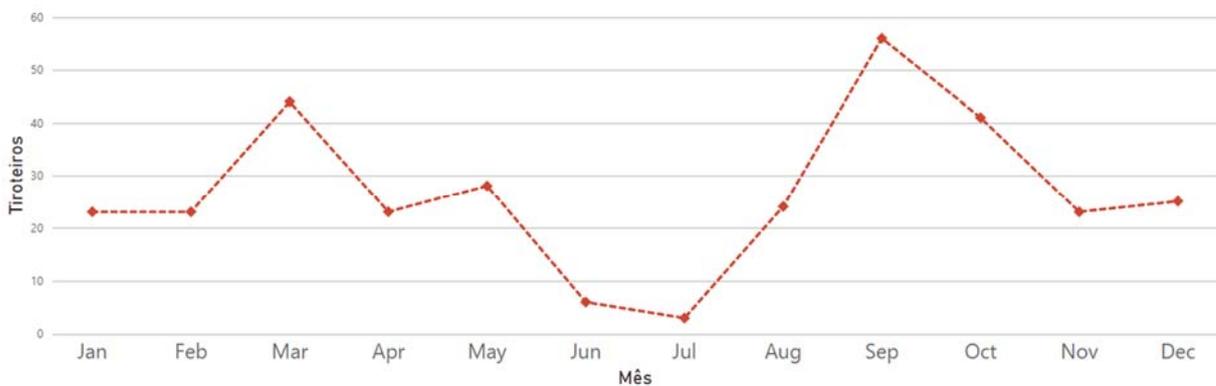


Figura 3.3: Total de tiroteios dentro do horário escolar estadunidense a partir do COVID-19 (2020 a 2022)  
 Fonte: Autor, 2023

A partir dessa observação, entende-se que a série possui sazonalidades e estas devem ser consideradas para a previsão. Para executá-la, os dados que estavam dispostos por dia foram organizados por mês e foi realizada a contabilização de eventos em cada mês. Também foi feita uma análise do período como um todo (de 1970 a 2022) e dos dados a partir do COVID-19 (de 2020 a 2022), – vide figura 3.3 – visto que após a pandemia os casos de tiros em território escolar dentro do horário escolar cresceram exponencialmente e foram além do padrão dos anos anteriores.

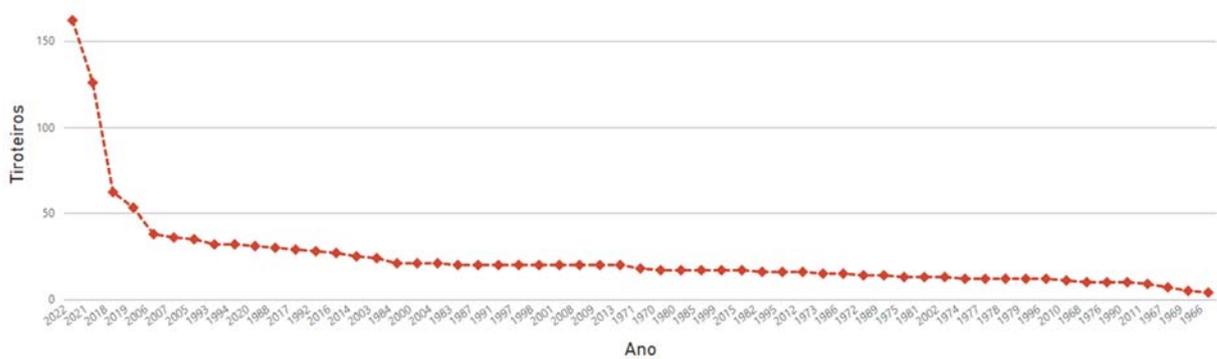


Figura 3.4: Gráfico categórico de total tiroteios durante horário escolar por ano (ordem decrescente)

Fonte: Autor, 2023

Como pode ser observado na figura 3.4, até 2018 o número de tiros disparados em ambiente escolar dentro do horário escolar não passava de 40. Em 2018 houve um crescimento alarmante de 62 casos que caiu para 53 em 2019. Em 2020, mesmo com o *lockdown* que, por meses, as atividades escolares passaram a acontecer dentro de casa, o número de tiroteios durante o horário escolar em ambientes escolares foi de 31, dentro do padrão dos anos anteriores, mas significante considerando o período de *lockdown*. Nos Estados Unidos, dependendo do período da pandemia, ficou a critério da escola ou da autoridade local definir se as escolas seriam fechadas ou não e por quanto tempo, então o retorno ao presencial variou de acordo com os estados e municípios.

Em 2021 é possível observar os efeitos do COVID-19 inclusive em ambientes escolares. Como já mencionado, na pandemia, em busca de se sentir mais seguro, aumentou o número de pessoas comprando armas, além dos efeitos psicológicos que a pandemia e o *lockdown* proporcionaram. Com isso, os casos de tiros disparados em ambiente escolar bateram seu recorde e chegou a 126 casos, mais que o dobro de 2018, até então o período com o maior número de tiroteios. Em 2022, apesar do ano ainda estar em vigência, até setembro foram 118 casos, com apenas 8 casos a menos que 2021 e com grandes chances de ultrapassá-lo.

A dificuldade na previsão será adaptá-la ao novo normal e ainda assim levar em consideração o passado que, apesar de números tão diferentes, pode-se observar que o padrão sazonal por enquanto se manteve.

### **3.3 – Proposta 1 – SARIMA**

Na proposta utilizando o modelo de previsão SARIMA, após o processo de limpeza e análise macro (leis armamentistas e o crescimento de casas com armas nos Estados Unidos) e micro (análise exploratória da base de dados) do cenário a ser trabalhado. Como já mencionado, a base trabalhada e utilizada para a execução do modelo foi a “*K-12 School Shooting Database*” do David Riedman. Como nesse cenário era necessário apenas o quantitativo de acidentes, utilizou-se o agrupamento de tiroteios por mês com o filtro de ter ocorrido durante o horário escolar para construir o modelo.

Como mencionado, após o COVID-19 os casos de tiroteios em escolas cresceram exponencialmente, então entende-se a importância do ano de 2021 ser utilizado como histórico. Sendo assim, foi utilizado como massa de teste os dados do ano 2022 (janeiro a dezembro) para avaliar a acurácia da previsão. O período de previsão que se busca encontrar é referente ao ano de 2023.

O modelo de previsão que será utilizado nessa proposta é o *Seasonal Auto Regressive Integrated Moving Average*, SARIMA, visto que o fator de sazonalidade é relevante na série temporal.

### **3.4 – Proposta 2 – Holt-Winters**

Bem como na proposta anterior, foi executada a mesma limpeza e análise dos dados da série temporal, pois em ambos os casos será utilizada a base “*K-12 School Shooting Database*” do David Riedman.

Para executar uma comparação justa das previsões, o período de teste considerado foi durante o período de janeiro a dezembro de 2022 e previsão de janeiro de 2023 a dezembro de 2023.

Nesta proposta será utilizado o modelo de suavização exponencial de Holt-Winters aditivo, este utiliza suavização exponencial tripla, é um método de previsão utilizado para séries temporais que apresentam tendência e sazonalidade.

# CAPÍTULO 4

## Resultados Obtidos

Antes de iniciar o processo de previsão, é necessário identificar suas características relevantes da série temporal para a previsão, para isso é importante entender se há sazonalidade, qual seria esse período e suas possíveis tendências. Essas informações serão aplicadas no momento da previsão.

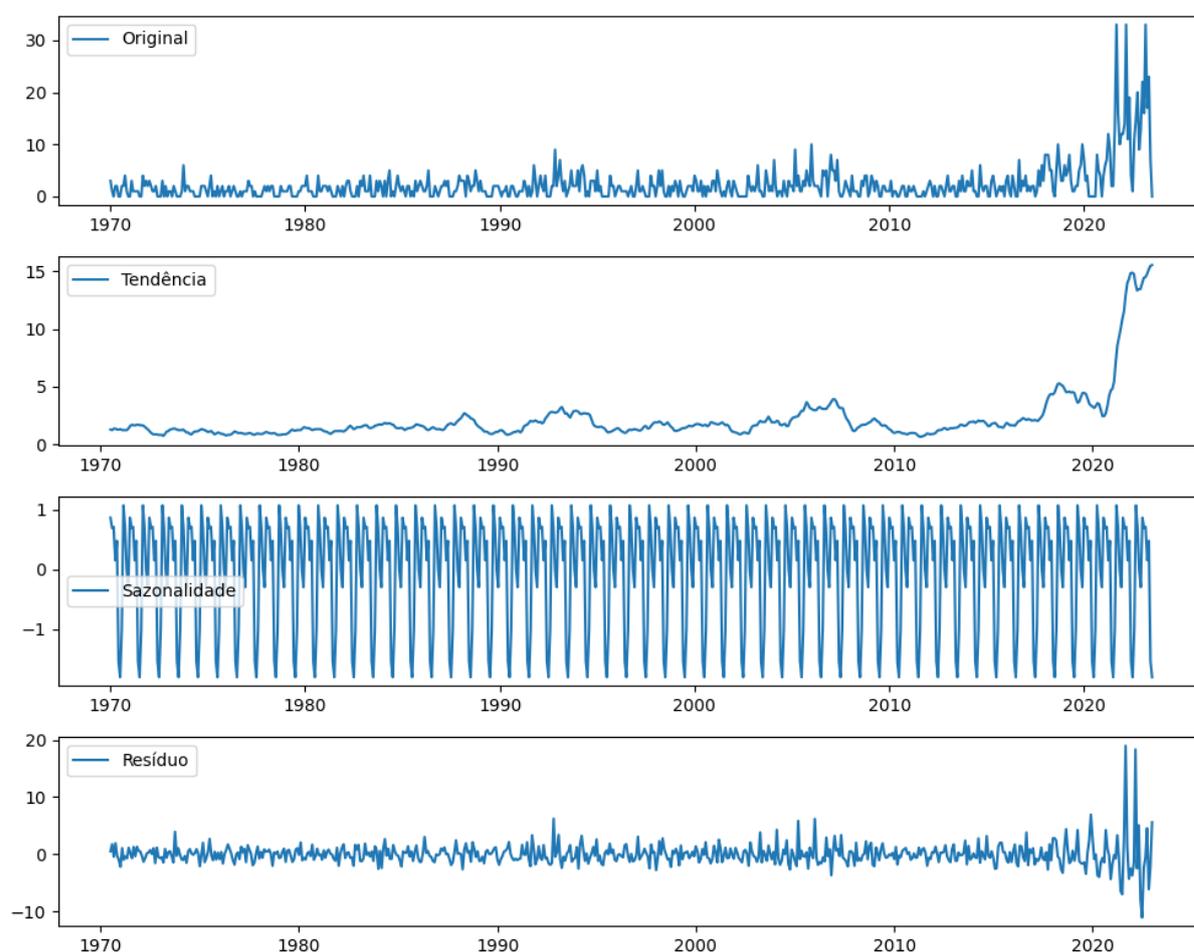


Figura 4.1: Decomposição da série temporal.

Fonte: Autor, 2023

A partir da figura 4.1 é possível observar que a sazonalidade ocorre em dois picos: um negativo que seriam as férias de verão no meio do ano e outro positivo já citado que é o mês de setembro. Além disso, é notável a tendência de crescimento dos últimos anos, como já mencionado. O número de casos começa a crescer em 2018, mas é reduzido pela pandemia.

Com o retorno após a pandemia, novos padrões foram identificados, com um número de casos excepcionais nos anos de 2021 e 2022, que colaboram para um resíduo mais significativo dentro do mesmo período.

#### 4.1 – Resultado 1

Para identificar os valores adequados para a composição do modelo SARIMA, foi estudada a ordenação ideal que gerasse o menor AIC (*Akaike's Information Criterion*), como pode ser observado na tabela 4.1.

Tabela 4.1: Resultados AIC

Ordem	AIC
(0,0,0)x(0,0,0,12)12	3.680.424.019.301.180
(0,0,0)x(0,0,1,12)12	33.565.719.928.433.600
(0,0,0)x(0,1,0,12)12	3.156.766.256.144.280
(0,0,0)x(0,1,1,12)12	30.363.410.886.108.900
(0,0,0)x(1,0,0,12)12	31.509.340.238.774.300
(0,0,0)x(1,0,1,12)12	30.626.419.443.750.300
(0,0,0)x(1,1,0,12)12	3.050.978.117.979.860
(0,0,0)x(1,1,1,12)12	30.383.409.942.136.600
(0,0,1)x(0,0,0,12)12	34.143.234.722.917.200
(0,0,1)x(0,0,1,12)12	31.892.478.794.968.700
(0,0,1)x(0,1,0,12)12	31.073.588.182.545.100
(0,0,1)x(0,1,1,12)12	29.566.776.114.995.600
(0,0,1)x(1,0,0,12)12	3.082.195.981.885.290
(0,0,1)x(1,0,1,12)12	29.952.591.103.781.000
(0,0,1)x(1,1,0,12)12	29.856.612.524.945.700
(0,0,1)x(1,1,1,12)12	29.586.769.870.958.200
(0,1,0)x(0,0,0,12)12	32.687.199.125.900.900
(0,1,0)x(0,0,1,12)12	31.693.740.296.420.300
(0,1,0)x(0,1,0,12)12	33.636.328.242.621.600
(0,1,0)x(0,1,1,12)12	30.820.068.702.983.700
(0,1,0)x(1,0,0,12)12	3.165.003.270.907.510
(0,1,0)x(1,0,1,12)12	31.418.083.472.974.700
(0,1,0)x(1,1,0,12)12	31.685.847.157.161.600
(0,1,0)x(1,1,1,12)12	30.896.358.692.116.300
(0,1,1)x(0,0,0,12)12	306.923.049.425.765
(0,1,1)x(0,0,1,12)12	2.954.043.525.662.120
(0,1,1)x(0,1,0,12)12	30.977.551.316.118.000

<b>Ordem</b>	<b>AIC</b>
(0,1,1)x(0,1,1,12)12	28.261.314.491.862.300
(0,1,1)x(1,0,0,12)12	29.393.631.462.281.500
(0,1,1)x(1,0,1,12)12	28.781.282.031.838.100
(0,1,1)x(1,1,0,12)12	29.010.827.895.876.900
(0,1,1)x(1,1,1,12)12	2.828.131.451.284.870
(1,0,0)x(0,0,0,12)12	31.837.072.974.552.100
(1,0,0)x(0,0,1,12)12	306.192.787.047.034
(1,0,0)x(0,1,0,12)12	3.099.726.069.765.080
(1,0,0)x(0,1,1,12)12	29.129.282.827.282.300
(1,0,0)x(1,0,0,12)12	3.026.915.272.870.480
(1,0,0)x(1,0,1,12)12	29.611.710.721.636.100
(1,0,0)x(1,1,0,12)12	29.505.074.224.688.400
(1,0,0)x(1,1,1,12)12	2.914.927.794.802.150
(1,0,1)x(0,0,0,12)12	3.074.658.635.908.810
(1,0,1)x(0,0,1,12)12	29.605.402.981.064.300
(1,0,1)x(0,1,0,12)12	307.049.542.351.561
(1,0,1)x(0,1,1,12)12	28.288.410.278.341.500
(1,0,1)x(1,0,0,12)12	29.393.430.224.042.300
(1,0,1)x(1,0,1,12)12	28.806.243.838.965.200
(1,0,1)x(1,1,0,12)12	2.891.335.453.576.980
(1,0,1)x(1,1,1,12)12	28.308.409.921.395.800
(1,1,0)x(0,0,0,12)12	3.175.525.495.190.210
(1,1,0)x(0,0,1,12)12	30.647.766.479.862.800
(1,1,0)x(0,1,0,12)12	32.303.497.076.617.800
(1,1,0)x(0,1,1,12)12	2.946.928.227.788.610
(1,1,0)x(1,0,0,12)12	30.457.984.554.290.500
(1,1,0)x(1,0,1,12)12	3.002.890.431.795.580
(1,1,0)x(1,1,0,12)12	30.226.341.587.058.700
(1,1,0)x(1,1,1,12)12	2.948.927.866.438.240
(1,1,1)x(0,0,0,12)12	3.044.862.906.837.870
(1,1,1)x(0,0,1,12)12	2.934.233.916.753.340
(1,1,1)x(0,1,0,12)12	30.854.063.382.677.300
(1,1,1)x(0,1,1,12)12	28.217.335.446.782.800
(1,1,1)x(1,0,0,12)12	29.209.970.486.226.000
(1,1,1)x(1,0,1,12)12	28.749.243.490.255.700
(1,1,1)x(1,1,0,12)12	28.952.147.162.323.000
(1,1,1)x(1,1,1,12)12	2.823.733.537.096.390

Fonte: Autor, 2023

Após análise da tabela 4.1, foi possível observar que o menor AIC foi da ordem (1, 1, 1)x(0, 1, 1, 12)12, no valor de 2821.7335446782818.

O resultado da previsão utilizando o modelo preditivo SARIMA pode ser observado na figura 4.2.

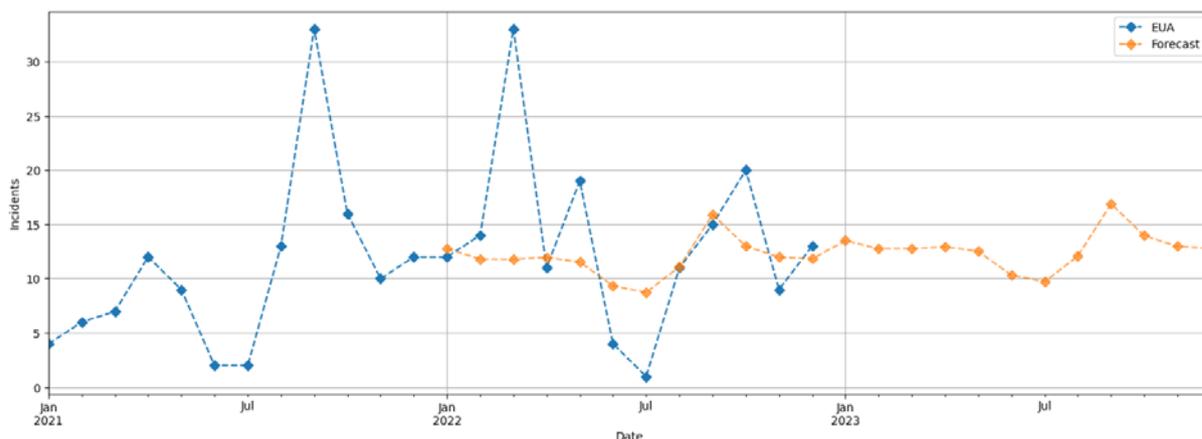


Figura 4.2: Previsão para os anos de 2022 e 2023 utilizando o modelo SARIMA  
Fonte: Autor, 2023

Para uma análise mais detalhada do resultado da previsão, na tabela 4.2 foi exposta a acurácia da previsão x os dados reais (até 28 de junho de 2023).

Tabela 4.2: Acurácia do modelo de previsão SARIMA

Data	Previsão SARIMA	Dados reais	Acurácia
01/01/2022	12,745012	12	94%
01/02/2022	11,811850	14	84%
01/03/2022	11,784307	33	36%
01/04/2022	11,968203	11	91%
01/05/2022	11,528451	19	61%
01/06/2022	9,340267	4	-34%
01/07/2022	8,739226	1	-674%
01/08/2022	11,097872	11	99%
01/09/2022	15,894615	15	94%
01/10/2022	12,982718	20	65%
01/11/2022	11,986998	9	67%
01/12/2022	11,822137	13	91%
01/01/2023	13,506001	22	61%
01/02/2023	12,751369	16	80%
01/03/2023	12,757775	33	39%
01/04/2023	12,948127	17	76%
01/05/2023	12,509602	23	54%
01/06/2023	10,321651	7	53%
01/07/2023	9,720654	-	-
01/08/2023	12,079309	-	-
01/09/2023	16,876054	-	-
01/10/2023	13,964157	-	-
01/11/2023	12,968437	-	-
01/12/2023	12,803576	-	-

## 4.2 – Resultado 2

Após análise e modelagem dos dados, com os parâmetros devidamente ajustados, o modelo pode ser utilizado para prever os valores futuros da série temporal. Isso é feito aplicando a equação do modelo para o período futuro (anos de 2022 e 2023), com base nos valores previstos para a tendência, sazonalidade e nível.

O resultado da previsão do modelo Holt-Winters de 2022 (para validação) e de 2023 (previsão) pode ser analisado na figura 4.3.

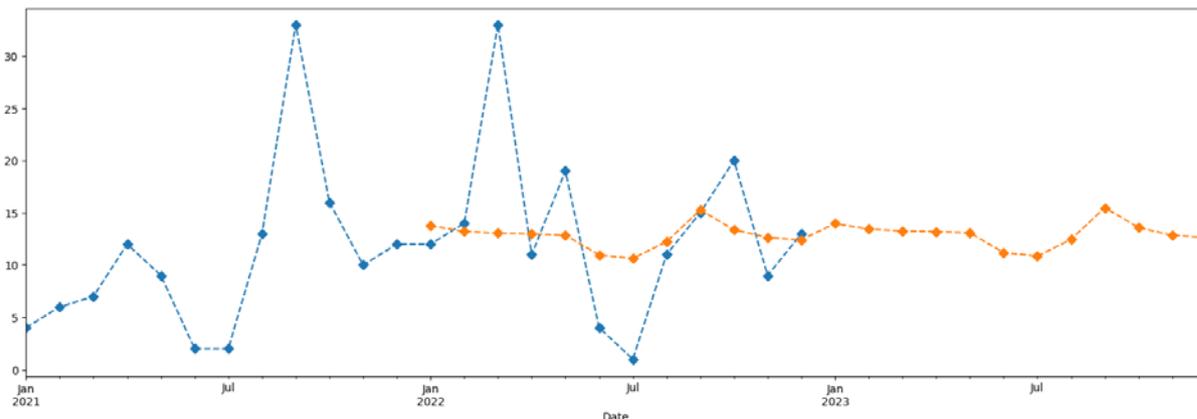


Figura 4.3: Previsão para os anos de 2022 e 2023 utilizando o modelo Holt-Winters  
Fonte: Autor, 2023

Ao observar a figura 4.3 é possível notar que a previsão não seguiu a tendência de 2021 e 2022, mantendo certa estabilidade ao longo dos meses, ainda assim em 2022 o modelo foi assertivo quanto a sazonalidade de setembro.

Assim como no modelo SARIMA, foi feita a acurácia do resultado da previsão x os dados reais (até 28 de junho de 2023), esta pode ser observada na tabela 4.3.

Tabela 4.3: Acurácia do modelo de previsão Holt-Winters

Data	Previsão Holt-Winters	Dados reais	Acurácia
01/01/2022	13,752980	12	85%
01/02/2022	13,213104	14	94%
01/03/2022	13,043205	33	40%
01/04/2022	12,972060	11	82%
01/05/2022	12,862161	19	68%
01/06/2022	10,974181	4	-74%
01/07/2022	10,630687	1	-863%
01/08/2022	12,237405	11	89%
01/09/2022	15,253320	15	98%

<b>Data</b>	<b>Previsão Holt-Winters</b>	<b>Dados reais</b>	<b>Acurácia</b>
01/10/2022	13,378261	20	67%
01/11/2022	12,618994	9	60%
01/12/2022	12,421532	13	96%
01/01/2023	13,971845	22	64%
01/02/2023	13,431969	16	84%
01/03/2023	13,262070	33	40%
01/04/2023	13,190925	17	78%
01/05/2023	13,081026	23	57%
01/06/2023	11,193047	7	40%
01/07/2023	10,849553	-	-
01/08/2023	12,456270	-	-
01/09/2023	15,472186	-	-
01/10/2023	13,597127	-	-
01/11/2023	12,837859	-	-
01/12/2023	12,640398	-	-

Fonte: Autor, 2023

### 4.3 – Análise dos resultados

Para fins demonstrativos, será observado o percentual de acurácia de cada modelo até 28 de junho de 2023 na tabela 4.4.

Tabela 4.4: Comparativo de acurácia entre os modelos de previsão

<b>Data</b>	<b>Acurácia SARIMA</b>	<b>Acurácia Holt-Winters</b>
01/01/2022	94%	85%
01/02/2022	84%	94%
01/03/2022	36%	40%
01/04/2022	91%	82%
01/05/2022	61%	68%
01/06/2022	-34%	-74%
01/07/2022	-674%	-863%
01/08/2022	99%	89%
01/09/2022	94%	98%
01/10/2022	65%	67%
01/11/2022	67%	60%
01/12/2022	91%	96%
01/01/2023	61%	64%
01/02/2023	80%	84%
01/03/2023	39%	40%
01/04/2023	76%	78%

<b>Data</b>	<b>Acurácia SARIMA</b>	<b>Acurácia Holt-Winters</b>
01/05/2023	54%	57%
01/06/2023	53%	40%

Fonte: Autor, 2023

A previsão foi feita utilizando toda a série, desde 1970. Acredita-se que a longevidade da série colaborou para análises não tão precisas pois os números cresceram exponencialmente após 2021, antes disso, mesmo com um crescimento moderado em 2018, os registros eram baixos. Se considerarmos que os dados de 2021 e 2022 são o novo padrão, entende-se que é um período reduzido se comparado com os dados desde 1970, mesmo para o modelo de Holt-Winters onde os períodos mais recentes possuem maior peso, entende-se que um recorde temporal pode tornar a previsão mais assertiva.

Todavia para avaliar qual metodologia aplicou a previsão com maior precisão (dentro dos cenários executados), foram utilizados os indicadores MAE, MSE, RMSE, MAPE e  $R^2$ .

O MAE avalia a precisão de um modelo de previsão. É calculado pela média da diferença absoluta entre as previsões do modelo e os valores reais observados. Este é expresso na mesma unidade dos dados originais. Uma de suas principais vantagens é a facilidade de calcular e interpretar. Como é uma medida absoluta de erro, ele fornece uma indicação direta da precisão de um modelo de previsão em unidades de dados originais.

O MSE é calculado como a média dos quadrados das diferenças entre as previsões do modelo e os valores reais observados. O MSE é uma medida de avaliação de modelo robusta, mas pode ser impactada por valores extremos e, por isso, deve ser usado em conjunto com outras medidas de avaliação para uma avaliação completa do modelo de previsão, sendo frequentemente usado em conjunto com outras medidas de erro, como o MAE e o MAPE.

O RMSE é semelhante ao MSE, com a diferença de que o RMSE é a raiz quadrada do MSE. Ele é calculado como a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre as previsões do modelo e os valores reais observados. Como o RMSE é a raiz quadrada do MSE, ele é utilizado quando se deseja interpretar os valores de erro em uma escala mais natural, sem a necessidade de elevar ao quadrado.

O MAPE calcula a diferença percentual entre as previsões do modelo e os valores reais observados. Ele é calculado como a média das diferenças percentuais absolutas entre as previsões do modelo e os valores reais observados. É uma medida de erro que é expressa em termos percentuais, facilitando sua interpretação.

$R^2$ , ou Coeficiente de Determinação, valida o quão bem as previsões do modelo se ajustaram aos valores reais. Ele é calculado através proporção da variação nos valores da variável prevista (dependentes) que é explicada pelas variáveis preditoras (independentes) do modelo. O indicador pode variar 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, melhor é o ajuste do modelo.

Na tabela 4.5 é possível observar o resultado dos modelos em cada indicador.

Tabela 4.5: Indicadores de acurácia Holt-Winters x SARIMA

<b>Indicador</b>	<b>Holt-Winters</b>	<b>SARIMA</b>
MAE	4,960113687761109	4,8202274905391365
MSE	53,64931416086187	55,08215650784814
RMSE	7,324569213330014	7,42173541079498
MAPE	1,1325557653603229	0,938227240304737
$R^2$	0,12646978299817857	0,10313992117479287

Fonte: Autor, 2023

# CAPÍTULO 5

## Conclusão e Trabalhos Futuros

### 5.1 – Conclusão

A queda de tiroteios em escolas estadunidenses é um assunto relevante para além da segurança, envolve também a saúde mental de pais e alunos que não sabem o que pode acontecer em momentos rotineiros e de desenvolvimento social como é a escola para as crianças e adolescentes.

Apesar do foco nos Estados Unidos da América por ser o país com o maior número de tiroteios em escolas no mundo e possuir uma cultura armamentista respaldada pela constituição, este cenário também pode servir de exemplo para outros países que se preocupam com um crescimento de tiroteios em escolas. No trabalho foram realizados testes com o modelo SARIMA e Holt-Winter, os resultados das previsões e a validação dos indicadores demonstrou certa proximidade entre os resultados de ambas as previsões, todavia o indicador  $R^2$ , apesar de resultados baixos em ambos os casos, evidenciou que o modelo Holt-Winters obteve maior acurácia das previsões. Como o modelo já está definido e configura apenas o número de casos por mês, este pode ser adaptado para diversos cenários, do internacional ao regional, todavia é recomendada uma aplicação com um recorde mais recente da série temporal.

Acredita-se também na aplicação do modelo para cidades e até escolas de forma individualizada, a fim de organizar o policiamento local, instituir medidas internas de combate as armas em território escolar e palestras e eventos de conscientização com pais e alunos mais frequentes, principalmente em meses com número maior de casos, como é o caso de setembro no cenário nacional.

### 5.2 – Trabalhos Futuros

Para o futuro, é importante realizar a manutenção da previsão com um histórico mais atualizado no futuro, verificando se os casos permaneceram crescentes ou se a série temporal retornou ao padrão antes da pandemia.

Como proposta de trabalhos futuros, acredita-se na possibilidade de aprimorar a previsão realizada, seja através de outros modelos preditivos ou pela utilização de *Machine Learning*. Para ambos os casos, como mencionado, também é fortemente recomendada a aplicação de um recorte da série temporal para que o novo padrão possua ainda mais influência sob a previsão.

Para a aplicação do *Machine Learning* é encorajado inclusive a adição de fatores que impactam na ocorrência dos tiroteios em escolas estadunidenses como leis armamentistas estaduais e seus históricos, percentual de porte de armas por família, escolaridade, índice de desemprego, renda familiar, desigualdade social, acesso a saúde, valor imobiliário da região, entre outros aspectos que influenciam os eventos, de acordo com Abel Brodeur e Hasin Yousaf (2019).

Caso o trabalho sirva de forma efetiva para guiar medidas públicas através de sua previsão, estimula-se um trabalho de razão político-social para verificar o quanto foi efetiva a previsão dos eventos e o quanto ela auxiliou na diminuição dos casos, e o mais importante, na proteção de crianças, adolescentes e de todo o corpo docente.

# Referências Bibliográficas

BRODEUR, A., YOUSAF, H. **The Economics of Mass Shootings**. Institute of Labor Economics. 2019. Disponível em: <<https://repec.iza.org/dp12728.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2023.

ELSASS, H. JAYMI, SCHILDKRAUT, J., & STAFORD, M. **Studying school shootings: Challenges and considerations for research**. American Journal of Criminal Justice, 41, 444–464. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12103-015-9311-9>>. Acesso em: 02 nov. 2022

ESTADOS UNIDOS. **Constituição dos Estados Unidos da América (1789)**. Library Of Congress. U.S. Constitution - Second Disponível em: <<https://constitution.congress.gov/constitution/amendment-2/#:~:text=A%20well%20regulated%20Militia%2C%20being>>. Acesso em: 10 fev. 2023

Everytown Research & Policy. **Gun Safety Policies Save Lives**. Disponível em: <<https://everytownresearch.org/rankings/>>. Acesso em: 10 out. 2022

EXAME. **Os 10 países com mais armas nas mãos da população (o Brasil está na lista)**. Disponível em: <<https://exame.com/mundo/os-10-paises-com-mais-armas-nas-maos-da-populacao-o-brasil-esta-na-lista/>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

GAMMELL, S.P., CONNELL, N.M. & HUSKEY, M.G. **A Descriptive Analysis of the Characteristics of School Shootings Across Five Decades**. American Journal Criminal Justice 47, 818–835 (2022). Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12103-021-09636-7>>. Acesso em: 02 nov. 2022.

GIFFORDS LAW CENTER. **Giffords Law Center’s Annual Gun Law Scorecard**. Disponível em: <<https://giffords.org/lawcenter/resources/scorecard/>>. Acesso em: 10 out. 2022.

GIFFORDS LAW CENTER. **Key Federal Regulation Acts**. Disponível em: <<https://giffords.org/lawcenter/gun-laws/policy-areas/other-laws-policies/key-federal-regulation-acts/>>. Acesso em: 10 out. 2022.

HYNDMAN, R.J.; ATHANASOPOULOS, G. (2018). **Forecasting: principles and practices**, 2nd. Capítulo 1, Seção 1.2. Disponível em: <<https://otexts.com/fpp2/planning.html>>. Acesso em: 20 set. 2022

HYNDMAN, R.J.; ATHANASOPOULOS, G. (2018). **Forecasting: principles and practices**, 2nd. Capítulo 7. Disponível em: <<https://otexts.com/fpp2/expsmooth.html>>. Acesso em: 20 set. 2022

HYNDMAN, R.J.; ATHANASOPOULOS, G. (2018). **Forecasting: principles and practices**, 2nd. Capítulo 8. Disponível em: <<https://otexts.com/fpp2/arma.html>>. Acesso em: 20 set. 2022

LEMOS, FERNANDO DE OLIVEIRA. **METODOLOGIA PARA SELEÇÃO DE MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA**. 2006. 183f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul Escola De Engenharia Programa De Pós-Graduação Em Engenharia De Produção. Disponível em: <<http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/FernandoOliveiraLemos.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2022

MATCH, GFEN. G. M. **GFEN's Gun Maker's Match**. Disponível em: <<https://gunmakersmatch.com/>>. 10 mai. 2023.

PAUL M. REEPING et al. **State Firearm Laws, Gun Ownership, and K-12 School Shootings: Implications for School Safety**, Journal of School Violence, 21, 132-146. 2022. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15388220.2021.2018332>>. Acesso em: 02 nov. 2022

RIEDMAN, DAVID. **K-12 School Shooting Database**. 2023. Acesso em: 28 jun. 2023

SHULTZ, J. M., COHEN, A. M., MUSCHERT, G. W., & DE APODACA, R. F. **Fatal school shootings and the epidemiological context of firearm mortality in the United States**. Disaster Health, 1, 84–101. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.4161/dish.26897>>. Acesso em: 02 nov. 2022

SILVA, ANDRÉ FURTADO. **DEFINIÇÃO DE UM MODELO DE PREVISÃO DAS VENDAS DA REDE VAREJISTA ALPHABETO**. 2008. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008. Disponível em: <[https://www2.ufjf.br/engenhariadeproducao//files/2014/09/2008\\_3\\_André.pdf](https://www2.ufjf.br/engenhariadeproducao//files/2014/09/2008_3_André.pdf)>. Acesso em: 21 set. 2022

Statistic. **Gun ownership in the U.S. 1972-2018**. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/249740/percentage-of-households-in-the-united-states-owning-a-firearm/>>. Acesso em: 31 mai. 2022.

TAVERNISE, S. **An Arms Race in America: Gun Buying Spiked During the Pandemic. It's Still Up**. The New York Times, 29 maio 2021. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2021/05/29/us/gun-purchases-ownership-pandemic.html>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

Violence Policy Center. **The Long-Term Decline of Gun Ownership in America: 1973 to 2018**. Disponível em: <<https://vpc.org/studies/ownership.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

WORLD POPULATION REVIEW. **School Shootings by Country 2020**. Disponível em: <<https://worldpopulationreview.com/country-rankings/school-shootings-by-country>>. Acesso em: 10 fev. 2023.