

Visualização Interativa de Dados e Storytelling como Tecnologia de Aprendizagem para a Inclusão Social e Enfrentamento da Violência de Gênero

Lalia Sadio¹, Maria Matos², Sylvana Santos², Cristiane Bonfim², Maria Vitória Santos², Thaís Silva², Claudio Ulisse²

¹Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI) Brasília, DF, Brasil

²Instituto Federal de Brasília, Campus Brasília, Brasília, DF, Brasil.

{laliahaidasadio,mariafernandazmatos,sylkarla}@gmail.com,
{maviurias, thaisvitoria7}@gmail.com, cristiane.bonfim@ifb.edu.br,
cla_ulis@hotmail.com

Abstract. *Violence against women remains a severe social issue in Brazil. Although official data is available, the lack of data literacy among high school students poses a challenge for understanding and interpreting this information. This article introduces the Proteja Elas, an interactive web platform designed as a formal educational technology for data literacy and social awareness regarding the geospatial distribution of sexual crimes. Developed using R and Shiny, the system integrates dynamic charts, choropleth maps, editable tables, and digital storytelling to lower cognitive load and enhance public engagement. The platform serves as an accessible learning technology, democratizing access to statistical information and promoting prevention through interactive visualization.*

Keywords: *Data literacy, Gender-based violence, Digital storytelling, Reactive interface.*

Resumo. *A violência contra a mulher permanece como um grave problema social no Brasil. Embora existam dados oficiais disponíveis, a falta de letramento de dados por parte de estudantes do ensino médio representa um desafio para a compreensão e interpretação dessas informações. Este artigo apresenta o Proteja Elas, uma plataforma web interativa concebida como uma tecnologia educacional formal para o letramento de dados e a conscientização social sobre a distribuição geoespacial de crimes sexuais. Desenvolvido com R e Shiny, o sistema integra gráficos dinâmicos, mapas coropléticos, tabelas editáveis e storytelling digital para reduzir a carga cognitiva e ampliar o engajamento*

público. A plataforma atua como uma ferramenta de mediação didática, democratizando o acesso à informação estatística e promovendo a prevenção por meio da visualização interativa.

Palavras-chave: *Letramento de dados, Violência de gênero, Storytelling digital, Interface reativa.*

1. Introdução

A violência de gênero, particularmente a violência sexual e a importunação, configuram-se como graves violações dos direitos humanos no cenário contemporâneo, apresentando raízes profundas em estruturas de desigualdade social [Walklate 2014]. Na região de análise deste estudo, correspondente ao Distrito Federal, a conjuntura apresenta-se alarmante: registros oficiais da Secretaria de Estado de Segurança Pública, consolidados pelo Anuário do Fórum Brasileiro de Segurança Pública [FBSP 2024], indicam que, apenas no ano de 2023, foram notificados 679 casos de estupro. Este número traduz-se em uma média avassaladora de duas mulheres vitimadas diariamente [FBSP 2024]. Contudo, a dimensão real da problemática é frequentemente obscurecida por padrões históricos de subnotificação, os quais são retroalimentados por barreiras institucionais e pelo estigma social que invisibiliza grande parte das ocorrências [FBSP 2024].

Apesar da crescente consolidação de políticas de dados abertos no Brasil e da consequente disponibilidade de bases estatísticas sobre segurança pública, observa-se um hiato substancial entre a publicação de relatórios técnicos governamentais e a efetiva compreensão por parte da sociedade civil. O excesso de informações em formatos áridos, planilhas complexas e relatórios em PDF puramente quantitativos dificulta a interpretação de padrões geoespaciais e a formulação de respostas sociais rápidas [Mercy et al. 1993]. No contexto da Informática na Educação e da ciência cidadã, essa barreira técnica evidencia um déficit no letramento de dados (*data literacy*) da população geral, limitando o potencial dos dados abertos como instrumentos de controle social e conscientização pedagógica.

Diante deste cenário, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento da plataforma Proteja Elas, um portal interativo desenhado como uma tecnologia educacional focada na distribuição geoespacial de crimes sexuais na região estudada. A proposta transcende a mera sistematização quantitativa ao integrar o conceito de storytelling digital como ferramenta de mediação didática. Segundo [Bonfim et al. 2023], narrativas imersivas podem promover empatia ao explorar dimensões espaciais, emocionais e temporais. Assim, o projeto utiliza personas para humanizar as estatísticas, transformando números em relatos que facilitam o aprendizado e evidenciam a urgência da proteção à mulher.

O diferencial do artefato não reside na mera exibição de indicadores, mas no uso do sistema com o propósito de atingir um público do ensino médio para a educação sobre violência de gênero. A premissa central é que o uso de narrativas imersivas e representações personificadas atualizadas dinamicamente pode humanizar as estatísticas (conceito de *humanizing data* [D'Ignazio and Klein 2020]), transformando cifras abstratas em relatos incríveis que promovem empatia, facilitam o aprendizado e democratizam o acesso à informação.

Para preencher essa lacuna e alinhar a tecnologia ao propósito de ensino, este trabalho apresenta uma proposta em estágio inicial, com protótipo implementado e avaliado por especialistas, visando o desenvolvimento da plataforma interativa Proteja Elas. A proposta busca romper com o paradigma tradicional dos *dashboards* e relatórios analíticos convencionais ao propor a integração de ferramentas robustas de inteligência territorial e recálculo reativo da interface com metodologias de storytelling digital para apresentação dos resultados e melhor comunicação com o público que utilizar a plataforma.

O objetivo precípua deste artigo é apresentar a fundamentação teórica, a arquitetura de engenharia de software e os resultados emergentes da primeira interação funcional deste artefato tecnológico-educacional. Avaliamos a viabilidade da proposta por meio de uma validação analítica preliminar (avaliação heurística), focada na clareza informacional, na disponibilização da informação com recálculo reativo e na redução da sobrecarga cognitiva para o aprendizado.

Metodologicamente, esta pesquisa de natureza aplicada fundamenta-se nos preceitos da *Design Science Research* (DSR) [Hevner et al. 2004], que possibilita o desenvolvimento de um artefato relevante ao contexto, com base no rigor científico para também ampliá-lo. O texto detalha as etapas de tratamento de dados espaciais, a implementação de uma arquitetura reativa em linguagem R (com o *framework* Shiny), os achados da prova de conceito e, por fim, discute a viabilidade educacional para a disponibilização do projeto em larga escala em uma plataforma Web.

2. Fundamentação Teórica e Inovação Proposta

A complexidade estrutural e multifacetada do enfrentamento da violência sexual contra mulheres impõe a necessidade de uma abordagem inerentemente transdisciplinar. Historicamente, as tentativas de mitigação dessa problemática têm operado em silos epistemológicos: de um lado, as ciências humanas e sociais investigam as raízes patriarcais, as dinâmicas de poder e os impactos psicológicos traumáticos nas vítimas; de outro, as ciências exatas e os órgãos de controle limitam-se ao monitoramento puramente quantitativo e estatístico das ocorrências. No entanto, para que a informação transcenda a burocracia governamental e atue efetivamente na prevenção primária, é imperativo promover a convergência dessas áreas.

Nesse sentido, a inovação proposta neste trabalho fundamenta-se na sinergia entre a precisão analítica da ciência de dados, a sensibilidade interpretativa das ciências humanas e as táticas de mediação da tecnologia educacional. Enquanto os ecossistemas computacionais fornecem a escalabilidade e o rigor matemático necessários para processar grandes volumes de dados geoespaciais, a educação fornece o alicerce pedagógico para decodificá-los. Essa união transdisciplinar é o que permite converter painéis de segurança pública estáticos em ambientes de aprendizagem ativa, transformando a visualização de dados em um vetor prático de letramento social, emancipação cidadã e transformação cultural no ecossistema escolar.

2.1. Violência de Gênero e Inteligência Territorial

A violência baseada em gênero não se distribui de forma aleatória pelo tecido urbano; ela obedece a uma geografia bem definida. Na região de estudo, análises espaciais

revelam que áreas periféricas, caracterizadas por infraestrutura urbana precária, ausência de iluminação pública adequada e vulnerabilidade socioeconômica, tendem a se converter em hotspots de criminalidade sexual [IPEA and FBSP 2024]. A análise criminal baseada em inteligência territorial permite converter dados brutos das delegacias em conhecimento estratégico.

Contudo, os ecossistemas computacionais existentes costumam focar exclusivamente na gestão governamental e no policiamento ostensivo [IPEA and FBSP 2024], excluindo a sociedade civil do debate analítico devido à alta complexidade de suas interfaces.

2.2. Letramento de Dados no Contexto Educacional e Social

No âmbito da Informática na Educação o letramento de dados emerge como a capacidade essencial de ler, trabalhar, analisar e argumentar com dados. Para que o cidadão comum possa reivindicar melhorias e compreender os riscos de seu território, ele precisa transpor a barreira analítica [D'Ignazio and Klein 2020]. Painéis que exibem apenas contagens absolutas de crimes frequentemente causam paralisia analítica no usuário leigo. Portanto, ferramentas educacionais precisam de inovação metodológica para atuar como tradutoras dessa complexidade, fornecendo não apenas o dado, mas o contexto necessário para a sua correta interpretação em sala de aula, viabilizando o debate qualificado entre jovens.

2.3. A Disrupção Pedagógica: Dados com Recálculo Reativo frente aos Números Estáticos

O principal fator de diferenciação deste trabalho reside no confronto direto à aridez dos dados estatísticos convencionais. Relatórios anuais ou tabelas fixas em PDF cristalizam a informação no tempo, gerando um distanciamento cognitivo e emocional no usuário. O storytelling digital surge como ponte pedagógica entre o dado bruto e a experiência humana [Fraser and Gillon 2023]. Conforme [Bruner 1997], a mente humana está estrategicamente predisposta a organizar experiências por meio de histórias.

A disrupção proposta pelo Proteja Elas consubstancia-se na união da técnica de *Data-Driven Personas* [Bonfim et al. 2023] à reatividade contínua da interface. As personas (arquetipos gerados estritamente a partir da moda estatística das bases de dados reais) não são ilustrações estáticas; suas trajetórias são alimentadas e recalculadas de forma síncrona. Ao humanizar e dinamizar os dados sobre violência, o artefato combate a banalização quantitativa do crime e a culpabilização da vítima, atuando fortemente como ferramenta pedagógica de educação e prevenção voltada para o ensino médio [D'Ignazio and Klein 2020].

2.4. Transposição Didática e Ancoragem na BNCC

Para que o artefato transcenda a condição de mero repositório visual e atue como um genuíno ambiente de aprendizagem, sua aplicação foi arquitetada em estrito alinhamento com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). O sistema visa desenvolver competências específicas da área de Matemática e suas Tecnologias para o Ensino Médio, notadamente as habilidades que preveem a análise crítica de dados

estatísticos em investigações sociais, além de dialogar organicamente com as Ciências Humanas na compreensão da estruturação das desigualdades espaciais.

No cenário de uso projetado, a plataforma não substitui o docente, mas atua como um instrumento de mediação ativa. A intervenção pedagógica típica, desenhada para este artefato, é estruturada para a duração de duas horas-aula (aproximadamente 100 minutos).

Inicialmente, o professor atua na problematização do conceito de inteligência territorial, apresentando a narrativa interativa das personas. Em seguida, os estudantes exploram livremente os mapas coropléticos interativos, identificando as Regiões Administrativas de maior vulnerabilidade em sua cidade. Por fim, o tempo de aula destina-se a um debate crítico e propositivo. O objetivo de aprendizagem observável central é que o estudante demonstre capacidade de articular dados quantitativos para a formulação de argumentos embasados sobre a violação de gênero no seu próprio território, promovendo reflexão e controle social.

3. Trabalhos Relacionados

A literatura recente apresenta iniciativas valiosas na intersecção entre dados e violação de gênero. A plataforma web Nossa Voz [Silva et al. 2021] foca na visualização de dados macroestruturais do DATASUS para evidenciar desigualdades por meio de painéis descritivos. Sob uma ótica mais preditiva, estudos como o Mapas de Resistência [Pimentel et al. 2025] empregam algoritmos de Aprendizado de Máquina para simular o risco de feminicídio.

Embora fundamentais, tais soluções carecem de dinamismo narrativo e focam no pesquisador ou no gestor público. O Proteja Elas preenche uma lacuna ao adotar uma arquitetura de informação de camada dupla com recálculo reativo e finalidade instrucional. A proposta insere a narrativa personificada e reativa como uma barreira pedagógica prévia ao painel estatístico, permitindo que o aluno interaja dinamicamente com as variáveis e compreenda o cenário social de forma orgânica. A Table 1 sistematiza essa comparação, de modo que o diferencial proposto decorra da confrontação estruturada entre as iniciativas.

4. Metodologia do Estudo Inicial

O desenvolvimento desta prova de conceito operacionalizou-se seguindo os ciclos iterativos e rigorosos da *Design Science Research* (DSR) [Hevner et al. 2004]. A escolha por esta estrutura metodológica justifica-se pela sua aderência à concepção de artefatos sociotécnicos destinados a solucionar problemas reais e práticos, neste cenário, a barreira técnica que impede a sociedade civil e a comunidade escolar de interpretar dados de segurança pública. Ao invés de focar apenas na formulação de hipóteses teóricas, a DSR orienta a construção de uma solução tecnológica mensurável e com utilidade social imediata.

O presente trabalho relata os resultados do primeiro ciclo completo de pesquisa, focado estritamente no design, na arquitetura da informação e no desenvolvimento tecnológico do ecossistema reativo. Este ciclo inicial abrangeu três etapas fundamentais: a identificação do déficit de letramento de dados (problema), a

instanciação do protótipo em ambiente web (solução) e sua respectiva avaliação heurística por especialistas (demonstração). Essa abordagem garantiu que os requisitos pedagógicos, como a usabilidade e a mediação didática baseada em storytelling, fossem integrados à engenharia de software desde a sua gênese.

A Table 2 sistematiza a operacionalização do ciclo de DSR conduzido, explicitando a cadeia entre problema, requisito de design, fundamentação teórica, funcionalidade implementada, método de avaliação empregado e evidência obtida.

Table 1. Comparação Sistemática com Trabalhos Relacionados

Dimensão	Nossa Voz [Silva et al. 2021]	Mapas de Resistência [Pimentel et al. 2025]	Este trabalho
Público-alvo	Pesquisadores e gestores públicos	Pesquisadores e gestores públicos	Estudantes do ensino médio
Finalidade	Visualização descritiva de desigualdades (DATASUS)	Predição de risco de feminicídio via Aprendizado de Máquina	Letramento de dados e conscientização social
Tipo de dado	Dados macroestruturais (DATASUS)	Microdados com modelagem preditiva	Microdados reais (2020-2024) + personas por moda estatística
Storytelling	Não relatado na fonte	Não relatado na fonte	Sim - personas e narrativa reativa
Mapas	Não especificado na fonte	Não especificado na fonte	Sim - geoespacial reativo (Leaflet)
Avaliação relatada	Não informado na fonte	Não informado na fonte	Inspeção heurística interna (N=4); validação com público-alvo prevista
Disponibilidade	Não informado na fonte	Não informado na fonte	Código-fonte e dados sintéticos após publicação

4.1. Aquisição, Tratamento de Dados e Anonimização

A base de dados primária foi constituída pela extração de microdados de ocorrências criminais cedidos pelo órgão oficial de segurança pública local (Secretaria de Estado de Segurança Pública do Distrito Federal - SSP-DF), referentes ao período de 2020 a 2024, além de variáveis sociodemográficas do IBGE. O processo de limpeza e integração espacial foi executado integralmente no ambiente R [R Core Team 2023].

Utilizando o ecossistema Tidyverse [Wickham and Grolemund 2017], realizou-se o tratamento rigoroso das bases. A proporção de dados ausentes (*missing values*) girava em torno de 4,2% dos registros totais, concentrando-se

predominantemente em variáveis de perfil secundário (como cor/raça). Para esses casos limitados, aplicou-se o método de imputação pela moda estatística agrupada por Região Administrativa, assumindo que as distribuições demográficas locais mantêm um padrão territorial coeso. A padronização das tipificações criminais, por sua vez, seguiu estritamente o rigor formal do Código Penal.

No que tange à anonimização (requisito crítico ao lidar com microdados de crimes sexuais), implementaram-se salvaguardas robustas de privacidade. O logradouro exato das vítimas foi suprimido e convertido em agregação espacial baseada nos limites geográficos das Regiões Administrativas (shapefiles manipulados com o pacote *sf* [Pebesma 2018]). Adicionalmente, aplicou-se a técnica de supressão de células raras, ocultando na interface da plataforma qualquer contagem local que totalizasse menos de três registros para um perfil demasiadamente específico, mitigando plenamente os riscos de reidentificação.

Table 2. Operacionalização do Ciclo de Design Science Research

Problema	Requisito de Design	Fundamento teórico	Funcionalidade	Método de avaliação	Evidência
Baixo letramento de dados e sobrecarga cognitiva	Reduzir a carga cognitiva; humanizar apresentação	<i>Humanizing data, Data Feminism</i> [D’Ignazio and Klein 2020]; narrativa [Bruner 1997]	Personas com storytelling reativo	Inspeção heurística (N=4)	Table 3: 4,8 (redução de carga cognitiva percebida)
Exclusão da sociedade civil de interfaces complexas	Interface exploratória acessível a leigos	Inteligência territorial [IPEA and FBSP 2024]; Letramento de dados [D’Ignazio and Klein 2020]	Mapas coropléticos reativos (Leaflet)	Inspeção heurística (N=4)	Table 3: 4,0 (flexibilidade exploratória)
Risco de latência em laboratórios limitados	Resposta em tempo de interação compatível	Arquitetura reativa (Shiny) [Chang et al. 2023]	Recálculo reativo <i>server-side</i>	Inspeção heurística (N=4)	Table 3: 3,5 (prevenção de erros e latência) — motivou refatoração
Ausência de mediação didática	Ponte pedagógica entre estatística e vivência	Storytelling e redução de violência [Fraser and Gillon 2023, Mannell and Gichuru 2025]	Narrativas guiadas por persona [Bonfim et al. 2023]	Inspeção heurística	Table 3: 5,0 (mediação didática e tom empático)

Esclarece-se a relação material entre os dados reais e os artefatos metodológicos abertos: o protótipo funcional e a avaliação analítica descritos neste artigo foram estruturados exclusivamente com os microdados reais cedidos pelo órgão

de controle, garantindo fidelidade social. Contudo, em decorrência da natureza ultrassensível destas estatísticas de vitimização e em alinhamento às normativas éticas, o repositório público do artefato disponibilizará, em seu lugar, uma matriz de dados sintéticos estruturais, gerada com o propósito estrito de espelhar as distribuições (médias e modas) reais sem comprometer registros individuais.

4.2. Arquitetura Tecnológica e Sincronização Reativa

A plataforma foi desenvolvida adotando uma arquitetura web dinâmica orientada a eventos, utilizando o framework Shiny [Chang et al. 2023]. A interface de usuário (UI) foi construída sobre o pacote *shinydashboard* [Chang and Borges Ribeiro 2021], integrado a scripts de JavaScript (*shinyjs*) [Attali 2021]. A visualização geoespacial foi implementada utilizando a biblioteca *leaflet* [Cheng et al. 2023], permitindo ao usuário interagir com mapas coropléticos. Ao selecionar uma variável ou uma persona, o servidor realiza o recálculo reativo instantâneo de todas as métricas.

4.3. UX Design, Personas e Identidade Visual

O design de experiência (UX) segmentou a interface em três eixos: (1) Visão Geral, focada em imersão narrativa; (2) Dados, para exploração estatística; e (3) Ajuda e Prevenção. A identidade visual, elaborada sob os preceitos da psicologia das cores [Heller 2013], evitou abordagens sensacionalistas. A inovação narrativa materializou-se na construção de perfis como "Bia" e "Duda", cruzando os dados majoritários da Secretaria de Segurança [FBSP 2024].

Quanto à origem das imagens associadas às personas, esclarece-se que se trata de imagens sintéticas, geradas por ferramenta de Inteligência Artificial Generativa, sem o uso de fotografias de pessoas reais. No que diz respeito ao risco intrínseco, apontado pelas teóricas do *Data Feminism* [D'Ignazio and Klein 2020], de que arquétipos orientados a dados possam inadvertidamente cristalizar um perfil de "vítima típica" ou reforçar estereótipos prejudiciais, estabeleceram-se salvaguardas redacionais focadas na agência da mulher. Reconhece-se, contudo, que a calibragem fina dessas narrativas carece de refinamento contínuo no próximo ciclo de validação junto a especialistas.

4.4. Protocolo de Avaliação Heurística Preliminar

Sendo esta uma pesquisa em sua primeira interação de desenvolvimento, a validação empírica foca na prova de conceito. Foi conduzida a primeira iteração de Avaliação Heurística baseada em tarefas de exploração livre e inspeção por quatro especialistas da equipe técnica, empregando os critérios base de usabilidade de Nielsen [Nielsen 1994]. O instrumento aplicado combinou, em uma mesma escala Likert de 1 a 5, critérios de usabilidade da interface com o julgamento pedagógico e a percepção estética inicial.

Os quatro especialistas participantes da inspeção possuem formação avançada nas áreas de Informática na Educação, IHC e ciência de dados, integrando a própria equipe formativa de desenvolvimento. Tal formatação caracteriza a avaliação essencialmente como um refinamento formativo interno, o que justifica a ausência de uma validação completamente independente nesta etapa embrionária do design. A

classificação da “Severidade dos Problemas” apresentada nos resultados não decorreu de uma conversão matemática linear das pontuações médias da escala, mas, conforme preconiza o método de avaliação heurística, originou-se do consenso qualitativo estabelecido entre os inspetores técnicos, os quais julgaram a frequência, o impacto e a persistência de cada barreira de interação.

4.5. Cuidados Éticos

A validação emergente apresentada neste artigo configurou-se como uma inspeção heurística interna orientada à melhoria de software. A etapa subsequente de pesquisa (validação empírica de campo com o público-alvo) seguirá de modo inegociável as diretrizes éticas nacionais vigentes (Resolução CNS nº 510/2016), garantindo que o protótipo funcional só será operado por estudantes de ensino médio nas escolas após o deferimento expresso do projeto via Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

5. Avaliação do Artefato Tecnológico

Os achados desta fase de incubação constituem indícios preliminares fortes de que a integração entre storytelling estruturado e geoanálise com recálculo reativo é arquitetonicamente viável e sinaliza um elevado potencial educacional para atuar como tradutora de dados governamentais hostis.

5.1. O Diferencial da Convergência: Narrativa Dinâmica vs. Números Estáticos

A implementação da arquitetura de camada dupla obteve avaliação inicial favorável. Constatou-se que a representação da interface pautada pela reatividade atuou positivamente. A sincronização de requisições web possibilitou que, ao interagir com o controle de persona (Fig. 1), os mapas de manchas criminais e os painéis gráficos adaptassem seus eixos e cores em tempo real ao recorte social acionado, aproximando a vivência abstrata dos números de uma representação espacial concreta.

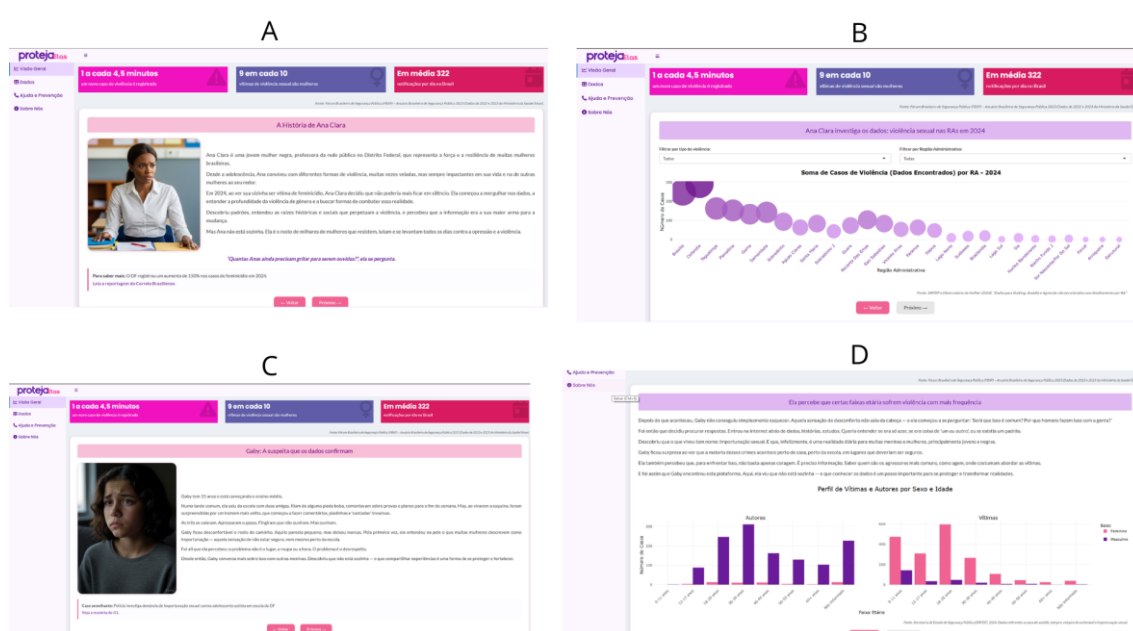


Figure 1. Integração Persona-Dado

5.2. Resultados da Avaliação por Inspeção e Diagnóstico de Desempenho

A avaliação analítica técnica conduziu ao mapeamento preciso das forças visuais e dos gargalos invisíveis de infraestrutura. A Table 3 sistematiza a pontuação Likert média atribuída pelos quatro especialistas a cada critério inspecionado, refletindo o consenso das observações de interação.

Table 3. Pontuação Likert Média por Critério Inspecionado (N=4 Especialistas).

Critério Inspecionado	Média (1–5)
Mediação didática e tom empático	5,0
Redução de carga cognitiva visual percebida	4,8
Consistência e padronização (Cores)	4,5
Flexibilidade exploratória (Reatividade)	4,0
Prevenção de erros e latência para o aluno	3,5

A pontuação isolada, entretanto, não delinea a gravidade técnica dos impedimentos encontrados. Em alinhamento às heurísticas aplicadas, a atribuição de severidade foi conferida qualitativamente pelos avaliadores com base no impacto direto sobre a viabilidade do produto. A Table 4 reflete as falhas centrais elencadas.

O diagnóstico revelou que a latência de renderização atua como a vulnerabilidade crítica do sistema. Em simulações preliminares de desempenho estruturadas para emular as limitações crônicas da infraestrutura dos laboratório de informática em escolas públicas, o protótipo registrou um tempo de *cold start* (carregamento inicial da página) de aproximadamente 4,2 segundos sob conexões de banda larga padrão. Observou-se ainda que o processamento exigiu cerca de 65 MB de memória RAM *client-side* no navegador de acesso, trafegando um *payload* de quase 3,1 MB compostos por dependências JavaScript (Leaflet) e malhas vetoriais de municípios.

Table 4. Problemas identificados na Inspeção Heurística e Classificação de Severidade

Problema identificado	Frequência	Impacto	Persistência	Severidade
Latência perceptível no recálculo reativo dos mapas coropléticos em conexões de laboratórios escolares	Alta	Alto	Recorrente até refatoração	Crítica (exige refatoração)
Inconsistência pontual na paleta de cores entre painéis da interface	Baixa	Baixo	Pontual	Baixa
Baixa affordance dos filtros na exploração livre de variáveis, exigindo mediação do professor	Moderada	Moderado	Recorrente em usuários novatos	Moderada

Embora esse comportamento arquitetônico corrobore a viabilidade funcional e seja facilmente comportado por conexões domésticas, ele é considerado alarmante sobredimensionado para roteadores escolares submetidos ao acesso simultâneo de 30 ou 40 estações estudantis na mesma sessão.

Para solucionar estruturalmente o estrangulamento da latência na iteração subsequente, definiu-se a implementação combinada de lógicas de otimização no núcleo do servidor R/Shiny: (1) a injeção declarativa da função `bindCache()`, instruindo o servidor a armazenar instâncias renderizadas na memória para polígonos acessados recorrentemente, evitando recalcular requisições repetitivas; e (2) a aplicação agressiva de heurísticas de simplificação topológica nos *shapefiles* (utilizando a propriedade matemática `st_simplify` no processamento geoespacial via pacote *sf*), com o objetivo expresso de descartar vértices oclusos sem perda de fidelidade, almejando uma redução na volumetria do *payload* transmitido para a marca tolerável de 1 MB.

5.3. Limitações da Abordagem e Iterações do Artefato

Adicionalmente, detectou-se o risco pedagógico de que a aba focada na visualização estatística “crua” terminasse alienando o perfil de usuário mais jovem caso este perdesse a âncora do percurso desenhado. Em resposta formativa, notas visuais curtas de transparência metodológica e uma aba dedicada exclusivamente a cartilhas e contatos emergenciais de denúncia (rede de proteção) foram injetadas como componente flutuante permanente em todas as sessões de navegação dos usuários (Fig. 2 e Fig 3).

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

A despeito da natureza preliminar e estritamente laboratorial desta fase iterativa, o ciclo inicial cumpriu com rigor o propósito de instituir as bases lógicas para uma tecnologia educacional emancipadora. O estudo oferece indícios substanciais de que a convergência arquitetônica de metodologias *Data-Driven Personas* com geonálise web baseada no pacote R/Shiny representa uma trilha inovadora com potencial para transcender a mera exibição passiva de estatísticas penais estáticas.

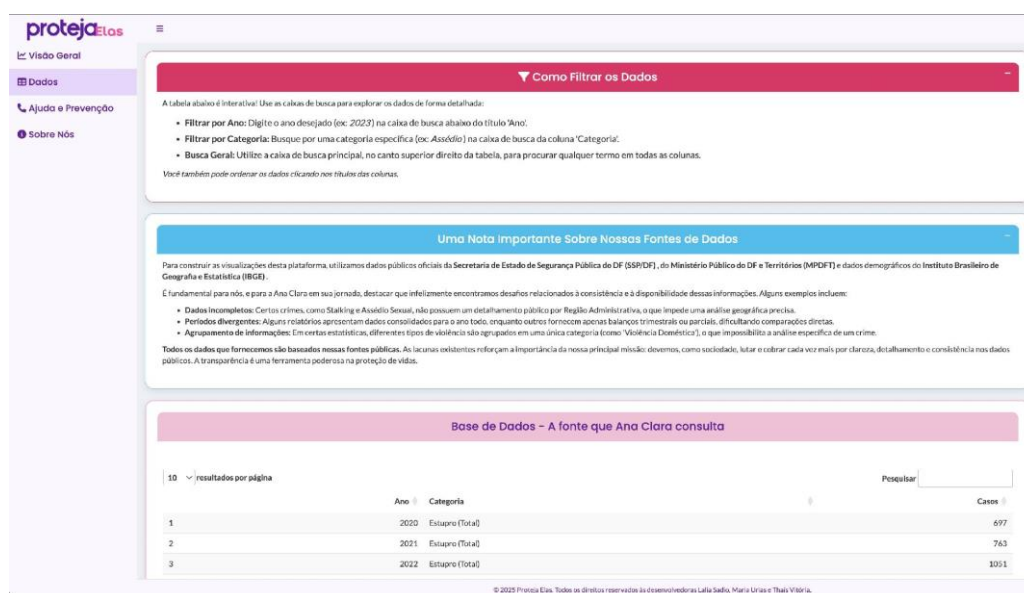


Figure 2. Página de dados.

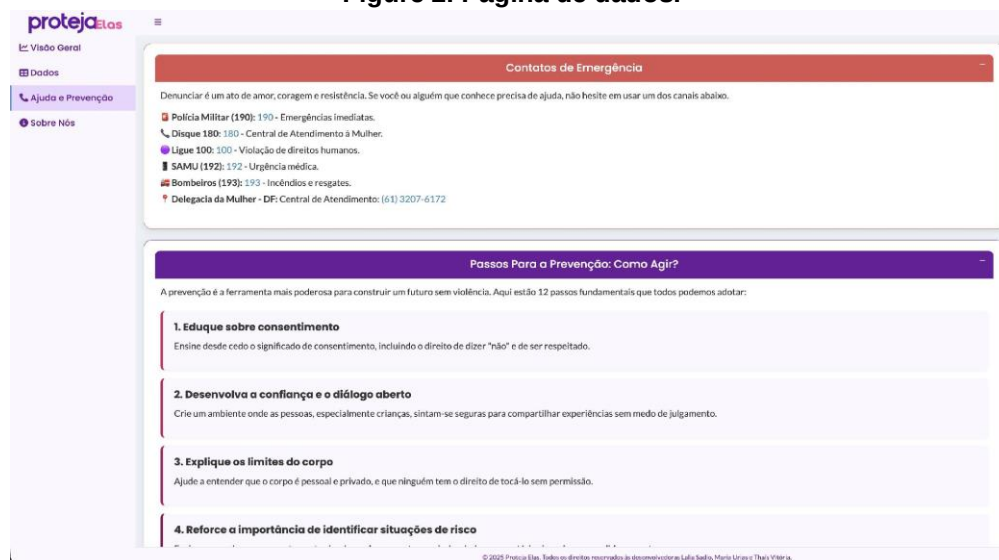


Figure 3. Página de nota metodológica e guia de prevenção

Como etapas naturais e inegociáveis para a elevação da maturidade desta pesquisa e mitigação de suas lacunas científicas, o roteiro prospectivo compreende: a condução imperativa de testes quase experimentais, validando objetivamente hipóteses sobre cognição com estudantes de ensino médio da rede distrital (após liberação dos órgãos de ética); avaliações qualitativas do eventual gatilho emocional gerado por Representações traumáticas; investigações atitudinais sobre as métricas de resposta e integração dos alunos de público masculino nas narrativas propostas; e, invariavelmente, a execução imediata das rotinas lógicas de compressão geoespacial descritas, objetivando a viabilização de um artefato acessível, inclusivo e escalável para cenários marcados por acentuada restrição de largura de banda na rede pública.

Disponibilidade de Artefatos

A interface desenvolvida em R/Shiny e a versão integral da matriz sintética

anonimizada dos dados que alicerçam este estudo compõe o escopo reprodutível da pesquisa e podem ser acessadas publicamente através da plataforma interativa (disponível em <https://protejaelas.shinyapps.io/protejaelas/>) e em repositório institucional sob os termos estritos da licença *Open Source*.

Declaração sobre uso de Inteligência Artificial

Em conformidade com o Art. 2º, inciso III do Código de Conduta da SBC, declaramos o uso do modelo Gemini (Google) para revisão ortográfica, síntese de trechos e expansão lógica do texto. A responsabilidade integral e irrestrita pela fundamentação, estruturação e veracidade do construto investigativo pertence, única e exclusivamente, à equipe autoral.

Referências

- Attali, D. (2021) Shinyjs: Easily improve the user experience of your shiny apps in seconds. *R package*. <https://deanattali.com/shinyjs/>.
- Bonfim, C. J. L., Morgado, L. and Pedrosa, D. C. C. (2023) Métodos para criação de narrativas imersivas: uma revisão de revisões da literatura. *Novos Olhares*, 11(2):119-130. DOI: [10.11606/issn.2238-7714.no.2023.210452](https://doi.org/10.11606/issn.2238-7714.no.2023.210452).
- Bruner, J. (1997) “Atos de Significado”. Artmed.
- Chang, W. and Borges Ribeiro, B. (2021) shinydashboard: Create dashboards with ‘shiny’. *R package*. <https://rstudio.github.io/shinydashboard/>
- Chang, W. et al. (2023) *shiny: Web Application Framework for R. Manual do Usuário*. Repositório CRAN. <https://shiny.posit.co/>.
- Cheng, J. et al. (2023) leaflet: Create interactive web maps with the javascript ‘leaflet’ library. *R package*. <https://rstudio.github.io/leaflet/>.
- D’Ignazio, C. and Klein, L. F. (2020) *Data Feminism*. MIT Press. DOI: [10.7551/mitpress/11805.001.0001](https://doi.org/10.7551/mitpress/11805.001.0001).
- FBSP (2024) Anuário Brasileiro de Segurança Pública 2024. Technical Report, Fórum Brasileiro de Segurança Pública. <https://forumseguranca.org.br/anuario-brasileiro-seguranca-publica/>.
- Fraser, A. and Gillon, F. (2023) The Glasgow Miracle? storytelling, violence reduction and public policy. *Theoretical Criminology*, 28(3):328–345. DOI: [10.1177/13624806221118128](https://doi.org/10.1177/13624806221118128).
- Heller, E. (2013) “A psicologia das cores: como as cores afetam a emoção e a razão”. Editora Gustavo Gili.
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., and Ram, S. (2004) Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28(1):75–105. DOI: [10.2307/25148625](https://doi.org/10.2307/25148625).
- IPEA and FBSP (2024) Atlas da violência 2024. Technical report, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada e Fórum Brasileiro de Segurança Pública. <https://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/>.

- Mercy, J. A., Rosenberg, M. L., Powell, K. E., Broome, C. V., and Roper, W. L. (1993) Public health policy for preventing violence. *Health Affairs*, 12(4):7–29. DOI: [10.1377/hlthaff.12.4.7](https://doi.org/10.1377/hlthaff.12.4.7).
- Nielsen, J. (1994) Enhancing the explanatory power of usability heuristics. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 152–158. DOI: [10.1145/191666.191729](https://doi.org/10.1145/191666.191729).
- Pebesma, E. (2018) Simple features for r: Standardized support for spatial vector data. *The R Journal*, 10(1):439–446. DOI: [10.32614/RJ-2018-009](https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009).
- Pimentel, R. et al. (2025) Mapas de resistência: Inteligência artificial no combate ao feminicídio. In *Anais do Women In Information Technology (WIT)*. SBC. DOI: <https://doi.org/10.5753/wit.2025.9343>.
- R Core Team (2023) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.
- Silva, D. et al. (2021) Nossa voz: plataforma digital para visualização de dados sobre violência contra a mulher. In *Anais do Women In Information Technology (WIT)*. SBC. DOI: <https://doi.org/10.5753/wit.2021.15873>
- Walklate, S. (2014) “Gender, Crime and Criminal Justice”. Routledge.
- Wickham, H. and Grolemund, G. (2017) *R for Data Science: Import, Tidy, Transform, Visualize, and Model Data*. O’Reilly Media. <https://r4ds.had.co.nz/>.