



Universidade Federal
de Ouro Preto

**Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
Departamento de Computação e Sistemas**

MultiPlataforma de Gerenciamento e Análise de Arboviroses com o Software DirectDengue

Bruno Eugênio de Carvalho

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ORIENTAÇÃO:

Edgard Gregory Torres Saravia

COORIENTAÇÃO:

Maria Célia da Silva Lanna

**Agosto, 2025
João Monlevade–MG**

Bruno Eugênio de Carvalho

MultiPlataforma de Gerenciamento e Análise de Arboviroses com o Software DirectDengue

Orientador: Edgard Gregory Torres Saravia

Coorientador: Maria Célia da Silva Lanna

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Sistemas de Informação pelo Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto.

Universidade Federal de Ouro Preto

João Monlevade

Agosto de 2025

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C331m Carvalho, Bruno Eugenio de.

MultiPlataforma de gerenciamento e análise de arboviroses com o software DirectDengue. [manuscrito] / Bruno Eugenio de Carvalho. - 2025.

42 f.

Orientador: Prof. Me. Edgard Gregory Torres Saravia.

Coorientadora: Profa. Dra. Maria Célia da Silva Lanna.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Graduação em Sistemas de Informação .

1. Aplicativos móveis. 2. Arboviroses. 3. Sistemas de informação geográfica. 4. Software - Desenvolvimento. 5. Software de aplicação - Desenvolvimento. 6. Vigilância sanitária. I. Saravia, Edgard Gregory Torres. II. Lanna, Maria Célia da Silva. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 004.41

Bibliotecário(a) Responsável: Flavia Reis - CRB6-2431



FOLHA DE APROVAÇÃO

Bruno Eugênio de Carvalho

MultiPlataforma de Gerenciamento e Análise de Arboviroses com o Software DirectDengue

Monografia apresentada ao Curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação

Aprovada em 04 de setembro de 2025

Membros da banca

Prof. Me. Edgard Gregory Torres Saravia - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Profa. Dra. Maria Célia da Silva Lanna - Coorientadora - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. Carlos Henrique Gomes Ferreira - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. Igor Muzetti Pereira - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. Rafael Aldighieri Moraes - Universidade do Estado de Minas Gerais

Edgard Gregory Torres Saravia, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 15/12/2025



Documento assinado eletronicamente por **Edgard Gregory Torres Saravia, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/12/2025, às 17:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1032698** e o código CRC **F116D2D0**.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, minha família, meus amigos e à república Bino, meu orientador e minha coorientadora, todos foram e serão muito importantes na minha jornada.

“I hated every minute of training, but I said: Don’t quit. Suffer now and live the rest of your life as a champion.”

— Muhammad Ali (1942 – 2016)

Resumo

Este trabalho objetivou o desenvolvimento de um sistema integrado para otimizar a vigilância e o controle de arboviroses urbanas no Brasil. A metodologia baseou-se no desenvolvimento de dois componentes: (i) um aplicativo móvel que permite registrar/transmitir atividades realizadas por um agente de endemias através de geolocalização, onde estas informações poderão ser armazenadas em lugares onde não há internet, e que posteriormente serão enviados para um servidor web. O aplicativo também possui uma opção para o envio de notificações com base na ficha de notificação individual do SINAN, disponível no Portal SINAN do Ministério da saúde ((BRASIL), 2016), advindas das Unidades Básicas de Saúde e dos Hospitais até a Vigilância em Saúde, garantida pelo armazenamento local de dados; e (ii) uma plataforma web para trabalhar e exibir as informações enviadas pelo aplicativo, permitindo otimizar estratégias através de um painel interativo. Como resultado, obteve-se uma solução funcional que possibilita o registro georreferenciado e confiável de eventos, o mapeamento de focos do vetor *Aedes aegypti* e o gerenciamento das rotas dos usuários (agentes), mesmo em áreas com conectividade limitada. Conclui-se que a integração entre a coleta de dados móvel e a análise via web constitui uma estratégia eficaz para fortalecer a capacidade de resposta do Sistema Único de Saúde, otimizando o monitoramento e o controle de arboviroses em tempo real (COSTA; BOTELHO, 2020).

Palavras-chaves: Arboviroses. Vigilância em Saúde. Saúde Móvel (m-Health). Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Desenvolvimento Offline-First.

Abstract

This work aimed at the development of an integrated system to optimize the surveillance and control of urban arboviruses in Brazil. The methodology was based on the development of two components: (i) a mobile application that allows recording/transmitting activities carried out by an endemic disease control agent through geolocation, where this information can be stored in places without internet access and later sent to a web server. The application also has an option for sending SINAN notifications from Primary Health Units and Hospitals to the Health Surveillance, based on the official investigation form ((BRASIL), 2016), guaranteed by local data storage; and (ii) a web platform to process and display the information coming from the application, allowing the optimization of strategies through an interactive dashboard. As a result, a functional solution was obtained that allows for the reliable georeferenced recording of events, the mapping of *Aedes aegypti* vector breeding sites, and the management of user (agent) routes, even in areas with limited connectivity. It is concluded that the integration of mobile data collection and web-based analysis constitutes an effective strategy to strengthen the response capacity of the Unified Health System (SUS), optimizing the real-time monitoring and control of arboviruses (COSTA; BOTELHO, 2020).

Key-words: Arboviruses. Health Surveillance. Mobile Health (m-Health). Geographic Information Systems (GIS). Offline-First Development.

Lista de figuras

Figura 1 – Fluxo das etapas da metodologia	24
Figura 2 – Principais telas do aplicativo móvel.	29
Figura 3 – Mapa de eventos do <i>website</i>	31
Figura 4 – Criação de rotas através do <i>website</i>	31
Figura 5 – Gráfico de eventos do <i>website</i>	32
Figura 6 – Tela de gerenciamento do <i>website</i>	32
Figura 7 – Mapa de eventos do <i>website</i>	33
Figura 8 – Diagrama geral da arquitetura do sistema.	35
Figura 9 – Registro de patente do aplicativo junto ao INPI. ()	36

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Saúde Digital (e-Health) e Saúde Móvel (m-Health)	13
2.1.1	Panorama de Soluções Existentes e Lacunas Operacionais	13
2.1.2	Evidências práticas — o exemplo do e-SUS Vacinação	14
2.1.3	Implicações operacionais e de projeto	14
2.2	Sistemas de Informação Geográfica (SIG) em Vigilância Epidemiológica	15
2.2.1	Exemplo de aplicação prática na dengue e no <i>Aedes aegypti</i> .	15
2.2.2	Ferramentas de visualização.	16
2.2.3	Inovações e tecnologias complementares.	17
2.2.4	Evidência epidemiológica e necessidade de integração.	18
2.2.5	Desafios e limitações observadas no Brasil.	19
2.2.6	Implicações para o presente projeto.	20
2.3	Desenvolvimento de aplicações com foco em operação offline - (Offline-First)	20
2.3.1	Exemplo de aplicação prática	21
2.3.2	Implicações para o presente projeto	21
2.4	Integração entre m-Health, SIG e Aplicativos Offline	22
3	METODOLOGIA	24
3.1	Etapas da Metodologia	24
3.1.1	Detalhamento das Etapas Metodológicas	25
3.1.2	Fase 1: Definição de Requisitos e Planejamento	25
3.1.3	Fase 2: Desenvolvimento das Soluções Tecnológicas	25
3.1.4	Fase 3: Validação e Testes	26
3.2	Estratégia de Integração	26
3.3	Considerações Metodológicas	26
4	DESENVOLVIMENTO	28
4.1	Arquitetura e tecnologias	28
4.2	Aplicativo móvel: implementação e funcionamento	28
4.3	Plataforma web: API, Painel de dados e gestão	30
4.4	Integração, testes e implantação	33
4.5	Limitações e recomendações	33

5	RESULTADOS	36
6	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS	39

1 Introdução

A crescente prevalência de arboviroses urbanas, como dengue, zika e chikungunya, representa um desafio contínuo e de grande magnitude para a saúde pública no Brasil (PAULO, 2024). O controle dessas endemias depende fundamentalmente do combate ao vetor *Aedes aegypti*, realizado majoritariamente por meio de visitas domiciliares efetuadas por Agentes de Combate a Endemias (ACE). No entanto, em muitos municípios, esse processo de trabalho ainda ocorre de forma manual, baseada no preenchimento de formulários em papel. Essa metodologia tradicional gera um descompasso temporal entre a coleta do dado em campo e sua consolidação em sistemas centrais, dificultando a tomada de decisão ágil e a identificação precoce de surtos. A modernização dessas ações, portanto, não é apenas uma questão tecnológica, mas uma necessidade estratégica para aumentar a eficiência da vigilância em saúde.

No cenário atual de soluções tecnológicas, existem iniciativas robustas voltadas para o monitoramento epidemiológico. Sistemas como o InfoDengue utilizam análise de dados climáticos e sociais para prever tendências de transmissão (CODEÇO et al., 2016). Contudo, observa-se que a maior parte dessas tecnologias concentra-se no nível gerencial ou na análise de macrodados, oferecendo poucas ferramentas digitais voltadas diretamente para a rotina operacional do agente que atua no campo.

Diante desse cenário, a aplicação de tecnologias digitais surge como um processo fundamental para a modernização das ações em campo. Costa e Botelho (2020) destacam que, embora exista um amplo leque de tecnologias móveis já disponíveis, tais recursos ainda não têm sido efetivamente incorporados em aplicativos oficiais voltados para programas de saúde pública, revelando uma lacuna entre o potencial tecnológico existente e sua adoção pelo Sistema Único de Saúde. É neste contexto que o presente trabalho se insere.

O objetivo geral é desenvolver um sistema integrado, composto por um aplicativo móvel com geolocalização, funcionamento offline com pré-sincronização de dados planejada, e uma plataforma web para análise de dados e administração dos agentes que utilizarão o aplicativo de celular, como ferramenta para otimizar o registro de eventos de campo, o mapeamento de focos do vetor *Aedes aegypti* e o gerenciamento das equipes de agentes de endemias. Esta abordagem visa transformar o modelo tradicional de coleta de dados em um fluxo de informação digital, ágil e georreferenciado, potencializando a capacidade de resposta dos órgãos de saúde.

A organização deste trabalho segue a seguinte estrutura: o Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, fundamentando o estudo em três pilares essenciais: Saúde Digital e Móvel, Sistemas de Informação Geográfica e desenvolvimento de aplicações com operação

offline. O Capítulo 3 descreve a metodologia adotada e a arquitetura proposta para o sistema. Em seguida, o Capítulo 4 detalha o processo de desenvolvimento da solução. Os resultados obtidos são analisados no Capítulo 5. Por fim, o Capítulo 6 apresenta as considerações finais, discutindo as limitações do trabalho e sugestões para pesquisas futuras.

2 Revisão bibliográfica

Três tópicos que abrangem artigos relacionados ao presente trabalho serão abordados a seguir, sendo eles Saúde Digital (e-Health) e Saúde Móvel (m-Health), Sistemas de Informação Geográfica e Desenvolvimento de aplicações com foco em operação offline. Esses conceitos estão diretamente ligados à integração de tecnologias de informação nos serviços de saúde, possibilitando desde o monitoramento remoto de pacientes até a otimização de processos de vigilância em saúde ([SANTOS et al., 2017](#)).

2.1 Saúde Digital (e-Health) e Saúde Móvel (m-Health)

A Saúde Digital (e-Health) é entendida como o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) para apoiar serviços de saúde, incluindo registros eletrônicos, telessaúde e sistemas de informação em saúde. O conceito de Saúde Móvel (m-Health) refere-se ao uso específico de dispositivos móveis — tais como *smartphones* e *tablets* — para apoiar atividades de saúde pública e clínicas, por exemplo, por meio de coleta de dados em campo, notificações e suporte à decisão ([World Health Organization, 2011](#)), fortalecendo a importância da portabilidade do nosso sistema.

2.1.1 Panorama de Soluções Existentes e Lacunas Operacionais

No cenário atual da saúde digital, observa-se uma crescente disponibilização de ferramentas para visualização de dados epidemiológicos. Iniciativas governamentais, como o Painel de Monitoramento das Arboviroses do Ministério da Saúde ([BRASIL. Ministério da Saúde, 2024](#)), e esforços estaduais, como o Painel de Casos de Dengue do Rio Grande do Sul [SECRETARIA DA SAÚDE DO RIO GRANDE DO SUL \(2024\)](#) e o Painel de Dengue de Ponta Grossa (PR) ([PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTA GROSSA, 2024](#)), demonstram o avanço na transparência e no acompanhamento dos casos notificados. Similarmente, durante a pandemia de COVID-19, plataformas como o *MonitoraCovid-19* ([FIOCRUZ, 2022](#)) e o *Mpox - Our World in Data* ([OUR WORLD IN DATA, 2024](#)) consolidaram o uso de painéis para comunicação de risco e vigilância em larga escala. No entanto, a grande maioria dessas soluções concentra-se na fase final do fluxo de informação: a visualização dos dados agregados para gestores de alto nível e para a população. Poucas ferramentas abordam a etapa inicial e crítica do processo: a gestão da coleta de dados em campo e o monitoramento das equipes de endemias. É nesse ponto que se identifica a lacuna central abordada neste trabalho. Estudos de revisão, como o de [Costa e Botelho \(2020\)](#), indicam que, embora exista disponibilidade tecnológica para o uso de soluções móveis, há um distanciamento entre esse potencial técnico e a sua incorporação efetiva nas

rotinas operacionais do Sistema Único de Saúde (SUS). [Costa e Botelho \(2020\)](#) apontam que, apesar de muitos trabalhos acadêmicos descreverem soluções diversas, raramente essas evoluem para ferramentas robustas de gestão pública.

A principal carência observada não é a falta de gráficos estatísticos, mas a ausência de sistemas que permitam o gerenciamento de grandes equipes distribuídas geograficamente. Falta integração entre a rotina do agente (coleta), o controle de produtividade (gestão) e a análise espacial (estratégia), resultando em processos ainda fragmentados e dependentes de etapas manuais que atrasam a resposta ao vetor.

2.1.2 Evidências práticas — o exemplo do e-SUS Vacinação

O desenvolvimento e a implementação do aplicativo e-SUS Vacinação ilustram como uma solução móvel pode ser concebida com foco nas necessidades operacionais do SUS: o aplicativo foi desenvolvido com base em análise do fluxo de trabalho dos profissionais durante as campanhas de vacinação e lançado para uso em 2022, após testes piloto em municípios de diferentes regiões ([MOHR et al., 2025](#)).

Segundo [Mohr et al. \(2025\)](#), quatro pilares fundamentais orientaram a criação do e-SUS Vacinação: (1) compatibilidade com smartphones pessoais e *tablets*; (2) funcionamento *offline-first*, permitindo registro majoritário de dados offline; (3) desenvolvimento ágil (Scrum, uso de Flutter e padrões de design validados); e (4) reorganização do modelo de dados da Ficha de Vacinação, visando maior agilidade no preenchimento ([MOHR et al., 2025](#)).

Para avaliar o desempenho do aplicativo em campo, os autores descrevem que foram realizados testes piloto em municípios com perfis populacionais diversos e que análises de usabilidade e de métricas de uso (por meio de Google Analytics) foram empregadas para quantificar adoção, tempo de engajamento e número de registros realizados a partir de junho de 2022 ([MOHR et al., 2025](#)).

2.1.3 Implicações operacionais e de projeto

A experiência descrita por [Mohr et al. \(2025\)](#), reforça que, para projetos de m-Health voltados à vigilância e controle em campo, é essencial priorizar: compatibilidade com dispositivos pessoais (redução de custo com hardware), operação *offline-first* (garantia de continuidade em áreas sem conectividade), e simplificação dos fluxos de dados para reduzir o tempo de preenchimento pelos profissionais ([MOHR et al., 2025](#)). Essa constatação corrobora a necessidade sinalizada por [Costa e Botelho \(2020\)](#) de políticas públicas e investimentos que incentivem o desenvolvimento integrado de tecnologias voltadas à saúde e sua posterior adoção institucional, de modo a reduzir a lacuna entre soluções tecnológicas existentes e sua implementação no SUS.

2.2 Sistemas de Informação Geográfica (SIG) em Vigilância Epidemiológica

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas que permitem a captura, armazenamento, análise e visualização de dados espaciais, fundamentais para compreender a distribuição geográfica de eventos de saúde e identificar padrões relevantes para a vigilância epidemiológica. No contexto das arboviroses, especialmente a dengue, estudos brasileiros demonstram que o georreferenciamento de casos possibilita a identificação de áreas de maior incidência e a delimitação de aglomerados de risco, fornecendo subsídios para intervenções mais focalizadas (CAVALCANTE et al., 2013).

Entretanto, para que tais análises sejam possíveis, é essencial que os dados coletados no campo contenham informações espaciais precisas e consistentes, de modo a permitir o processamento no SIG. Nesse sentido, o presente projeto busca contribuir para essa etapa inicial, ao propor um aplicativo móvel voltado à coleta de dados com georreferenciamento automático. Assim, ao integrar dados espaciais desde a sua origem, a plataforma proposta visa tornar mais ágil e confiável a aplicação dos recursos de SIG na rotina da vigilância epidemiológica.

2.2.1 Exemplo de aplicação prática na dengue e no *Aedes aegypti*.

O uso do SIG no município de Mossoró (RN) demonstrou grande potencial para o planejamento e execução de estratégias de controle da dengue e do vetor *Aedes aegypti*. Os dados evidenciaram que o processo de urbanização desordenada, associado a falhas na coleta de resíduos sólidos e no abastecimento de água, criou condições ambientais favoráveis à proliferação do mosquito, tornando seu controle um desafio constante (Júnior et al., 2013).

O trabalho de Júnior et al. (2013) aplicou a técnica de georreferenciamento para examinar a distribuição da dengue em Mossoró. O estudo obteve êxito em espacializar a grande maioria dos registros notificados, o que possibilitou identificar aglomerados de transmissão em bairros específicos das zonas norte e leste do município, além de detectar ocorrências expressivas em áreas periféricas. Esse mapeamento espacial permitiu uma visão mais precisa da distribuição dos casos, evidenciando a relevância dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como suporte estratégico para o planejamento da vigilância epidemiológica local. Além disso, estudos nacionais indicam que a incidência de dengue é influenciada por variáveis climáticas, como temperatura, pluviosidade e umidade do ar, que favorecem a proliferação do *Aedes aegypti* e a disponibilidade de criadouros (Júnior et al., 2013) (RIBEIRO et al., 2006).

Em Mossoró, por exemplo, observou-se que os maiores índices pluviométricos,

entre fevereiro e maio, coincidiram com o aumento expressivo dos casos, confirmando a influência direta da sazonalidade sobre a densidade vetorial (JÚNIOR et al., 2013). Embora o presente projeto não integre variáveis climáticas em sua análise, a coleta de dados georreferenciados pelo aplicativo móvel permite identificar áreas críticas de ocorrência da doença, fornecendo subsídios para a priorização de ações de vigilância e controle do vetor, mesmo sem considerar diretamente fatores ambientais.

Assim, a aplicação de SIG e análise espacial individualizada constitui uma ferramenta eficaz para compreender a dinâmica da dengue, subsidiar a Vigilância em Saúde e orientar ações direcionadas de controle vetorial, mesmo na ausência de dados específicos sobre reincidência ou forma hemorrágica em bairros determinados. Essa abordagem fortalece a priorização de recursos e estratégias de prevenção em áreas críticas, ampliando a efetividade das intervenções em saúde pública.

2.2.2 Ferramentas de visualização.

As ferramentas de visualização de dados, em especial os painéis interativos, vêm sendo desenvolvidas com propósito de se tornarem instrumentos centrais na gestão da saúde pública contemporânea, pois permitem integrar, organizar e apresentar informações epidemiológicas de maneira clara e acessível para gestores e equipes técnicas (DONATELI; CAMPOS, 2023). Diferentemente de relatórios tradicionais, que muitas vezes apresentam dados em formato tabular ou estático, os painéis interativos possibilitam a análise dinâmica da evolução temporal e espacial das arboviroses, favorecendo a identificação de padrões e tendências em tempo real. Além disso, os painéis de dados contribuem para os princípios constitucionais de eficiência e transparência da administração pública, alinhando-se à Lei de Acesso à Informação (Lei nº 12.527/2011) e à Política de Dados Abertos, ao disponibilizarem dados de forma inteligível e visualmente estruturada para a tomada de decisão (FERREIRA; PEREIRA, 2025).

No presente projeto, essa estratégia se materializa na separação de papéis entre os componentes da solução: o aplicativo móvel é voltado exclusivamente para a coleta de dados em campo, incluindo registros georreferenciados e offline, enquanto a plataforma web centraliza a função analítica e de visualização, apresentando os registros coletados em mapas, gráficos e tabelas. Essa distinção garante maior eficiência operacional, pois permite que o aplicativo seja leve e funcional mesmo em regiões com baixa conectividade, ao passo que o *dashboard* web concentra os recursos computacionais necessários para a exploração visual dos dados.

A literatura brasileira recente reforça a relevância desse tipo de abordagem. Donateli e Campos (2023), por exemplo, destacam que a aplicação de *dashboards* voltados para arboviroses urbanas facilita a interpretação das informações por diferentes níveis da gestão em saúde, aumenta a disponibilidade e acessibilidade dos dados, e amplia sua utilidade

prática, especialmente em situações de emergência epidemiológica.

Do ponto de vista prático, *dashboards* podem contribuir para a redução do tempo de resposta a surtos, otimizar o trabalho das equipes de campo e aprimorar a comunicação entre gestores e técnicos locais, permitindo uma visualização clara e acessível das informações coletadas pelo sistema. Além disso, ao possibilitar filtros e indicadores específicos, os *dashboards* permitem a adaptação da análise de acordo com o perfil epidemiológico de cada território, contribuindo para a identificação de áreas prioritárias e a definição de estratégias direcionadas de intervenção (FERREIRA; PEREIRA, 2025) (DONATELI; CAMPOS, 2023).

Nesse contexto, a integração entre a coleta de dados realizada pelo aplicativo móvel e a análise realizada na plataforma web representa um diferencial do presente projeto. Essa arquitetura combina simplicidade na captura das informações com robustez analítica na visualização, alinhando-se à tendência observada na literatura sobre saúde digital e o uso de painéis de indicadores para apoio à tomada de decisão em saúde pública.

2.2.3 Inovações e tecnologias complementares.

Embora o presente trabalho tem como foco a aplicação de soluções digitais baseadas em dispositivos móveis, é importante reconhecer que a saúde pública brasileira ainda apresenta uma lacuna significativa quanto ao uso sistemático de tecnologias digitais no controle vetorial (DONATELI; CAMPOS, 2023). Nesse contexto, diferentes linhas de pesquisa vêm explorando metodologias inovadoras que, mesmo não diretamente relacionadas a aplicativos móveis, contribuem para o fortalecimento do campo da saúde digital.

Entre essas iniciativas, destaca-se o uso de mapeamento por imagens aéreas associado à inteligência artificial. Pesquisadores da USP, UFMG e SUCEN desenvolveram um modelo computacional capaz de identificar, a partir de fotografias aéreas de alta resolução, estruturas urbanas como caixas d'água e piscinas, frequentemente associadas a potenciais criadouros do *Aedes aegypti*. A proposta busca utilizar tais elementos como indicadores de risco epidemiológico e socioeconômico, permitindo não apenas orientar ações preventivas em áreas mais vulneráveis, mas também oferecer subsídios para políticas públicas com atualização dinâmica e em escala territorial (CUNHA et al., 2021). De acordo com os autores, a aplicação de algoritmos de aprendizado profundo (deep learning) permitiu alcançar 87,53% de precisão na detecção de caixas d'água e 90,23% na detecção de piscinas, representando um avanço significativo frente às limitações de levantamentos tradicionais, como o Censo, realizado em intervalos decenais (CUNHA et al., 2021).

De forma complementar, estudos recentes indicam que a aplicação de técnicas de visão computacional a imagens aéreas podem ser extremamente úteis na identificação de potenciais criadouros do mosquito *Aedes aegypti*, permitindo a análise detalhada da

distribuição espacial dos focos e a priorização de áreas para intervenção (LIMA et al., 2021). Nessa perspectiva, a utilização de algoritmos de aprendizado profundo, em conjunto com veículos aéreos não tripulados, possibilita a detecção automática de elementos urbanos relacionados à reprodução do vetor, como depósitos de água e áreas com acúmulo de resíduos. Esses métodos permitem não apenas aumentar a precisão do mapeamento epidemiológico, mas também reduzir o tempo de resposta das equipes de vigilância, configurando-se como uma estratégia inovadora de integração entre saúde digital e tecnologias emergentes, alinhada à proposta apresentada neste estudo. (LIMA et al., 2021).

Além das tecnologias de captura de imagens, o processamento e a visualização de dados em larga escala também desempenham papel central. No contexto de vigilância epidemiológica, o sistema InfoDengue, descrito por Codeço et al. (2016), destaca-se como uma ferramenta de alerta desenvolvida em parceria entre a academia e a gestão municipal. A plataforma opera integrando fontes de dados heterogêneas, que incluem séries temporais climáticas, notificações de casos clínicos e até mesmo a atividade em redes sociais. O diferencial do sistema reside na aplicação de técnicas de *nowcasting* (método de estimativa em tempo real que busca prever o cenário atual antes da consolidação total dos dados) e correção probabilística, desenhadas para mitigar o problema do atraso no processamento das notificações oficiais. Com base nessas análises, o sistema classifica as regiões monitoradas em quatro níveis de alerta, gerando mapas de risco para informar a população e enviando relatórios detalhados para as salas de situação, apoiando a resposta rápida das autoridades de saúde.

Assim, ainda que o presente estudo não empregue drones ou algoritmos de inteligência artificial, a proposta de desenvolver uma aplicação móvel voltada à gestão e ao monitoramento de ações de controle vetorial se insere nesse mesmo contexto de inovação tecnológica em saúde pública. A iniciativa busca proporcionar uma solução prática, escalável e de fácil acesso para profissionais e gestores, permitindo o registro, acompanhamento e análise de dados em tempo real, fortalecendo a capacidade de tomada de decisão e a eficiência das intervenções. Além disso, ao centralizar informações e possibilitar o monitoramento contínuo das ações de vigilância, a ferramenta contribui para a integração entre estratégias digitais e políticas de prevenção, alinhando-se às tendências internacionais de fortalecimento da saúde baseada em dados e à necessidade de soluções adaptáveis à realidade das diferentes regiões brasileiras.

2.2.4 Evidência epidemiológica e necessidade de integração.

A dengue permanece como preocupação central na vigilância em saúde no Brasil, com boletins oficiais que registram elevados números de casos e ressaltam a necessidade de medidas contínuas de prevenção e controle (PAULO, 2024). Os relatórios epidemiológicos do Ministério da Saúde e das secretarias estaduais evidenciam variações temporais e

espaciais na incidência, o que exige monitoramento sensível ao tempo e ao espaço para orientar a priorização de ações (SAÚDE, 2024).

Estudos locais demonstram que o georreferenciamento caso a caso revela padrões que não são visíveis em tabelas agregadas — por exemplo, o trabalho realizado em Mossoró mostrou concentração de casos em bairros específicos e permitiu identificar mudanças na dinâmica espacial da doença, informação valiosa para direcionar intervenções focalizadas (Júnior et al., 2013). Nesse sentido, a integração de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) com dados de notificação epidemiológica e indicadores laboratoriais potencializa a detecção de mudanças espaciais na ocorrência de casos de dengue e apoia a priorização de intervenções sanitárias, ao possibilitar a identificação rápida de “hotspots” e de áreas que requerem ações emergenciais. Revisões nacionais sobre o uso de geoprocessamento em saúde destacam o crescente interesse científico na aplicação de técnicas de mapeamento de casos de dengue, apontando que o Brasil lidera o número de publicações e que ferramentas como o ArcGIS são as mais utilizadas para análise espacial (VIANA et al., 2022).

Além disso, a literatura aponta uma lacuna entre o desenvolvimento de soluções tecnológicas e sua adoção institucional pelo SUS, o que reforça a necessidade de políticas e fluxos institucionais que incentivem a integração entre aplicações móveis, bases nacionais de notificação e plataformas analíticas (COSTA; BOTELHO, 2020). Essa desconexão evidencia que, mesmo quando ferramentas digitais são desenvolvidas com potencial técnico elevado, sua efetividade depende da capacitação dos profissionais de saúde, da padronização de protocolos de uso e da interoperabilidade com os sistemas existentes. Promover essas condições não apenas facilita a utilização contínua das soluções, mas também aumenta a capacidade do SUS de monitorar, analisar e responder a eventos de saúde de forma mais ágil, precisa e territorialmente direcionada, contribuindo para a eficiência das ações de vigilância epidemiológica e controle de doenças. Para projetos práticos de vigilância, esses achados apontam para a necessidade de medidas concretas de implementação: garantir que os endereços sejam registrados corretamente e com auxílio de geolocalização automática, incluir rotinas de validação e limpeza de dados, permitir o funcionamento offline com posterior sincronização confiável, e assegurar interoperabilidade entre sistemas. Tais estratégias conectam o desenvolvimento tecnológico às demandas reais da vigilância, fortalecendo a capacidade de monitoramento e tomada de decisão em saúde pública (MOHR et al., 2025).

2.2.5 Desafios e limitações observadas no Brasil.

Em suma, no Brasil os sistemas de geoprocessamento e painéis para dengue apresentam claros benefícios para monitoramento e decisão, mas esbarram em limitações práticas. Os principais desafios incluem a qualidade e completude dos dados de base (eventos, endereços e notificações), a necessidade de mais pesquisas e capacitação em SIG, e a adoção

plena a uma cultura de gestão orientada a dados (FERREIRA; PEREIRA, 2025) (VIANA et al., 2022) (COSTA; BOTELHO, 2020). Sem superar esses obstáculos – por meio de investimentos em infraestrutura, treinamento técnico e integração multissetorial – a eficácia dessas ferramentas estratégicas fica comprometida no enfrentamento das arboviroses no país.

2.2.6 Implicações para o presente projeto.

A experiência relatada pela literatura nacional evidencia que a simples disponibilização de ferramentas digitais, como aplicativos móveis e *dashboards* web, não garante automaticamente melhoria operacional na vigilância de arboviroses. Para que a solução proposta no presente trabalho gere impactos concretos, torna-se fundamental que sejam incorporados, desde a fase de projeto, treinamento e capacitação de agentes e gestores, mecanismos robustos de captura e validação de dados georreferenciados. Além disso, a integração cuidadosa entre a coleta de dados pelo aplicativo móvel e a visualização analítica na plataforma web já considera fatores operacionais, como limitações de conectividade e a necessidade de funcionamento offline. Essas precauções asseguram que o sistema seja útil em contextos variados, inclusive em regiões com infraestrutura tecnológica limitada, alinhando-se às recomendações da literatura brasileira sobre a implementação de sistemas georreferenciados para controle vetorial (MOHR et al., 2025).

Portanto, o presente projeto não apenas busca disponibilizar tecnologia, mas também estruturar fluxos de trabalho que permitam a geração de informações precisas e confiáveis, contribuindo para decisões mais rápidas e eficazes na prevenção e controle dos vetores da dengue, em diferentes contextos urbanos.

2.3 Desenvolvimento de aplicações com foco em operação offline - (*Offline-First*)

É um princípio para aplicações móveis que prioriza o registro de informações no dispositivo local, garantindo o funcionamento do sistema mesmo na ausência de conectividade com a internet. O presente trabalho proporciona esse recurso e, posteriormente, os dados são sincronizados com servidores centrais quando o sinal estiver disponível. Essa abordagem é particularmente relevante para a vigilância em saúde no Brasil, onde áreas com infraestrutura limitada podem comprometer a coleta contínua de dados (MOHR et al., 2025).

2.3.1 Exemplo de aplicação prática

No caso do aplicativo e-SUS Vacinação, o desenvolvimento adotou explicitamente o princípio *offline-first*, permitindo o registro majoritário de dados de forma local no dispositivo e posterior sincronização, como estratégia para manter a continuidade das campanhas de vacinação em áreas com conectividade limitada (MOHR et al., 2025).

O desenvolvimento do e-SUS Vacinação também foi orientado por quatro pilares práticos que devem ser considerados em projetos similares: (1) compatibilidade com *smartphones* pessoais e *tablets* para reduzir custos de infraestrutura; (2) funcionamento *offline-first* para garantir operação em campo; (3) desenvolvimento ágil e iterativo (por exemplo, Scrum e uso de frameworks modernos como Flutter); e (4) reorganização do modelo de dados para simplificar e acelerar o preenchimento das fichas em campanhas. Esses pilares foram elementos centrais na concepção do aplicativo e justificam escolhas arquiteturais em projetos voltados ao SUS (MOHR et al., 2025).

Para validar a aplicabilidade em campo, o e-SUS Vacinação passou por testes piloto em municípios de diferentes regiões e densidades populacionais, estratégia que permitiu aferir usabilidade e identificar ajustes necessários antes do lançamento em larga escala. A avaliação do aplicativo utilizou métricas de uso e usabilidade — incluindo análise de campos obrigatórios e estimativa de otimização das interações necessárias para o preenchimento das fichas, além de dados de engajamento obtidos por meio de ferramentas analíticas — o que proporciona evidência quantitativa sobre ganhos operacionais em campanhas.

Do ponto de vista do projeto de software, as evidências trazidas pelo estudo indicam que priorizar a simplicidade do fluxo de preenchimento (redução de campos e otimização de telas), a resiliência offline e a compatibilidade com dispositivos pessoais é fundamental para aumentar a adesão dos profissionais em campanhas intensivas de campo (MOHR et al., 2025). Contudo, a experiência prática também evidencia que a existência da tecnologia por si só não garante sua adoção institucional: a literatura brasileira aponta para uma lacuna entre soluções tecnológicas desenvolvidas e sua incorporação formal em programas do SUS, o que reforça a necessidade de políticas públicas que incentivem desenvolvimento, integração e adoção de soluções *offline-first* em larga escala (COSTA; BOTELHO, 2020).

2.3.2 Implicações para o presente projeto

Portanto, ao projetar um sistema integrado de vigilância em campo que será implementado em ambiente municipal, recomenda-se: (a) adoção do paradigma *offline-first* com sincronização controlada; (b) concepção de um modelo de dados simplificado para reduzir interações; (c) realização de testes piloto abrangentes em contextos de baixa conectividade; e (d) previsibilidade de processos de integração com sistemas nacionais (por exemplo, integração com estratégias do e-SUS APS), tudo alinhado a políticas de

incentivo e planos de capacitação institucional (MOHR et al., 2025) (COSTA; BOTELHO, 2020). Essas medidas não apenas potencializam a utilidade da tecnologia, mas também fortalecem a capacidade do SUS de monitorar e responder rapidamente a surtos, priorizar ações de controle vetorial e tomar decisões baseadas em dados precisos e em tempo real.

2.4 Integração entre m-Health, SIG e Aplicativos Offline

A integração entre soluções de Saúde Móvel (m-Health), Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e arquiteturas *offline-first* cria uma sinergia tecnológica capaz de fortalecer significativamente a vigilância epidemiológica. Nesse arranjo, os aplicativos móveis permitem a coleta de dados diretamente em campo, incluindo informações georreferenciadas e registros clínicos, enquanto os SIG oferecem recursos avançados de análise e visualização espacial, possibilitando a identificação de padrões, aglomerados de risco e áreas prioritárias para intervenção. Paralelamente, o funcionamento *offline-first* assegura a continuidade das operações mesmo em regiões com conectividade limitada, evitando lacunas na coleta de dados e garantindo que as informações sejam sincronizadas com sistemas centrais assim que possível.

Essa combinação de tecnologias proporciona benefícios múltiplos: melhora a acurácia e a granularidade das informações coletadas, acelera a tomada de decisão por gestores de saúde, permite a priorização de recursos em áreas críticas e apoia estratégias de prevenção e controle em tempo real. Além disso, ao integrar a coleta móvel, o processamento espacial e o funcionamento sem internet, a solução oferece um modelo operacional escalável e adaptável às diferentes realidades municipais. (COSTA; BOTELHO, 2020) (MOHR et al., 2025).

Na prática, o fluxo integrado funciona assim: o agente registra um evento no dispositivo móvel e automaticamente é feita a captura de sua localização, os dados são validados e armazenados localmente, e posteriormente quando esse agente tem acesso à internet, ele pode enviar seus registros salvos para a nuvem, e com isso eles são sincronizados com a base de dados central; em seguida, o SIG consolida os registros georreferenciados para gerar mapas com a localidade de todos os eventos registrados, possibilitando a identificação de aglomerados.

A experiência do estudo realizado em Mossoró mostrou que o georreferenciamento ponto a ponto permitiu identificar bairros e microáreas com maior concentração de casos (por exemplo, Santo Antônio, Santa Delmira, Conjunto Vingt-Rosado), evidenciando que mapas espaciais possibilitam visualizar distribuição real da doença e localizar focos que não seriam percebidos apenas com dados tabulares (JúNIOR et al., 2013).

Do mesmo modo, o desenvolvimento do e-SUS Vacinação demonstrou que soluções planejadas para operar *offline-first* e integradas a sistemas nacionais (PEC / e-SUS APS)

são capazes de manter a continuidade das operações em campanhas e de alimentar bases centrais com dados padronizados quando a conectividade é restabelecida (MOHR et al., 2025).

Os ganhos operacionais da integração são concretos: (a) identificação mais rápida de áreas prioritárias para intervenção; (b) direcionamento focalizado de recursos (visitas de agentes, ações de limpeza); e (c) redução do tempo entre notificação e resposta pela vigilância, quando processos de validação e sincronização são bem desenhados (Júnior et al., 2013) (MOHR et al., 2025).

Entretanto, a literatura e as evidências práticas também apontam desafios críticos que devem ser tratados desde a concepção: qualidade e completude das fichas de notificação (que afetam a taxa de georreferenciamento), padronização de endereços, necessidade de geocodificação assistida, privacidade e governança de dados, e processos institucionais para adoção e manutenção das soluções no âmbito do SUS (COSTA; BOTELHO, 2020) (Júnior et al., 2013).

Para futuros projetos que integrem m-Health, SIG e *offline-first*, recomenda-se adotar, desde o início: (1) um conjunto mínimo de dados georreferenciados obrigatório (endereço + opção de captura GPS); (2) geocodificação assistida e verificação por foto georreferenciada para melhorar qualidade espacial; (3) estratégia de sincronização incremental (priorizando credenciais, registros críticos e rotas previstas); (4) testes piloto em municípios com diferentes perfis de conectividade; e (5) planejamento de governança e capacitação técnica para secretarias municipais — medidas alinhadas às lacunas e boas práticas descritas por Costa e Botelho e pelas avaliações de campo do e-SUS Vacinação.

3 Metodologia

O desenvolvimento deste trabalho foi conduzido a partir de um conjunto de etapas metodológicas que garantiram a coerência entre os objetivos da pesquisa e a implementação prática das soluções propostas. A metodologia adotada contemplou desde a análise de requisitos até os testes de validação em campo, articulando a construção de um aplicativo móvel e de um *website* integrados em um mesmo banco de dados.

3.1 Etapas da Metodologia

O processo foi estruturado em três fases principais, representadas no diagrama a seguir:

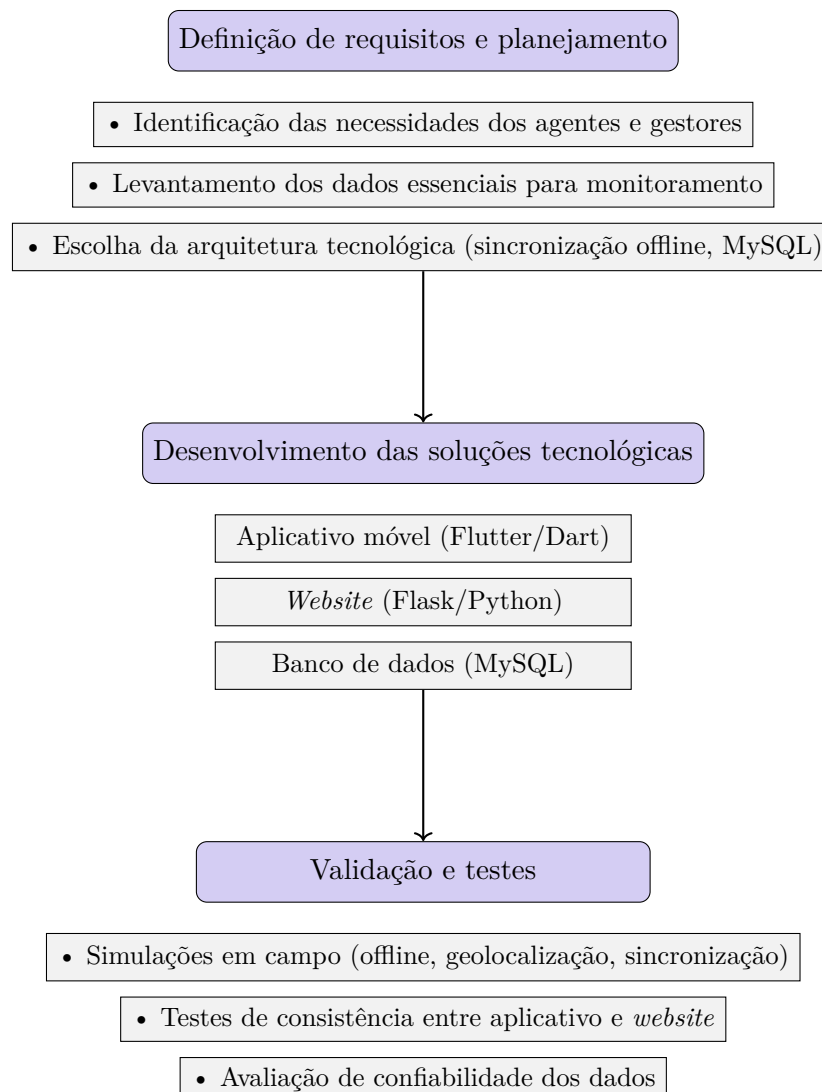


Figura 1 – Fluxo das etapas da metodologia

3.1.1 Detalhamento das Etapas Metodológicas

Para conferir rigor científico e transparência ao processo de desenvolvimento, cada fase apresentada na Figura 3.1 foi executada seguindo procedimentos de engenharia de software, conforme detalhado a seguir.

3.1.2 Fase 1: Definição de Requisitos e Planejamento

A primeira etapa consistiu no levantamento das necessidades reais dos usuários finais (agentes de endemias e gestores). Para evitar a construção de uma ferramenta desconectada da realidade operacional, o processo combinou a técnica de **Análise Documental** com o direcionamento técnico da equipe de orientação. Visto que os orientadores do projeto mantêm contato com profissionais atuantes na vigilância em saúde, a definição dos requisitos e das regras de negócio foi construída com base nessas experiências práticas.

- **Levantamento de Requisitos:** Buscou-se compreender o fluxo de trabalho atual. Identificou-se, por exemplo, que a falta de conectividade em áreas periféricas era um gargalo crítico, o que fundamentou a escolha por uma arquitetura *offline-first*.
- **Definição dos Dados Essenciais:** A modelagem dos dados não foi arbitrária. Teve como base fundamental a Ficha de Investigação de Dengue do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) ((BRASIL), 2016), selecionando-se os campos indispensáveis para a vigilância, de modo a garantir que as informações coletadas estivessem em total conformidade com os padrões oficiais exigidos pelo Ministério da Saúde.
- **Escolha Tecnológica:** A seleção das ferramentas (Flutter, Python/Flask e MySQL) foi motivada pela eficiência no processamento e gerenciamento de dados, necessidade de desenvolvimento ágil e **compatibilidade** com dispositivos Android de baixo custo, comumente utilizados no serviço público.

3.1.3 Fase 2: Desenvolvimento das Soluções Tecnológicas

Nesta fase, adotou-se uma abordagem iterativa. O desenvolvimento foi dividido em dois módulos principais que evoluíram paralelamente:

- **Módulo Móvel (Agente):** O aplicativo foi codificado utilizando o *framework* Flutter. A escolha se justificou pela capacidade de compilação nativa e pelo gerenciamento eficiente de banco de dados local (SQLite). A interface foi desenhada priorizando a usabilidade e fluxos lineares para facilitar o uso em campo.
- **Módulo Web (Gestão):** O painel administrativo foi desenvolvido em Python com o *microframework* Flask. Esta escolha permitiu prototipagem rápida e fácil

integração com bibliotecas de ciência de dados (como Matplotlib) para a geração dos gráficos de monitoramento.

3.1.4 Fase 3: Validação e Testes

Para garantir a confiabilidade do sistema, foram realizados testes funcionais e de validação, conduzidos pelo autor e seu orientador, em ambiente de campo.

- **Testes de Unidade e Integração:** Foram verificadas as funções críticas do sistema, como o login, o salvamento de dados no banco local e a geração de rotas. O foco principal foi validar a regra de negócio da sincronização: garantir que dados coletados offline fossem enviados corretamente ao servidor assim que a internet fosse restabelecida, sem duplicação ou perda.
- **Simulação de Campo:** Conduziram-se simulações em ambiente real, na qual o dispositivo móvel foi operado em modo offline (sem conexão de rede) para efetuar o registro de eventos e visitas simuladas em distintas coordenadas geográficas. Posteriormente, conectou-se o aparelho à rede para verificar a integridade da plotagem desses pontos no mapa do gestor.
- **Validação de Usabilidade:** A validação priorizou a integridade da sincronização de dados, confirmando que os registros realizados em campo foram transmitidos com êxito para a nuvem e refletidos fielmente no painel administrativo do *website*. Complementarmente, verificou-se a fluidez da navegação para assegurar a eficiência operacional do registro.

3.2 Estratégia de Integração

A integração entre os módulos (aplicativo e *website*) ocorreu de forma indireta, por meio do compartilhamento do mesmo banco de dados online (MySQL). Tanto o aplicativo quanto o *website* foram projetados para registrar, consultar e atualizar informações nesse repositório, garantindo sincronização automática assim que a conexão de rede estivesse disponível. Esse modelo permite que agentes em campo possam operar de maneira offline, enquanto gestores trabalham com os dados já disponíveis no banco de dados online.

3.3 Considerações Metodológicas

A metodologia proposta garantiu que o desenvolvimento tecnológico se mantivesse alinhado às necessidades operacionais do projeto. Ao privilegiar o uso de um banco de dados online centralizado e soluções *offline-first*, assegurou-se a continuidade da coleta

em condições adversas de conectividade, além de uma gestão centralizada e confiável das informações. Dessa forma, o processo metodológico estabeleceu as bases necessárias para a etapa seguinte, dedicada à validação experimental e à análise funcional do sistema em cenários simulados.

4 Desenvolvimento

O desenvolvimento do sistema foi dividido em duas frentes integradas: (a) o aplicativo móvel, voltado à coleta de dados em campo; e (b) a plataforma web, destinada à gestão, análise e visualização dos dados. Ambos os módulos operam sobre um repositório centralizado (MySQL) hospedado no servidor municipal, garantindo a sincronização dos registros e a gestão unificada das informações.

4.1 Arquitetura e tecnologias

A arquitetura adotada segue um modelo em camadas. O aplicativo móvel, desenvolvido em Flutter/Dart, realiza o armazenamento local dos dados em um banco de dados SQLite. Esses dados são posteriormente sincronizados com o banco de dados central (MySQL), que, por sua vez, integra-se à plataforma web. A aplicação web foi implementada com Flask e utiliza Folium e Matplotlib para visualização e gerenciamento das informações. Para garantir portabilidade, o sistema foi containerizado com Docker e é servido por Gunicorn no servidor da Prefeitura Municipal, no momento em fase de testes.

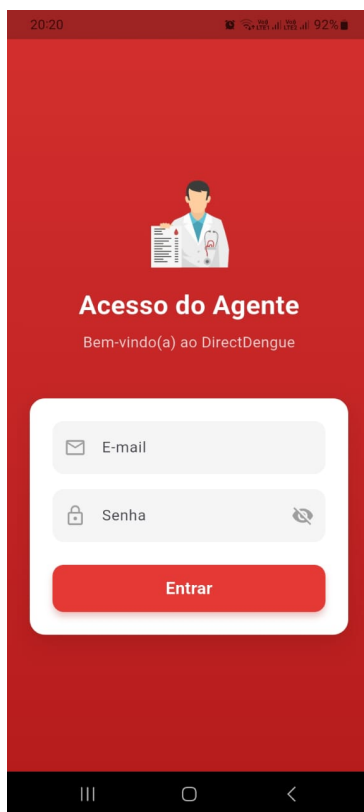
As decisões tecnológicas privilegiaram:

- Compatibilidade com dispositivos Android (principal base dos agentes).
- Operação *offline-first* com sincronização controlada.
- Padronização do modelo de dados para reduzir erros e incompletude de formulários em campo.

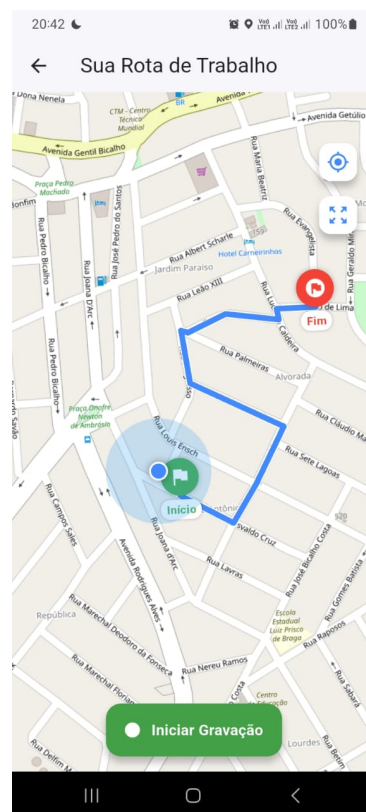
4.2 Aplicativo móvel: implementação e funcionamento

O aplicativo foi desenvolvido em Flutter/Dart com foco em usabilidade e funcionamento offline, contemplando funcionalidades essenciais para o trabalho em campo. Os formulários digitais foram projetados de maneira simplificada, permitindo o registro rápido de ocorrências, incluindo tipo de evento, fotografias, observações e data/hora. Além do agente ter a possibilidade de iniciar a gravação de sua rota, sua geolocalização é registrada de forma automática no momento do salvamento de algum registro (evento ou notificação), e, sempre que a precisão do GPS se mostra insatisfatória, o sistema alerta o usuário para que ele tente se posicionar de modo que possa facilitar a obtenção de sua localidade. Para garantir o funcionamento em áreas sem conectividade, os dados são armazenados localmente em SQLite, onde cada registro fica armazenado até que o usuário envie-o para a

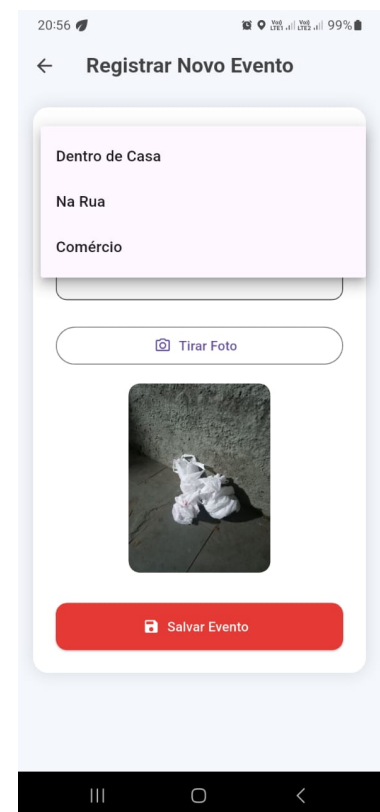
nuvem ou o exclua (o envio para a nuvem após concluído, remove o registro local do aparelho). Além disso, durante o uso realizado em ambiente conectado, o aplicativo executa uma pré-sincronização, baixando dados de login e rotas atribuídas, assegurando que o agente continue operando mesmo offline. O processo de envio dos dados propriamente dito é gerido por um worker local, responsável por consumir a fila de registros pendentes e enviá-los em lotes ao servidor, utilizando o endpoint `/api/create/evento`; quando necessário, as imagens são transmitidas utilizando outro endpoint apropriado para isso: `/api/upload/imagem`, e se a resposta recebida foi de sucesso, acontece uma remoção automática de cada evento ainda salvo no aparelho. Nos testes de campo, realizados com veículo institucional, a aferição da precisão do GPS apresentou acurácia média em torno de dez metros, resultado considerado satisfatório até o momento. Por fim, a interface foi desenhada com ênfase na praticidade, utilizando telas com botões grandes, confirmações de ações e mensagens claras, de modo a orientar os agentes em suas atividades de forma intuitiva e confiável.



(a) Tela de login



(b) Rota planejada



(c) Formulário de eventos

Figura 2 – Principais telas do aplicativo móvel.

O celular utilizado nessas imagens, conta com sistema operacional Android, especificamente um Samsung Galaxy A22, com 4 gigabytes de memória principal e um processador com 2GHz (Gigahertz) Octa-core.

4.3 Plataforma web: API, Painel de dados e gestão

A plataforma web foi desenvolvida em Flask, estruturada segundo o padrão MVC (*Model, View e Controller*) e organizada em Blueprints, de modo a garantir modularidade e clareza na manutenção. O banco de dados MySQL sustenta a aplicação, armazenando informações em tabelas dedicadas a usuários, notificações, eventos e rotas (efetuadas e ordenadas). Como já mencionado, a comunicação entre o aplicativo móvel e a plataforma web ocorre por meio do banco de dados central, que concentra todas as informações do projeto. Esse repositório único permite a recuperação de rotas, a sincronização de eventos e a realização de consultas filtradas por tipo de registro ou intervalo temporal das rotas realizadas. Além disso, fornece a base necessária para a geração das métricas apresentadas no *dashboard*, garantindo consistência e integração entre os módulos. Este, por sua vez, reúne mapas interativos construídos com Folium/Leaflet, que permitem a visualização de pontos específicos e também a geração de *heatmaps*, além de gráficos quantitativos sobre os eventos e as notificações produzidos com Matplotlib, tabelas organizadas com filtros de pesquisa que facilitam a análise por data, agente ou tipo de evento.

No âmbito administrativo, a plataforma disponibiliza interfaces para cadastro, edição e exclusão de usuários, bem como para a atribuição de rotas para os determinados agentes. A segurança do sistema foi assegurada por mecanismos como autenticação via Flask-Login, hashing robusto de senhas, proteção contra CSRF (Falsificação de Solicitação entre Sites) e as consultas ao banco de dados foram implementadas utilizando consultas parametrizadas (*prepared statements*), nas quais os valores fornecidos pelos usuários são tratados como parâmetros, e não como parte da *string* SQL, para mitigar riscos de SQL Injection. Por fim, a implantação ocorreu em ambiente Docker, executado com Gunicorn e acompanhado de estratégias de monitoramento que incluem rotação de logs, e futuramente, backups periódicos do MySQL e alertas de falhas, o que garante estabilidade e confiabilidade ao sistema em operação.

Na Figura 3, é possível observar a visualização geográfica dos eventos de campo registrados no sistema, permitindo inspecionar cada imagem anexada aos registros e identificar concentrações de ocorrências em determinadas áreas da cidade.

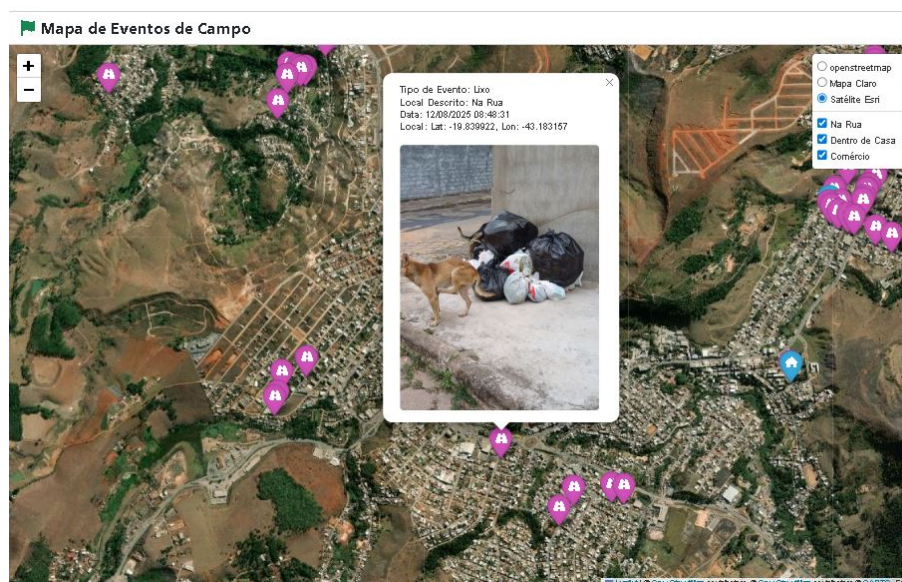


Figura 3 – Mapa de eventos do *website*.

A Figura 4 mostra a funcionalidade de criação de rotas diretamente no mapa, permitindo que gestores definam percursos otimizados. Além disso, exibe as rotas já percorridas pelo determinado agente, as cores diferentes indicam a quantidade de vezes que aquele local foi percorrido, sendo, nesse caso: cinza para uma rota percorrida menos de 3 vezes, e laranja para passagens além desse número. A normalização para uma melhor exibição das rotas gravadas vem sendo trabalhada, para evitar essas desregularidades com as ruas.

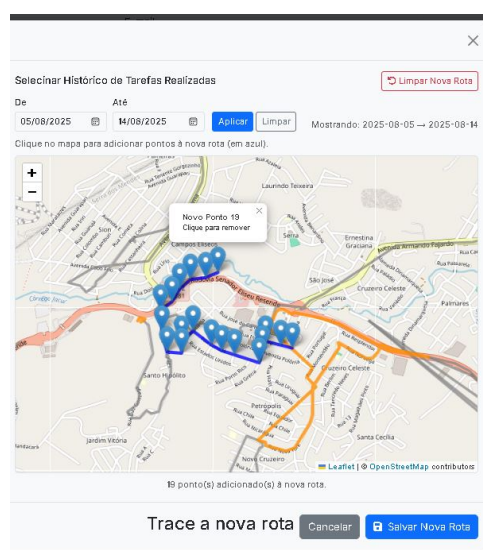


Figura 4 – Criação de rotas através do *website*.

A Figura 5 ilustra um dos gráficos estatísticos gerados dinamicamente com a biblioteca Matplotlib, baseando-se nos eventos de campo registrados no servidor, por meio do aplicativo móvel.

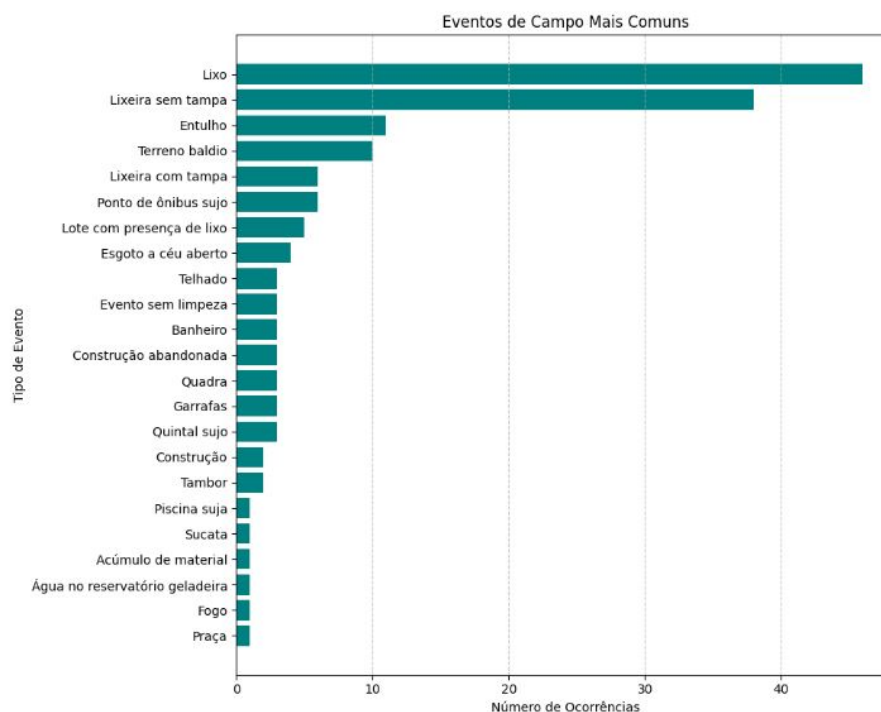


Figura 5 – Gráfico de eventos do *website*.

Por fim, a Figura 7 evidencia o módulo de gerenciamento de usuários, permitindo administrar as contas de acesso ao aplicativo móvel, criar novas rotas, e exibir o histórico de rotas efetuadas e planejadas para cada agente.

Adicionar Novo Agente

Nome Completo

E-mail

Senha

Confirmar Senha

Salvar Agente

Agentes Cadastrados

Nome	Usuário (E-mail)	Ações
Bruno	bruno@gmail.com	Rota Planejadas Editar Histórico
Edgard	edgard@gmail.com	Rota Planejadas Editar Histórico

Figura 6 – Tela de gerenciamento do *website*.

4.4 Integração, testes e implantação

A integração entre o aplicativo móvel e a plataforma web foi garantida pelo uso de um banco de dados centralizado em MySQL, que serve como ponto único de persistência das informações coletadas em campo e disponibilizadas no painel de dados do site. Esse modelo de arquitetura assegura consistência entre os módulos, evita redundâncias lógicas e simplifica a manutenção. Como evolução prevista, está em andamento a configuração de um segundo banco em nuvem, operando como instância de contingência, de modo a reduzir os riscos de perda de dados e aumentar a resiliência do sistema.

Para validar o funcionamento do sistema como um todo, foram conduzidos testes de integração que simularam o envio de lotes de eventos e sua posterior visualização no *dashboard*, bem como testes de campo que avaliaram a precisão da geolocalização e a confiabilidade do fluxo de sincronização em situações reais de uso. A figura 7, ilustra um dos eventos registrados durante os testes de campo, feito em um local aleatório da cidade (João Monlevade - MG).



Figura 7 – Mapa de eventos do *website*.

A implementação para testes ocorreu em ambiente Docker no servidor da Prefeitura, utilizando Gunicorn como WSGI. Também foram configuradas políticas básicas de segurança e monitoramento, como proteção contra CSRF (Falsificação de Solicitação entre Sites), consultas parametrizadas para mitigar SQL Injection e rotação de *logs*.

4.5 Limitações e recomendações

Apesar dos avanços obtidos até o momento, algumas limitações ainda são observadas no sistema desenvolvido. A normalização das rotas gravadas, a fim de se posicionarem de acordo com as ruas, e serem exibidas de maneira mais organizada no mapa do painel, se mostrou mais complexa do que o previsto, e ainda está sendo aperfeiçoada. A precisão dos

dados geográficos registrados pelo aplicativo, depende diretamente da precisão do GPS disponível nos dispositivos móveis, que pode variar de acordo com o ambiente urbano, condições climáticas ou modelo do equipamento, resultando em pequenas variações na acurácia das rotas registradas, mas de maneira geral, os aparelhos usados (Samsung Galaxy A22 e Samsung J10) mostraram um bom resultado para as análises presentes.

Outro ponto identificado é a necessidade de conexão estável no momento da sincronização, já que falhas temporárias de rede podem atrasar a atualização das informações no banco central, embora o armazenamento offline mitigue a perda de dados. Em termos de infraestrutura, a atual dependência de um único banco de dados representa um risco de indisponibilidade em caso de falhas críticas, motivo pelo qual está prevista a duplicação em uma nuvem reserva para aumentar a resiliência e reduzir a chance de perda de informações.

No aspecto operacional, embora a interface tenha sido projetada para ser intuitiva, ainda é recomendado a realização de treinamentos curtos e periódicos com os agentes para garantir a correta utilização das funcionalidades e reforçar boas práticas no registro das ocorrências. Além disso, está sendo considerada a ampliação futura do painel de dados do *website*, com relatórios automatizados e indicadores de desempenho, o que pode facilitar a análise estratégica e apoiar tomadas de decisão mais rápidas. Por fim, a implantação de rotinas formais de *backup* e monitoramento contínuo é recomendada como medida adicional de segurança, garantindo que a solução permaneça estável e confiável ao longo do tempo.

Para demonstrar o fluxo de informações e a estrutura dos componentes, a Figura 8 apresenta o diagrama esquemático do sistema, evidenciando a comunicação entre os módulos web, a API e os dispositivos em campo.

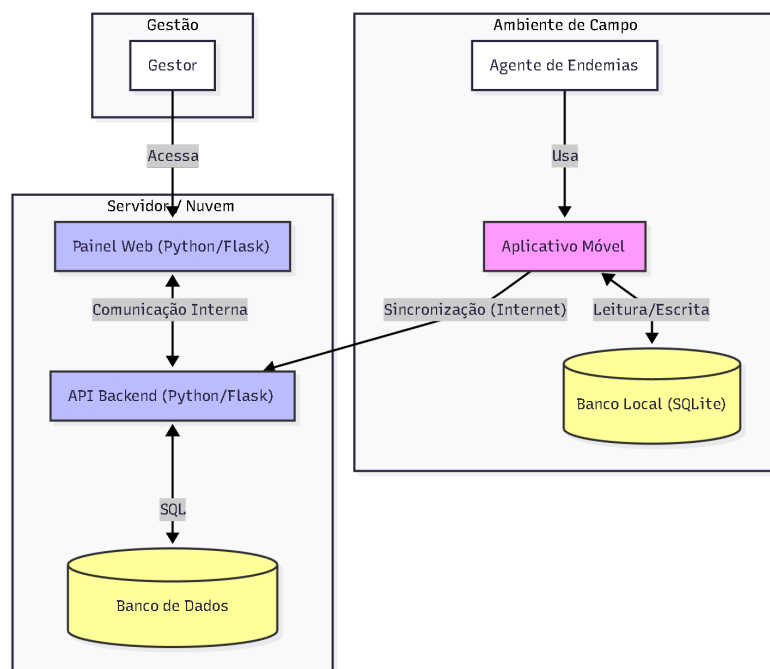


Figura 8 – Diagrama geral da arquitetura do sistema.

5 Resultados

A implementação do sistema integrado demonstrou, na prática, a viabilidade de combinar coleta móvel offline, georreferenciamento e análise centralizada por meio do painel de dados web. Durante um dos testes de campo, foi possível registrar eventos em áreas com conectividade limitada, utilizando o aplicativo móvel com armazenamento local em SQLite e posteriormente, envio para o banco de dados online central MySQL. A precisão do GPS, aferida por meio de comparações com coordenadas conhecidas, apresentou acurácia média em torno de dez metros, valor considerado satisfatório para nosso objetivo de mapear focos do *Aedes aegypti* e registro de rotas percorridas. Começamos com o desenvolvimento do aplicativo móvel, no início de 2023, e nesse mesmo ano, obtivemos um registro de software do mesmo, como consta a figura 8, logo abaixo.



Figura 9 – Registro de patente do aplicativo junto ao INPI. ()

Posteriormente, as rotas registradas pelo aplicativo foram exibidas no painel do *website*, inseridas em mapas interativos, permitindo a visualização de trajetos completos, identificação de aglomerados de risco em diferentes bairros por meio da geolocalização registrada com os eventos. Essa visualização espacial reforçou a utilidade prática do georreferenciamento ponto a ponto, já evidenciada em estudos anteriores, e possibilitou analisar a distribuição real da doença, detectando padrões que dificilmente seriam percebidos apenas por dados tabulares agregados.

O painel de dados web demonstrou-se eficiente na consolidação e apresentação das informações, exibindo mapas, *heatmaps* e gráficos temporais que facilitaram a interpretação das ocorrências registradas. A separação entre coleta móvel e análise web garantiu que o aplicativo permanecesse leve e funcional mesmo em dispositivos comuns e em contextos com

conectividade limitada, enquanto o processamento analítico concentrado na plataforma web permitiu geração de relatórios detalhados, consultas filtradas e métricas de desempenho das equipes. Durante os testes, observou-se que a pré-sincronização de dados de *login* e rotas atribuídas contribuiu significativamente para a continuidade do trabalho em campo, evitando interrupções e garantindo a integridade das informações coletadas.

Em termos de usabilidade, os formulários digitais e a interface intuitiva do aplicativo podem facilitar adoção pelos agentes de saúde, minimizando erros de registro e aumentando a eficiência na captura de dados. Alertas automáticos de baixa precisão do GPS e mensagens de confirmação de envio reforçaram a confiabilidade do sistema, enquanto o mecanismo de envio dos dados, garantiu sincronização segura e controle sobre os registros ainda não enviados. No *website*, a visualização das rotas atribuídas e concluídas pelos agentes possibilitou um monitoramento mais claro das atividades, identificação de lacunas no cumprimento das rotas e ajuste dinâmico da distribuição de tarefas. Apesar dos avanços operacionais observados, o sistema apresentou limitações que merecem consideração. A acurácia do GPS pode variar conforme ambiente urbano, condições climáticas ou modelo do equipamento, e falhas temporárias de conectividade impactam diretamente o tempo de sincronização dos dados. A dependência de um único banco de dados central também representa risco de indisponibilidade, justificando a implementação prevista de instância redundante em nuvem. Adicionalmente, a efetividade do sistema depende da capacitação contínua dos agentes, sendo recomendada a realização de treinamentos periódicos para garantir o correto uso das funcionalidades e reforçar boas práticas no registro de ocorrências.

A análise dos resultados confirma que a integração entre m-Health, SIG e arquitetura *offline-first* proporciona ganhos operacionais relevantes: acelera a identificação de áreas críticas, permite direcionamento mais eficiente dos recursos e fortalece a capacidade de tomada de decisão baseada em dados precisos e georreferenciados. Esses resultados corroboram as evidências da literatura nacional sobre vigilância de arboviroses, destacando que a tecnologia por si só não garante impacto sem políticas de capacitação, padronização de protocolos e integração institucional. Ao mesmo tempo, a aplicação prática demonstra que soluções digitais podem ser escaláveis e adaptáveis a diferentes realidades municipais, oferecendo suporte efetivo à vigilância epidemiológica e ao controle do vetor *Aedes aegypti*, alinhando-se às tendências internacionais de saúde baseada em dados e inovação tecnológica em saúde pública.

6 Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um sistema integrado, composto por um aplicativo móvel e uma plataforma web, voltado para o registro e monitoramento de focos de arboviroses urbanas, com ênfase na dengue. A solução proposta buscou responder ao desafio da coleta de dados em campo de maneira ágil, digital e georreferenciada, contribuindo para a modernização das estratégias de vigilância em saúde pública.

O aplicativo móvel desenvolvido demonstrou ser funcional mesmo em ambientes sem acesso à internet, por meio do armazenamento local e da sincronização posterior dos registros. A implementação do recurso de geolocalização, aliada à pré-sincronização de rotas e credenciais, mostrou-se eficaz para o trabalho em campo, permitindo maior controle e precisão no acompanhamento das atividades dos agentes de saúde. Da mesma forma, a plataforma web possibilitou a análise centralizada das informações, oferecendo *dashboards* dinâmicos, gráficos interativos e ferramentas de gestão que ampliam a capacidade de planejamento das equipes.

Os testes iniciais realizados em campo confirmaram a viabilidade técnica da solução, demonstrando que a integração entre os módulos e a precisão da geolocalização atenderam às expectativas. No entanto, é importante destacar algumas limitações identificadas, como a dependência da qualidade do sinal de GPS em determinadas regiões e a necessidade de capacitação dos usuários para o pleno aproveitamento das funcionalidades disponibilizadas. Apesar dessas limitações, o sistema desenvolvido representa um avanço no estudo de tecnologias digitais aplicadas à saúde pública, possibilitando o aprimoramento do processo de vigilância epidemiológica atual com base na tecnologia já presente. O projeto abre espaço para futuras melhorias, como a ampliação das funcionalidades do aplicativo, a integração com bases de dados oficiais de saúde e a utilização de inteligência artificial para análise preditiva de surtos.

Dessa forma, conclui-se que a proposta apresentada contribui de forma significativa para a otimização do registro e análise de dados em programas de controle de arboviroses, reforçando a importância da adoção de soluções tecnológicas no enfrentamento de desafios complexos da saúde pública no Brasil.

Referências

(BRASIL), M. da S. *Ficha de Investigação - Dengue, Chikungunya e Zika*. 2016. Acessado em: 28 ago. 2025. Disponível em: <http://www.portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Agravos/Dengue/Ficha_DENGCHIK_FINAL.pdf>. Citado 3 vezes nas páginas 6, 7 e 25.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Painel de Monitoramento das Arboviroses*. 2024. Acesso em: 05 dez. 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/aedes-aegypti/monitoramento-das-arboviroses>>. Citado na página 13.

CAVALCANTE, M. P. R. et al. Análise geoespacial: um estudo sobre a dengue. *Acta Paulista de Enfermagem*, v. 26, n. 4, p. 360–368, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/appe/a/6GwJjq8d5dHGrSM9MCSDkXx/?format=pdf&lang=pt>>. Citado na página 15.

CODEÇO, C. T. et al. InfoDengue: a nowcasting system for the surveillance of dengue fever transmission. *bioRxiv*, Cold Spring Harbor Laboratory, p. 046193, 2016. Acesso em: 05 dez. 2025. Disponível em: <<https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/192cb1f9-54b0-4d2b-8980-f08023b6be08/content>>. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 18.

COSTA, L. de Assis Santos da; BOTELHO, N. M. Aplicativos móveis e a saúde pública brasileira: uma revisão integrativa. *Revista Conhecimento Online*, v. 12, n. 2, p. 1–18, 2020. Acesso em: 19 ago. 2025. Disponível em: <<https://periodicos.feevale.br/seer/index.php/revistaconhecimentoonline/article/view/2144/2655>>. Citado 10 vezes nas páginas 6, 7, 11, 13, 14, 19, 20, 21, 22 e 23.

CUNHA, H. S. et al. Water tank and swimming pool detection based on remote sensing and deep learning: Relationship with socioeconomic level and applications in dengue control. *PLOS ONE*, v. 16, n. 12, p. e0258681, 2021. Acesso em: 22 ago. 2025. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0258681>>. Citado na página 17.

DONATELI, C. P.; CAMPOS, F. C. de. Visualização de dados de vigilância das arboviroses urbanas transmitidas pelo aedes aegypti em minas gerais, brasil. *JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management*, v. 20, p. e20230003, 2023. Acesso em: 20 ago. 2025. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/jistm/a/VjDXD9bcKGsxXXVdSwNZ4kF/?lang=pt>>. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.

FERREIRA, M. R.; PEREIRA, G. de A. Utilização de painéis de indicadores (dashboards) na gestão pública brasileira: revisão integrativa. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, v. 23, n. 1, p. e8610, 2025. Citado 3 vezes nas páginas 16, 17 e 20.

FIOCRUZ. *MonitoreaCovid-19*. 2022. Acesso em: 05 dez. 2025. Disponível em: <<https://bigdata-covid19.iciet.fiocruz.br/>>. Citado na página 13.

JÚNIOR, F. N. B. et al. Distribuição espacial da dengue no município de mossoró, rio grande do norte, utilizando o sistema de informação geográfica. *Revista Brasileira de*

- Epidemiologia*, Associação Brasileira de Saúde Coletiva, v. 16, n. 3, p. 603–610, 2013. Acesso em: 25 ago. 2025. Citado 5 vezes nas páginas 15, 16, 19, 22 e 23.
- LIMA, G. A. et al. Sistema de visão computacional para identificação automática de potenciais focos do mosquito *aedes aegypti* usando drones. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, v. 43, p. 93–109, 2021. Acesso em: 22 ago. 2025. Disponível em: <<https://scielo.pt/pdf/rist/n43/1646-9895-rist-43-93.pdf>>. Citado na página 18.
- MOHR, E. T. B. et al. Aplicativo e-sus vacinação: uma tecnologia da estratégia e-sus aps para campanhas de vacinação do sistema Único de saúde. *Ciência Saúde Coletiva*, v. 30, n. 6, p. e02972025, 2025. Disponível em: <<https://www.scielo.org/article/csc/2025.v30n6/e02972025/pt/>>. Citado 6 vezes nas páginas 14, 19, 20, 21, 22 e 23.
- OUR WORLD IN DATA. *Mpox (Monkeypox) Data Explorer*. 2024. Acesso em: 05 dez. 2025. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/mpox>>. Citado na página 13.
- PAULO, S. de Saúde do Estado de S. *Dengue em São Paulo: casos e óbitos 2024*. São Paulo, 2024. Disponível em: <<https://brasil61.com/n/dengue-sp-lidera-ranking-com-2-1-mi-casos-em-2024-consulte-numeros-por-ufs-bras2413127/>>. Acesso em: 25 ago. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 18.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTA GROSSA. *Dashboard Dengue*. 2024. Acesso em: 05 dez. 2025. Disponível em: <<https://fms.pontagrossa.pr.gov.br/dengue-dashboard/inicio>>. Citado na página 13.
- RIBEIRO, A. F. et al. Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. *Revista de Saúde Pública*, v. 40, n. 4, p. 671–676, 2006. Acesso em: 27 ago. 2025. Disponível em: <<https://www.scielo.org/pdf/rsp/2006.v40n4/671-676/pt>>. Citado na página 15.
- SANTOS, A. de Fátima dos et al. Incorporação de tecnologias de informação e comunicação e qualidade na atenção básica em saúde no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 33, n. 5, p. e00172815, 2017. Acesso em: 25 ago. 2025. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/csp/v33n5/1678-4464-csp-33-05-e00172815.pdf>>. Citado na página 13.
- SAÚDE, B. M. da. *Ministério da Saúde divulga novos dados da dengue e demais arboviroses*. Brasília, 2024. Disponível em: <<https://www.apm.org.br/ministerio-da-saude-divulga-novos-dados-da-dengue-e-demais-arboviroses/>>. Acesso em: 25 ago. 2025. Citado na página 19.
- SECRETARIA DA SAÚDE DO RIO GRANDE DO SUL. *Painel de Casos de Dengue do RS*. 2024. Acesso em: 05 dez. 2025. Disponível em: <https://ti.saude.rs.gov.br/dengue/painel_de_casos.html>. Citado na página 13.
- VIANA, A. M. A. et al. Avaliação prospectiva sobre o uso de geoprocessamento no estudo de casos de dengue. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 6, p. e47711629563, 2022. Acesso em: 27 ago. 2025. Disponível em: <<https://www.rsjournal.org/rsd/article/view/29563/25417>>. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.

World Health Organization. *Comprehensive guidelines for prevention and control of dengue and dengue haemorrhagic fever*. Geneva: WHO, 2011. Acesso em: 25 ago. 2025. Disponível em: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44607/9789241564250_eng.pdf>. Citado na página 13.