VBE Hub: Arquitetura de um Hub de Integração de Sinais de Alerta para Vigilância em Saúde Pública

João Guilherme Silva Gomes
IFAM - Instituto Federal do Amazonas
Manaus, Brasil
2020003308@ifam.edu.br

Rogério Luiz Araújo Carminé
IFAM - Instituto Federal do Amazonas
Manaus, Brasil
rogerio.carmine@ifam.edu.br

***Abstract*—Public health surveillance faces the challenge of information source fragmentation, which can delay threat detection and outbreak response. This work proposes VBE Hub, an information system designed to act as an integration hub, centralizing alert signals on a single platform. The solution's distinguishing feature is its capacity to unify heterogeneous data, integrating not only informal media reports but also signals from other surveillance systems, including Community-Based Surveillance (CBS). The solution involves a decoupled services architecture, where a Python component performs data collection and preprocessing, sending qualified signals to a central Java API that manages the business logic. The main preliminary results are the system's architecture and a functional prototype, which aim to optimize the workflow of surveillance teams. This approach is expected to contribute to reducing response times to health events and strengthening the population's health protection capacity.**

***Keywords*—Event-Based Surveillance; Health Information Systems; Early Outbreak Detection; Epidemic Intelligence.**

***Resumo*—A vigilância em saúde pública enfrenta o desafio da fragmentação de fontes de informação, o que pode atrasar a detecção de ameaças e a resposta a surtos. Este trabalho propõe o VBE Hub, um sistema de informação concebido para atuar como um hub de integração, centralizando sinais de alerta em uma plataforma única. O diferencial da solução é a capacidade de unificar dados de natureza heterogênea, integrando não apenas relatos informais de mídias, mas também sinais de outros sistemas de vigilância, incluindo os de Vigilância de Base Comunitária (VBC). A solução envolve uma arquitetura de serviços desacoplados, onde um componente em Python realiza a coleta e o pré-processamento, enviando os sinais qualificados para uma API central em Java que gerencia a lógica de negócio. Como principais resultados preliminares, têm-se a arquitetura do sistema definida e o protótipo funcional, que visam otimizar o fluxo de trabalho das equipes de vigilância. Espera-se que esta abordagem contribua para a redução do tempo de resposta a eventos de saúde e para o fortalecimento da capacidade de proteção da saúde da população.**

***Palavras-chave*—Vigilância Baseada em Eventos; Sistemas de Informação em Saúde; Detecção Precoce de Surtos; Inteligência Epidêmica.**

I. INTRODUÇÃO

A detecção precoce e a resposta rápida a eventos que possam representar riscos à saúde pública são os pilares da vigilância epidemiológica. O Regulamento Sanitário Internacional (RSI) estabelece a obrigação dos Estados-Membros em desenvolver capacidades para detectar, avaliar e responder a emergências de saúde [1]. Neste cenário, a Vigilância Baseada em Eventos (VBE) surge como uma abordagem estratégica que utiliza informações não estruturadas para identificar surtos de forma ágil, complementando a vigilância tradicional [2]. Uma especificidade importante da VBE é a Vigilância de Base Comunitária (VBC), que engaja ativamente membros da comunidade na detecção e notificação de eventos de saúde, sendo crucial em contextos de acesso limitado ao sistema formal [3].

Contudo, a eficácia da vigilância a nível local é frequentemente limitada pela fragmentação dos sistemas de informação. As equipes de saúde lidam com uma diversidade de canais, que incluem desde plataformas de inteligência epidêmica, como a plataforma EIOS [4], até fontes informais como redes sociais [5] e dados da vigilância participativa, a exemplo da estratégia Guardiões da Saúde [6]. Essa dispersão de dados cria uma lacuna que dificulta a análise integrada e pode atrasar a tomada de decisão das equipes de saúde.

A lacuna central que este trabalho aborda é, portanto, a ausência de uma plataforma tecnológica unificada que permita a coleta, verificação e análise integrada desses múltiplos sinais de alerta. Para solucionar este problema, propõe-se o desenvolvimento do VBE Hub, um sistema de informação concebido para atuar como um ”hub de inteligência”, centralizando os sinais para otimizar o trabalho de análise e decisão para a vigilância local, utilizando o município de Manaus como um estudo de caso para o desenvolvimento e validação da solução. A principal contribuição deste artigo é a apresentação da arquitetura de software deste sistema, que combina tecnologias abertas para transformar o atual cenário de dados dispersos em um ecossistema de inteligência em saúde coeso e acionável.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

A operacionalização da VBE digital é suportada por diversos sistemas, que podem ser categorizados em plataformas de inteligência de alta confiança e sistemas de acesso aberto. O GPHIN, por exemplo, representa o modelo de inteligência curada por analistas humanos para fornecer alertas verificados a um público restrito, como governos e a OMS [7]. Em contraste, o HealthMap exemplifica o modelo de acesso aberto em larga escala, utilizando automação para democratizar a informação sobre surtos globais [8]. Mais recentemente, soluções como o Event Management System (EMS) do Africa CDC demonstram um modelo pragmático, focado em adaptar softwares existentes, como o DHIS2, para gerenciar o fluxo de trabalho de eventos em um contexto multinacional [9].

Apesar de suas forças, esses sistemas globais carecem da granularidade necessária para capturar focos localizados e não são projetados para integrar fontes de dados específicas de programas locais, como a estratégia de vigilância participativa Guardiões da Saúde [6]. Esta análise evidencia uma lacuna crítica entre a inteligência global e a ação de saúde pública local, justificando a proposta de um hub de integração que seja desenhado especificamente para o fluxo de trabalho e as necessidades da vigilância municipal.

III. A ARQUITETURA VBE HUB

A solução VBE Hub foi projetada com base em uma abordagem de serviços desacoplados com responsabilidades claras, permitindo que cada componente seja desenvolvido e escalado de forma independente. Esta arquitetura possibilita a utilização da tecnologia mais adequada para cada função, combinando a flexibilidade de linguagens de script para a manipulação de dados não estruturados com a robustez de ecossistemas consolidados para a lógica de negócio. A solução é composta por quatro componentes principais, conforme ilustrado na Figura 1.

A. Serviço de Ingestão e Processamento

Este componente, desenvolvido em Python, atua na coleta de dados de fontes externas (portais de notícias, redes sociais). Este serviço realiza um pré-processamento aplicando técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN) para extrair entidades, classificar a pertinência e formatar os dados como sinais qualificados que são enviados à API Central.

Para lidar com a heterogeneidade das fontes, o componente de ingestão é projetado para ser modular. Enquanto a coleta de dados de portais de notícias e redes sociais utiliza técnicas de web scraping, a integração com sistemas estruturados, como a plataforma EIOS e a estratégia Guardiões da Saúde, se dará por meio de conectores específicos. Estes conectores serão responsáveis por consumir dados via APIs, quando disponíveis, ou por processar exportações de dados em formatos padronizados (como CSV ou JSON), garantindo a flexibilidade necessária para que o hub se adapte a diferentes fontes de sinais de VBE e VBC.

B. API Central e Lógica de Negócio

Implementado em Java com o Framework Spring Boot, este componente é o núcleo do sistema, expondo uma API RESTful segura que centraliza a inteligência da aplicação. Suas responsabilidades incluem a gestão do fluxo de negócio dos alertas, validação de dados e o controle de acesso dos usuários.

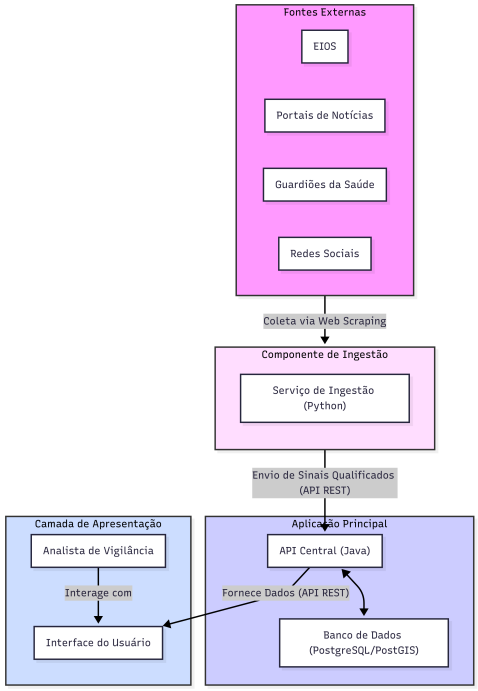


Fig. 1. Arquitetura do sistema.

C. Banco de Dados

Utilizando PostgreSQL, este componente é responsável pela persistência estruturada e confiável dos dados sobre alertas, usuários e registros de verificação. A extensão PostGIS é empregada para o armazenamento e gerenciamento de dados de localização geográfica, capacidade indispensável para as funcionalidades de mapeamento.

D. Interface do Usuário

A camada de apresentação (front-end), utilizando React, que consome os dados da API Central e os traduz em uma interface interativa para os técnicos de vigilância, utilizando dashboards, listas filtráveis e mapas interativos para facilitar a consciência situacional.

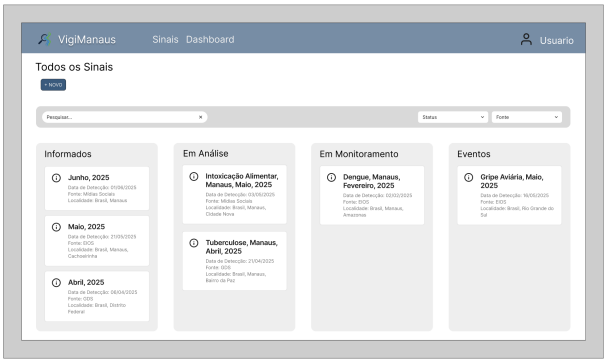
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho documenta a conclusão das fases de concepção, modelagem e desenvolvimento de um protótipo de alta fidelidade, que constitui uma prova de conceito funcional da arquitetura proposta. Os resultados tangíveis desta etapa são detalhados a seguir.

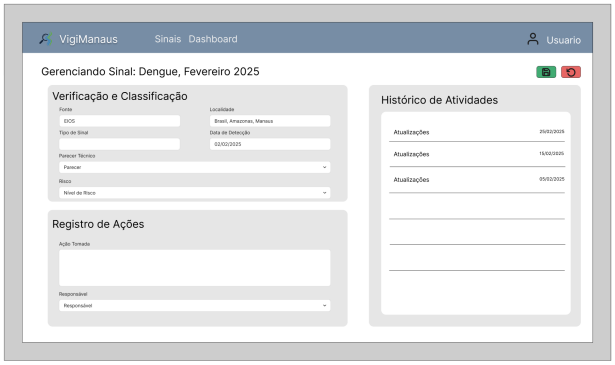
O primeiro resultado é a própria arquitetura do sistema, detalhada na seção anterior. Sua concepção modular e desacoplada é um resultado direto da análise dos requisitos de um ambiente com fontes de dados heterogêneas. O segundo resultado é um protótipo funcional de alta fidelidade (MVP), que valida o fluxo de trabalho proposto para a gestão de sinais, conforme ilustrado na Figura 2. A interface principal (Figura 2a) consiste em um painel interativo no estilo Kanban, onde os sinais são organizados em colunas que representam seu status (ex: ”Informados”, ”Em Análise”, ”Em Monitoramento”, ”Eventos”), permitindo que o analista de vigilância tenha uma visão clara do fluxo de trabalho. O protótipo também inclui telas para a verificação e classificação de um sinal específico (Figura 2b) e um dashboard com a visualização geoespacial dos alertas (Figura 2c), criando um fluxo de trabalho completo e rastreável.

A discussão destes resultados preliminares indica que a abordagem de um hub de integração é viável e promissora. A arquitetura proposta é robusta o suficiente para integrar diferentes tecnologias e escalável para futuras expansões. O protótipo da interface, por sua vez, demonstra o potencial de otimizar drasticamente o trabalho manual de monitoramento de múltiplos canais, permitindo que os analistas se concentrem na análise qualificada dos sinais, o que pode encurtar o tempo entre a detecção de uma ameaça e o início de uma resposta de saúde pública.

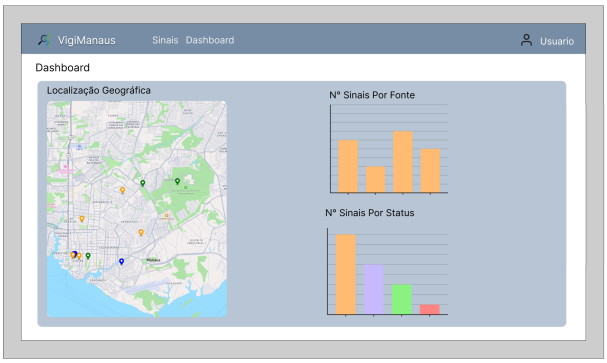
É importante reconhecer as limitações e os desafios práticos da implementação desta solução. A sustentabilidade da coleta de dados via web scraping depende da estabilidade estrutural dos websites-alvo, exigindo monitoramento e manutenção contínuos. Adicionalmente, a complexidade do Processamento de Linguagem Natural (PLN) para o contexto local, com suas gírias e especificidades, demandará um refinamento constante dos modelos de classificação para garantir a acurácia na triagem dos sinais. A integração com sistemas institucionais, por sua vez, dependerá da disponibilidade de APIs e da cooperação técnica, fatores que podem variar entre diferentes municípios.



(a) Painel de Sinais no estilo Kanban.



(b) Tela de Gerenciamento de um Sinal.



(c) Dashboard com visualização de dados.

Fig. 2. Protótipo de telas do sistema VBE Hub, demonstrando o fluxo de trabalho para gestão de sinais de alerta.

V. CONCLUSÃO

A vigilância em saúde no nível municipal enfrenta o desafio de integrar um complexo mosaico informacional para garantir uma resposta ágil a potenciais surtos. Os dados vêm de várias fontes, desde alertas epidemiológicos internacionais até relatos comunitários nas redes sociais, o que torna difícil fazer uma vigilância rápida e eficiente. Este artigo descreveu a arquitetura do VBE Hub, um sistema criado como uma ponte tecnológica que conecta o grande volume de dados brutos à inteligência operacional necessária para a tomada de decisões oportunas.

A principal contribuição deste estudo é a proposição de um

hub de integração efetivo para o contexto local, indo além da simples coleta de mídias. Os resultados iniciais — uma arquitetura de serviços independentes, sólida e adaptável, além de um protótipo funcional focado no fluxo de trabalho do analista — evidenciam a viabilidade de desenvolver uma ferramenta que capacita os profissionais de saúde, diminuindo a carga cognitiva da busca manual e focando na análise qualificada que pode antecipar surtos e salvar vidas.

Como continuidade do trabalho, pretende-se avaliar a aplicação da solução no contexto da vigilância em saúde do município de Manaus. Esta etapa de validação em um cenário real será fundamental para refinar a ferramenta, com o objetivo de que, futuramente, a solução possa ser evoluída e replicada para outros municípios no Brasil e no mundo, fortalecendo a vigilância em saúde de forma mais proativa, integrada e, acima de tudo, mais humana.

Agradecimentos

Este artigo é resultado do Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento ARANOUÁ financiado pela Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda (SEDA) nos termos da Lei Federal no 8.387/1991, em conformidade com o art. 21 do Decreto no 10.521/2020.

Referências

[1] WORLD HEALTH ORGANIZATION, *International Health Regulations (2005)*, 3rd ed. Geneva: WHO, 2016.

[2] S. A. Balajee *et al.*, "The practice of event-based surveillance: concept and methods," *Global Security: Health, Science and Policy*, vol. 6, no. 1, pp. 1–9, 2021.

[3] "Vigilância e resposta integrada às doenças na região africana: Guia para criar um sistema de vigilância de base comunitária," Organização Mundial da Saúde, Escritório Regional para a África (OMS/AFRO), Brazzaville, Tech. Rep., 2014, disponível em: https://www.afro.who.int/sites/default/files/2017-06/guia-sobre-vigilancia-e-resposta-integrada-102014_0.pdf. Acessado em: 19 de agosto de 2025.

[4] WORLD HEALTH ORGANIZATION, "The epidemic intelligence from open sources initiative," https://www.who.int/initiatives/eios, Geneva, 2024, acessado em: 19 de agosto de 2025.

[5] M. Keller *et al.*, "Use of unstructured event-based reports for global infectious disease surveillance," *Emerging Infectious Diseases*, vol. 15, no. 5, pp. 689–695, 2009.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROFISSIONAIS DE EPIDEMOLOGIA DE CAMPO (ProEpi), "Guardiões da saúde - líderes comunitários," https://proepi.org.br/guardioes-lideres/, 2022, acessado em: 19 de agosto de 2025.

[7] GOVERNMENT OF CANADA, "About gphin," https://gphin.canada.ca/cepr/aboutgphin-rmispenbref.jsp?language=en_CA, 2023, acessado em: 19 de agosto de 2025.

[8] J. S. Brownstein *et al.*, "Surveillance sans frontières: Internet-based emerging infectious disease intelligence and the healthmap project," *PLoS Medicine*, vol. 5, no. 7, p. e151, 2008.

[9] K. Mercy *et al.*, "Establishing an early warning event management system at africa cdc," *PLOS Digital Health*, vol. 3, no. 7, p. e0000546, 2024.