REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 29/08/2026 - **Accepted:** 01/10/2026
**Vol**: 13.21
**DOI**: 10.66104/566v8n86
**Pages:** 1-17

# APLICAÇÃO DE BIG DATA NA SAÚDE OCUPACIONAL: PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DE DADOS VACINAIS PARA MONITORAMENTO E APOIO À DECISÃO EM AMBIENTES CORPORATIVOS

# APPLICATION OF BIG DATA IN OCCUPATIONAL HEALTH: PROPOSAL FOR INTEGRATING VACCINATION DATA FOR MONITORING AND DECISION SUPPORT IN CORPORATE ENVIRONMENTS

# APLICACIÓN DE BIG DATA EN LA SALUD OCUPACIONAL: PROPUESTA DE INTEGRACIÓN DE DATOS DE VACUNACIÓN PARA EL MONITOREO Y APOYO A LA TOMA DE DECISIONES EN ENTORNOS CORPORATIVOS

**Adriana de Carvalho Tavares**
Graduanda em Sistemas de Informação
Universidade CEUMA, Brasil
E-mail: adriana.tavares1971@gmail.com

**Max Silva Caldas**
Pós-graduando em Engenharia de Segurança do Trabalho
Faculdade Anhanguera, Brasil
E-mail: max.caldas@hotmail.com

**Yonara Costa Magalhaes**
Mestra em Engenharia de Eletricidade
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
E-mail: yonara.magalhaes@hotmail.com

## Resumo

A gestão da imunização ocupacional em ambientes corporativos enfrenta gargalos devido à fragmentação dos dados e à dependência de processos manuais, dificultando o monitoramento contínuo do status vacinal dos colaboradores. Este trabalho tem como objetivo projetar e especificar uma arquitetura de software distribuída para integração de sistemas corporativos de saúde ocupacional com a Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS) do DATASUS, utilizando o padrão HL7 FHIR R4 e o Modelo de Informação do Registro de Imunobiológico Administrado (RIA). A metodologia emprega um pipeline de dados baseado na arquitetura Data Lakehouse em Camadas Medalhão (Bronze, Prata e Ouro), um API Gateway equipado com Firewall Ético e controle de acesso RBAC para conformidade com a LGPD, além de um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) com inteligência preditiva. Os resultados demonstram a viabilidade de automação do monitoramento populacional por meio do cálculo computacional do Índice de Imunidade Coletiva Setorial (IICS), da Matriz de Risco Biológico Cruzado (MRBC) e de modelos de Machine Learning (XGBoost) para predição de absenteísmo. Conclui-se que a solução proposta elimina inconsistências operacionais, reduz latências e assegura governança e segurança no tratamento de dados sensíveis de saúde.

**Palavras-chave:** Saúde Ocupacional; Interoperabilidade; HL7 FHIR; Big Data; LGPD.



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 29/08/2026 - **Accepted:** 01/10/2026
**Vol**: 13.21
**DOI**: 10.66104/566v8n86
**Pages:** 1-17

## Abstract

Managing occupational immunization in corporate environments faces bottlenecks due to data fragmentation and reliance on manual processes, hindering the continuous monitoring of employees' vaccination status. This study aims to design and specify a distributed software architecture to integrate corporate occupational health systems with DATASUS's National Health Data Network (RNDS), utilizing the HL7 FHIR R4 standard and the Administered Immunobiological Record (RIA) information model. The methodology employs a data pipeline based on the Medallion Architecture (Bronze, Silver, and Gold layers) for a Data Lakehouse; an API Gateway equipped with an Ethical Firewall and Role-Based Access Control (RBAC) to ensure LGPD compliance; and a Decision Support System (DSS) featuring predictive intelligence. Results demonstrate the feasibility of automating population-level monitoring through the computational calculation of the Sectoral Herd Immunity Index (IICS) and the Cross-Biological Risk Matrix (MRBC), alongside Machine Learning models (XGBoost) for predicting absenteeism. The study concludes that the proposed solution eliminates operational inconsistencies, reduces latency, and ensures governance and security in the processing of sensitive health data.

**Keywords:** Occupational Health; Interoperability; HL7 FHIR; Big Data; LGPD.

## Resumen

La gestión de la inmunización laboral en entornos corporativos enfrenta cuellos de botella debido a la fragmentación de los datos y a la dependencia de procesos manuales, lo que dificulta el seguimiento continuo del estado de vacunación de los colaboradores. Este trabajo tiene como objetivo diseñar y especificar una arquitectura de software distribuida para integrar los sistemas corporativos de salud ocupacional con la Red Nacional de Datos de Salud (RNDS) de DATASUS, utilizando el estándar HL7 FHIR R4 y el Modelo de Información del Registro de Inmunobiológico Administrado (RIA). La metodología emplea un flujo de datos (pipeline) basado en la arquitectura Data Lakehouse con capas tipo "Medallón" (Bronce, Plata y Oro), una puerta de enlace API (API Gateway) equipada con cortafuegos ético y control de acceso basado en roles (RBAC) para cumplir con la LGPD, además de un Sistema de Apoyo a la Decisión (SAD) con inteligencia predictiva. Los resultados demuestran la viabilidad de automatizar el monitoreo poblacional mediante el cálculo computacional del Índice de Inmunidad Colectiva Sectorial (IICS), la Matriz de Riesgo Biológico Cruzado (MRBC) y modelos de aprendizaje automático (XGBoost) para predecir el ausentismo. Se concluye que la solución propuesta elimina inconsistencias operativas, reduce la latencia y garantiza la gobernanza y la seguridad en el tratamiento de datos de salud sensibles.

**Palabras clave:** Salud ocupacional; Interoperabilidad; HL7 FHIR; Big Data; LGPD.

## 1. Introdução

### 1.1 O problema tecnológico da fragmentação de dados na saúde ocupacional

Com a Transformação Digital e a Indústria 4.0, ocorreu uma redefinição da infraestrutura de TI corporativa, impulsionando a convergência de sistemas computacionais. No entanto, sistemas de ERP e de Saúde Ocupacional (como o RM TOTVS) frequentemente operam como um conjunto de processos isolados, sem conexão direta com plataformas públicas de saúde. A gestão e o controle da imunização de colaboradores em grandes corporações historicamente têm sido



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 29/08/2026 - **Accepted:** 01/10/2026
**Vol**: 13.21
**DOI**: 10.66104/566v8n86
**Pages:** 1-17

realizados de forma manual, por meio da verificação física de cartões de vacina e posterior transcrição para fichas físicas, planilhas ou sistemas descentralizados. Segundo dados da Associação Brasileira de Medicina Diagnóstica (ABRAMED, 2024), a elevada demanda por exames no cenário nacional evidência que o controle e a integração eficiente de dados clínicos são fundamentais para evitar gargalos operacionais e retrabalho nas instituições de saúde.

Como apontam Ramos et al. (2026), a verdadeira transformação digital não se resume à simples digitalização do estado atual (as is), o que apenas automatizaria ineficiências históricas. Em vez disso, impõe-se a reimaginação do estado futuro (to be), eliminando gargalos operacionais e acoplando decisões algorítmicas e automatizadas aos fluxos de trabalho.

A adoção dessa abordagem analógica acarreta limitações computacionais e elevado esforço operacional:

- Inconsistências de Dados: Elevada probabilidade de erros decorrentes de digitação manual, duplicidade de cadastros e ausência de padronização semântica.
- Latência da Informação: Dados persistentemente desatualizados, impossibilitando a identificação tempestiva da vulnerabilidade imunológica das equipes.
- Alto Custo de Ingestão: Necessidade contínua de alocação de recursos tecnológicos e equipes médicas para o processamento manual de documentos não estruturados e, frequentemente, ilegíveis.

### 1.2 A necessidade de interoperabilidade padrão HL7 FHIR e Big Data

Para mitigar esses gargalos, torna-se necessário projetar uma arquitetura de software distribuída e orientada a eventos, alinhada aos padrões internacionais de interoperabilidade em saúde. A consolidação da Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS) pelo Ministério da Saúde/DATASUS estabeleceu um barramento nacional de integração fundamentado na especificação Fast Healthcare Interoperability Resources (HL7 FHIR R4).



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 29/08/2026 - **Accepted:** 01/10/2026
**Vol**: 13.21
**DOI**: 10.66104/566v8n86
**Pages:** 1-17

A utilização de pipelines modernos de dados (ETL/ELT), armazenamento sob a arquitetura Data Lakehouse e algoritmos de Machine Learning permite transformar cargas brutas provenientes do DATASUS em modelos preditivos de vigilância epidemiológica e controle ocupacional corporativo.

### 1.3 Objetivos da Proposta Tecnológica

Este trabalho tem como objetivo primário especificar e projetar a arquitetura de software, a modelagem de dados e a infraestrutura de processamento para integrar sistemas corporativos de saúde com a RNDS do DATASUS, com foco nos seguintes componentes tecnológicos:

- Especificação de Protocolos e Schemas: Definir contratos de interface RESTful e o mapeamento de atributos do recurso FHIR Immunization com base na Portaria Conjunta SAES/SVSA/SEIDIGI nº 25/2023 (Registro de Imunobiológico Administrado - RIA).
- Arquitetura de Ingestão e Processamento Distribuído: Desenhar um pipeline assíncrono em nuvem (Data Lakehouse) organizado em Camadas Medalhão (Bronze, Prata e Ouro) para ingestão em escala.
- Engenharia de Segurança e Privacidade: Projetar um API Gateway com Firewall Ético e controle de acesso baseado em papéis (RBAC) para garantir estrita conformidade com a LGPD (Lei nº 13.709/2018).
- Sistema de Apoio à Decisão e Motores Algorítmicos: Desenvolver a lógica computacional do pipeline para cálculo do Índice de Imunidade Coletiva Setorial (IICS) e da Matriz de Risco Biológico Cruzado (MRBC).

## 2. Interoperabilidade e modelagem computacional no padrão DATASUS/FHIR

### 2.1 A estrutura da RNDS e o recurso HL7 FHIR Immunization

A RNDS funciona como uma plataforma de transição e troca de dados em saúde estruturada sobre serviços web RESTful. O padrão HL7 FHIR R4 utiliza recursos modulares representados nos formatos JSON ou XML. No escopo do



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 29/08/2026 - **Accepted:** 01/10/2026
**Vol**: 13.21
**DOI**: 10.66104/566v8n86
**Pages:** 1-17

evento vacinal, o recurso Immunization é empregado para encapsular todas as propriedades da aplicação do imunobiológico.

### 2.2 O Modelo de Informação do Registro de Imunobiológico Administrado (RIA)

A Portaria Conjunta SAES/SVSA/SEIDIGI nº 25/2023 formalizou o Modelo de Informação do Registro de Imunobiológico Administrado (RIA), desdobrado pelo DATASUS nas especificações de Rotina (RIA-R) e Campanha (RIA-C). Conforme normatizado, "Esta Portaria estabelece o Modelo de Informação para o Registro de Imunobiológico Administrado" (BRASIL, 2023). Esse modelo exige validações sintáticas e semânticas rigorosas, vinculando seus atributos a Repositórios de Terminologias em Saúde (RTS):

- Identificador do Paciente: CPF ou CNS representado no atributo patient.identifier.
- Identificador do Estabelecimento: Código CNES do estabelecimento aplicador em performer.actor.
- Código do Imunobiológico: Codificação na tabela BRImunobiologico (mapeada para CVX e SNOMED CT).
- Rastreabilidade e Temporalidade: Data e hora em formato ISO 8601 UTC (occurrenceDateTime), número do lote (lotNumber) e sequência da dose (protocolApplied.doseNumberString).

### 2.3 Contrato de Interface JSON (Payload FHIR R4 / DATASUS)

Abaixo apresenta-se um exemplo de payload JSON estruturado de acordo com as especificações do RIA/DATASUS para consumo pelas APIs do pipeline de dados:

```
{
  "resourceType": "Immunization",
  "id": "ria-ocupacional-2024-0092",
  "meta": {
    "profile": [
      "rnds-fhir.saude.gov.br/StructureDefinition/br-
registroimunobiologicoadministradorotina-2.0"
    ]
  },
  "status": "completed",
  "vaccineCode": {
```



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 29/08/2026 - **Accepted:** 01/10/2026
**Vol**: 13.21
**DOI**: 10.66104/566v8n86
**Pages:** 1-17


```
      "coding": [
        {
          "system": "rnds-fhir.saude.gov.br/CodeSystem/BRImunobiologico",
          "code": "86",
          "display": "Vacina Influenza Trivalente"
        }
      ]
    },
    "patient": {
      "identifier": {
        "system": "rnds-fhir.saude.gov.br/sid/cpf",
        "value": "12345678900"
      }
    },
    "occurrenceDateTime": "2024-05-10T11:20:00.000Z",
    "primarySource": true,
    "lotNumber": "LOT-INF-2024X",
    "expirationDate": "2024-11-30",
    "performer": [
      {
        "actor": {
          "identifier": {
            "system": "rnds-fhir.saude.gov.br/sid/cnes",
            "value": "2708812"
          }
        }
      }
    ],
    "protocolApplied": [
      {
        "doseNumberString": "1"
      }
    ]
  }
```


## 2.4 Mapeamento Tecnológico de Atributos

A Tabela 1 detalha o mapeamento do objeto JSON do DATASUS e seus atributos do padrão HL7 FHIR / RIA para o esquema de banco de dados relacional do ERP RM TOTVS.

**Tabela 1: Mapeamento de atributos FHIR/RIA para o Banco de Dados do ERP RM TOTVS**

| Atributo JSON/FHIR (RIA/DATASUS) | Tipo de Dado Computacional | Campo Relacional (RM TOTVS DB) | Regra de Negócio e Validação de Engenharia |
|---|---|---|---|
| patient.identifier.value | String (11 chars) | PPESOA.CPF | Chave de junção biunívoca com a tabela de empregados. |
| performer.actor.identifier.value | String (7 chars) | ZMDVACINA.CNES | Validação do CNES ativo no Cadastro Nacional de Estabelecimentos. |



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 29/08/2026 - **Accepted:** 01/10/2026
**Vol**: 13.21
**DOI**: 10.66104/566v8n86
**Pages:** 1-17

| | | | |
|---|---|---|---|
| vaccineCode.coding.code | String (3-5 chars) | ZMDVACINA.RNDS | Mapeamento no repositório BRImunobiologico para o de-para interno do PCMSO. |
| occurrenceDateTime | Timestamp (ISO 8601 UTC) | ZMDCONTROLEVACINA.DATA | Conversão para Fuso Horário Local e cálculo de janela de imunidade. |
| lotNumber | String (Varchar 30) | ZMDCONTROLEVACINA.LOTE | Indexação para rastreabilidade de Eventos Adversos Pós-Vacinação (EAPV). |
| protocolApplied.doseNumberString | String (1 char) | ZMDCONTROLEVACINA.DOSE | Validação de doses (1=D1, 2=D2, 3=D3, R=Reforço, 9=Dose Única). |
| status | Enum (completed, not-done) | ZMDCONTROLEVACINA.STATUS | Filtro de consistência (processar apenas registros completed). |

Fonte: autores (2026)

## 3. Arquitetura de Software e Pipeline de Engenharia de Dados

### 3.1 Visão Geral da Arquitetura de Microsserviços e Mensageria

A solução foi projetada sob uma arquitetura orientada a serviços distribuídos (Microservices Architecture), desacoplada por um barramento de eventos assíncronos (Event-Driven Architecture via Apache Kafka / RabbitMQ). A infraestrutura organiza-se em quatro camadas principais:

1. Camada de Ingestão e Conectividade (mTLS Gateway):

- Protocolos: Requisições HTTPS via RESTful API.
- Segurança: Autenticação mTLS (Mutual TLS) com certificado ICP-Brasil (PJ A3/HSM) e autorização OAuth2 com tokens JWT.
- Estratégia de Ingestão e Rate Limiting: Ingestão via Batch Polling programado ou Webhooks. O mTLS Gateway gerencia filas com escalonamento dinâmico para respeitar as políticas de restrição de requisições (rate limits) e cotas da API RNDS.

2. Camada de Transformação e ETL (Apache Spark):



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 29/08/2026 - **Accepted:** 01/10/2026
**Vol**: 13.21
**DOI**: 10.66104/566v8n86
**Pages:** 1-17

- Engine: Cluster Apache Spark para parsing sintático e validação concorrente dos arquivos JSON.
- Integridade e Deduplicação: Aplicação de de-para semântico de terminologias e tratamento de substituições via chave relatesTo.

3. Armazenamento Data Lakehouse (Camadas Medalhão):

- Bronze Layer (Raw Zone): Registros JSON brutos para auditabilidade técnica.
- Silver Layer (Trusted Zone): Dados estruturados e deduplicados em formato colunar Apache Parquet.
- Gold Layer (Analytics Zone): Tabelas agregadas com métricas populacionais e indicadores preditivos.

4. Camada de Aplicação, Ethical Firewall e SAD:

**Figura 1: Diagrama da arquitetura de ingestão e pipeline de dados**




Fonte: autores (2026)

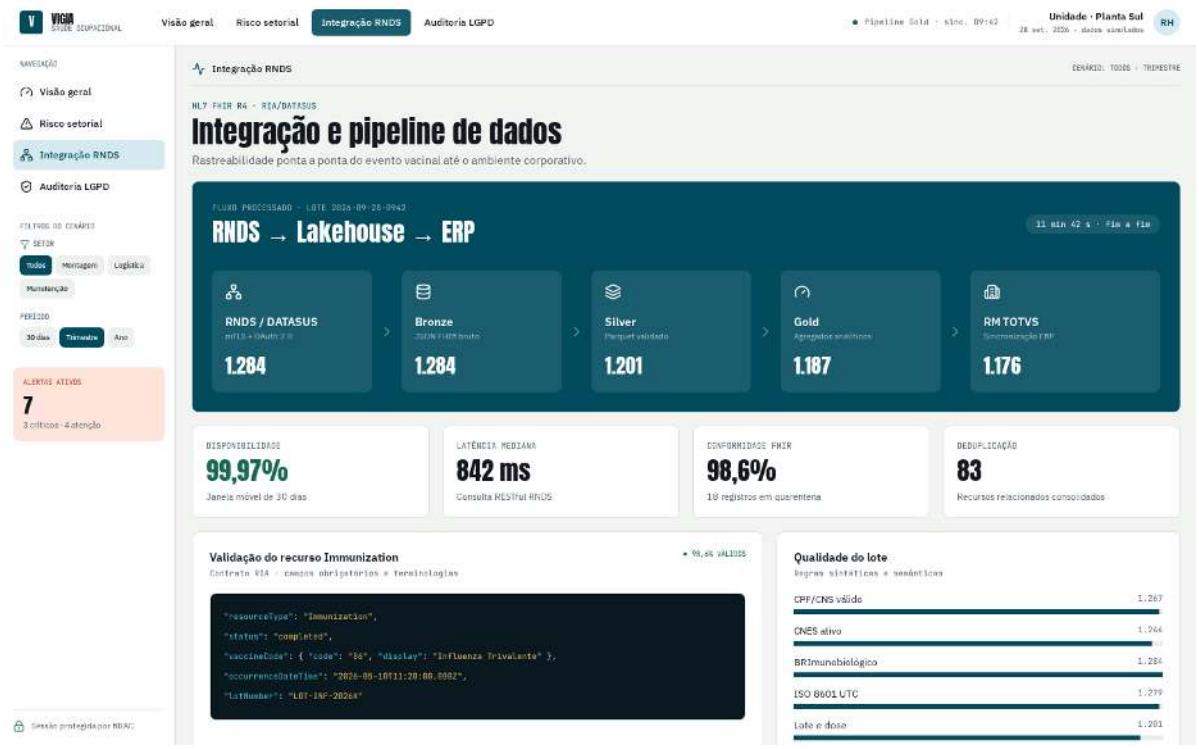


CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 29/08/2026 - **Accepted:** 01/10/2026
**Vol**: 13.21
**DOI**: 10.66104/566v8n86
**Pages:** 1-17

**Figura 2: Dashboard de integração RNDS e qualidade do pipeline**




Fonte: autores (2026)

Interligação com o ERP RM TOTVS por rotas protegidas em API Gateway.

Separação estrita entre a visão do Prontuário Médico Eletrônico Ocupacional e o módulo de gestão administrativa.

## 4. Engenharia do Firewall Ético e Controle de Acesso (RBAC)

### 4.1 Cumprimento da LGPD e privacidade desde o começo

O processamento de dados vacinais engloba o tratamento de dados pessoais sensíveis de saúde (Art. 5º, II da Lei nº 13.709/2018 - LGPD). A gestão de saúde corporativa evoluiu para além de obrigações passivas, pois, segundo Pauli (2026), "a mudança vai além do operacional: ela amplia o papel do empregador dentro da relação de trabalho", inserindo a empresa na promoção ativa da saúde. Nesse sentido, a implementação do controle vacinal deve observar os preceitos do Relatório de Impacto à Proteção de Dados Pessoais (RIPD), assegurando que o tratamento de dados sensíveis ocorra estritamente sob as hipóteses legais de tutela da saúde e



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 29/08/2026 - **Accepted:** 01/10/2026
**Vol**: 13.21
**DOI**: 10.66104/566v8n86
**Pages:** 1-17

cumprimento de obrigação legal (BETEL SERVIÇOS, 2025; SST SEGURA, 2023). A arquitetura adota os princípios de Privacy by Design, assegurando que as bases legais de Tutela da Saúde e Cumprimento de Obrigação Legal (Art. 11, II, "a" e "f") sejam rigorosamente observadas sem desvio de finalidade.

### 4.2 Matriz de Permissões (RBAC Matrix)

A Matriz de Permissões mostra o que cada papel pode fazer em diferentes partes do sistema. Cada linha mostra um papel. Cada coluna mostra um recurso ou uma ação. Usar essa matriz ajuda a controlar quem pode acessar o sistema e a proteger informações importantes. A tabela abaixo traz um exemplo de matriz de permissões para três papéis: Administrador, Usuário e Convidado.

**Tabela 2: Matriz de Permissões**

| Perfil | Ler Dados | Criar Dados | Editar Dados | Excluir Dados |
|---|---|---|---|---|
| Administrador | Sim | Sim | Sim | Sim |
| Usuário | Sim | Sim | Sim | Não |
| Convidado | Sim | Não | Não | Não |

Fonte: autores (2026)

Essa estrutura ajuda a gerenciar as permissões. Também fica mais fácil revisar e alterar as regras de acesso quando necessário. SMT (Médicos e Enfermeiros do Trabalho):

- Acesso. Leitura e escrita do nome nos prontuários clínicos e nos históricos vacinais completos do colaborador.
- Finalidade. Avaliação para diagnóstico. Emissão do ASO. Chamada para campanhas de vacinação. e Gestores Operacionais:
- Acesso. Só acesso. Você só pode ler dados anônimos e informações sobre grupos populacionais. A política usa k-anonymity com k igual ou maior que 5. Monitore a cobertura vacinal em cada unidade produtiva.
- Interface Mostra apenas o status formal do ASO: "Apto" ou "Inapto".

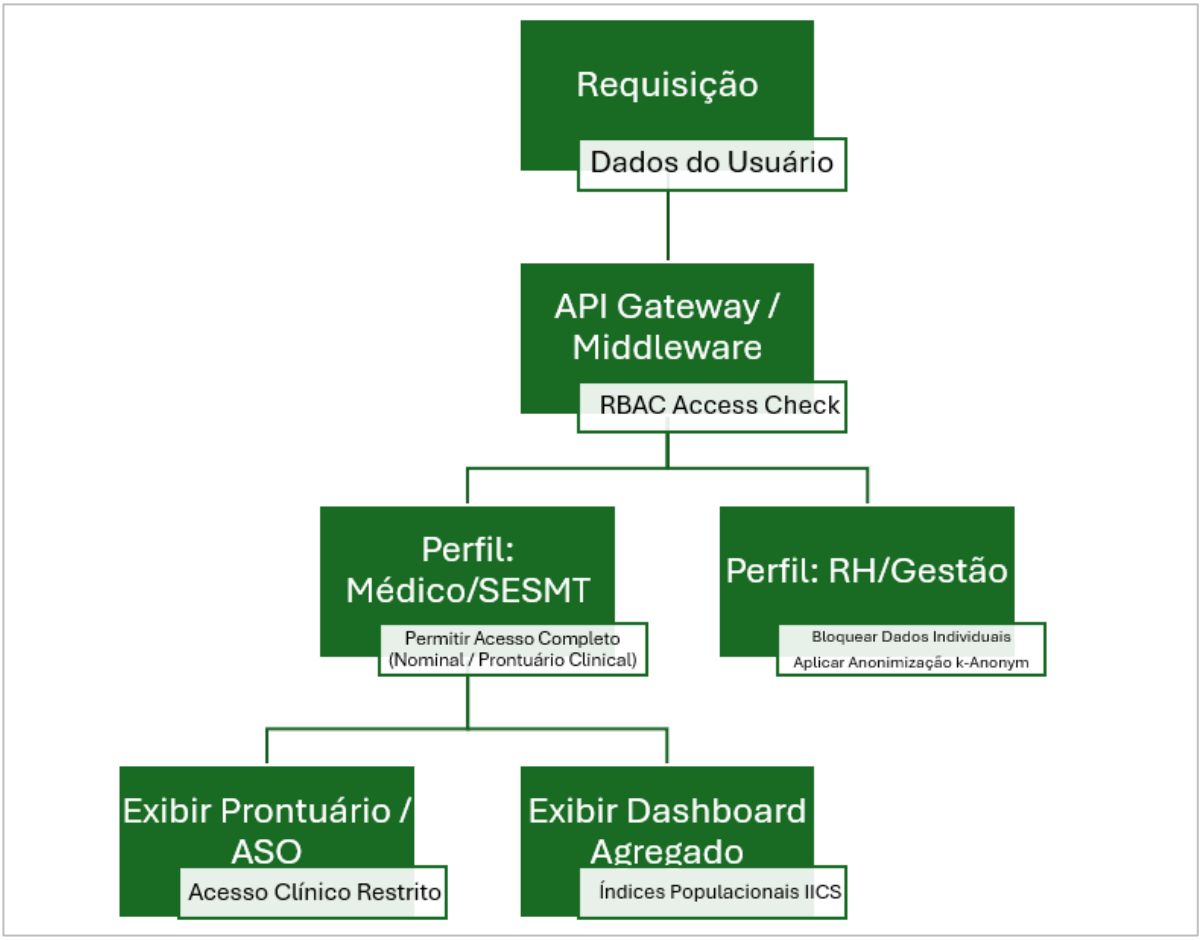


CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 29/08/2026 - **Accepted:** 01/10/2026
**Vol**: 13.21
**DOI**: 10.66104/566v8n86
**Pages:** 1-17

**Figura 3: Fluxograma de decisão do Firewall Ético e verificação RBAC**




Fonte: autores (2026)

### 4.3 Registro de auditoria

O sistema registra todas as ações dos usuários em um log de auditoria. Esse registro mostra a data, a hora, a identificação do usuário e a operação realizada. Os dados do log são protegidos por criptografia durante o armazenamento e o envio. Só pessoas autorizadas podem ver ou acessar essas informações. O sistema também utiliza algoritmos de criptografia amplamente adotados no setor para garantir a segurança dos dados em repouso. Usa TLS 1.3 para criptografar o tráfego. O AES-256-GCM protege os dados quando estão em repouso. Quando estão em repouso.

Trilha de auditoria que não pode ser alterada. Registro permanente de consultas com hash SHA-256, ID do usuário, data e hora em UTC e IP de origem.

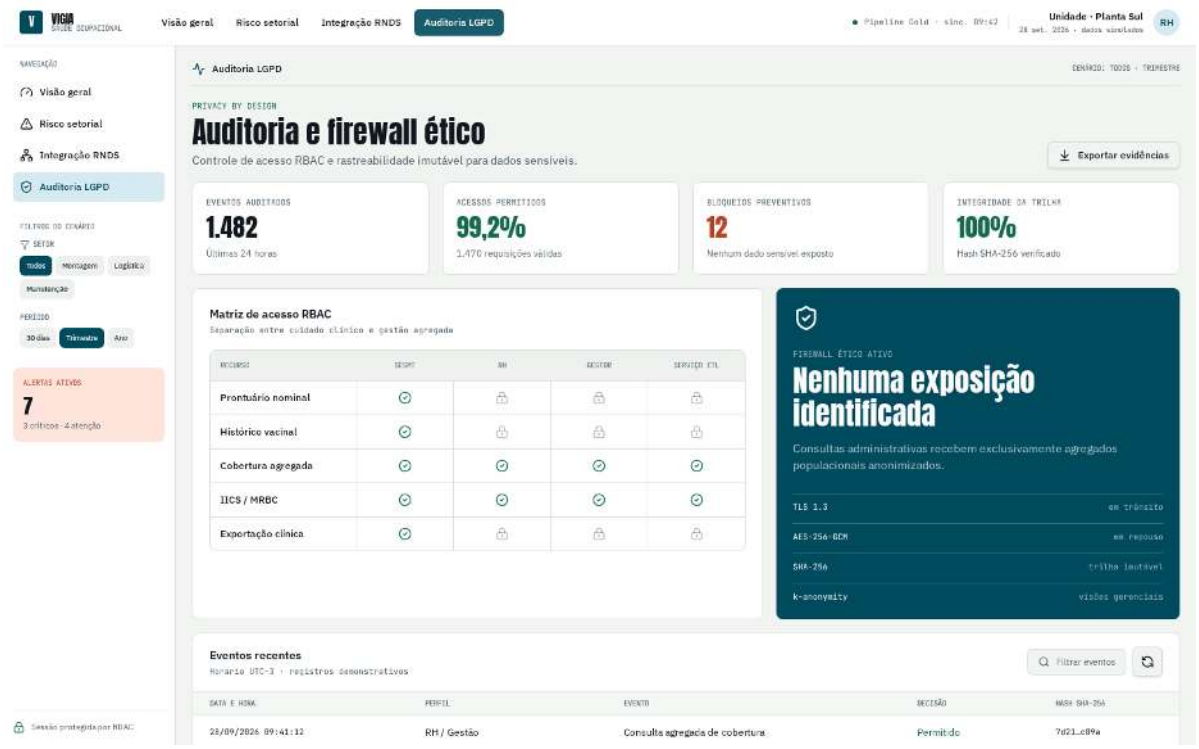


CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 29/08/2026 - **Accepted:** 01/10/2026
**Vol**: 13.21
**DOI**: 10.66104/566v8n86
**Pages:** 1-17

**Figura 4: Painel de auditoria LGPD e matriz de acesso RBAC**




Fonte: autores (2026)

## 5. Sistema de Apoio à Decisão (SAD) e Motores Preditivos

### 5.1 Pipeline do Módulo de Imunidade Coletiva Setorial (IICS)

O Sistema de Apoio à Decisão (SAD) executa rotinas na camada Gold do Data Lakehouse para calcular o Índice de Imunidade Coletiva Setorial (IICS). O cálculo pondera o status vacinal individual pelo fator de risco ocupacional do posto de trabalho cadastrado no PGR (NR-1):

$$IICS_s = \left( \sum (w_i \cdot c_i) / \sum w_i \right) \cdot 100$$

Onde:

- $N_s$: Total de colaboradores alocados no setor s.
- $w_i$: Fator de peso do risco biológico do posto do colaborador i (peso entre 1 e 5, conforme a matriz de severidade do PGR).
- $c_i$: Flag binária de conformidade vacinal do colaborador i ($c_i = 1$ para esquema vacinal completo e válido no PCMSO; $c_i = 0$ caso contrário).



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 29/08/2026 - **Accepted:** 01/10/2026
**Vol**: 13.21
**DOI**: 10.66104/566v8n86
**Pages:** 1-17

Se o IICS_s permanecer abaixo da meta epidemiológica definida, um evento é disparado no barramento para notificação exclusiva da equipe médica do SESMT.

A captura de valor no uso de inteligência analítica decorre da capacidade de 'engenharia de decisão', na qual recomendações e modelos preditivos alimentam decisões automatizadas ou semiautomatizadas, como na projeção de riscos epidemiológicos e mitigação de absenteísmo no ambiente corporativo (RAMOS et al., 2026).

### 5.2 Estrutura do Processador de Risco Biológico Cruzado (MRBC)

O Processador de Risco Biológico Cruzado executa o cruzamento entre o nível de exposição ambiental do setor e a vulnerabilidade da equipe:

$$MRBC_{s,p} = R_{s,p} \cdot ( 1 - (IICS_{s,p} / 100) )$$

Onde R_{s,p} representa o grau de risco do patógeno p no setor s, e IICS_{s,p} é a cobertura imunológica específica para esse patógeno. Os resultados alimentam heatmaps em tempo real para priorização de intervenções pelo SESMT.

**Figura 5: Heatmap da Matriz de Risco Biológico Cruzado (MRBC)**
Fonte: autores (2026)

### 5.3 Pipeline de Machine Learning para Predição de Absenteísmo

O SAD engloba um modelo preditivo baseado no algoritmo XGBoost Regressor para projetar taxas de absenteísmo por afecções respiratórias nas semanas subsequentes.

- Feature Store: Integração de séries históricas de atestados (CID respiratório), cobertura vacinal do setor, dados de vigilância epidemiológica regional e variáveis meteorológicas (temperatura e umidade).
- Validação do Modelo: O modelo é avaliado utilizando validação cruzada temporal (Time-Series Split). As métricas de desempenho adotadas são o Erro Quadrático Médio Raiz (RMSE), o Erro Absoluto Médio (MAE) e o Coeficiente de Determinação ($R^2$).



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 29/08/2026 - **Accepted:** 01/10/2026
**Vol**: 13.21
**DOI**: 10.66104/566v8n86
**Pages:** 1-17

**Figura 6: Dashboard do SAD com indicadores IICS e previsão de absenteísmo**




Fonte: autores (2026)

## 5.4 Comparação Tecnológica de Arquitetura

A Tabela 2 apresenta a comparação entre o modelo tradicional, o manual e a solução sugerida. Essa solução utiliza Big Data e RNDS/FHIR.

**Tabela 3: Comparativo tecnológico entre o modelo legado e a arquitetura proposta**

| Métrica / Dimensão Técnica | Arquitetura Legada / Processo Manual | Solução Proposta (Big Data & RNDS/FHIR) |
|---|---|---|
| Padrão de Integrabilidade | Ausente (Planilhas e arquivos CSV/XLSX manuais). | HL7 FHIR R4 / APIs RESTful padronizadas. |
| Latência de Sincronização | D+30 a D+180 dias (Restrito à época dos exames). | Sub-segundo a poucas horas (Processamento contínuo). |
| Arquitetura de Banco de Dados | Relacional Monolítico (RDBMS isolado). | Data Lakehouse Distribuído (Bronze/Prata/Ouro). |
| Mecanismo de Segurança | Permissões básicas em nível de aplicação. | API Gateway com Firewall Ético, mTLS e RBAC. |
| Perfil Analítico | Relatórios estáticos retrospectivos. | Modelagem preditiva (Machine Learning & SAD). |
| Auditabilidade LGPD | Rastreamento complexo e ineficiente. | Criptografia AES-256 e Audit Trail com Hash SHA-256. |

Fonte: autores (2026)



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 29/08/2026 - **Accepted:** 01/10/2026
**Vol**: 13.21
**DOI**: 10.66104/566v8n86
**Pages:** 1-17

## 6. Conclusão e Próximos Passos

A arquitetura tecnológica proposta demonstra a viabilidade e a eficácia da integração automatizada entre os Sistemas de Informação em Saúde Ocupacional e a RNDS/DATASUS. A adoção do padrão HL7 FHIR R4 e do Modelo de Informação do Registro de Imunobiológico Administrado (RIA), respaldados pela Portaria Conjunta SAES/SVSA/SEIDIGI nº 25/2023, estabelece um ecossistema interoperável e escalável para o ambiente corporativo.

A implementação do pipeline em camadas (Data Lakehouse) acoplado a um API Gateway equipado com Firewall Ético garante a conformidade com a LGPD. Dados sensíveis permanecem restritos ao âmbito clínico do SESMT, enquanto a gestão gerencial recebe indicadores agregados e inteligência preditiva.

Recomenda-se para trabalhos futuros:

- O desenvolvimento de adaptadores OpenAPI genéricos para integração plug-and-play com múltiplos sistemas de ERP de mercado.
- A inclusão de módulos de Processamento de Linguagem Natural (PLN) para extração automatizada de dados em laudos e exames complementares não estruturados.

## 7. Referências

AMOS, Magno Oliveira et al. **Transformação digital e inteligência de dados: estratégias de inovação na gestão empresarial.** Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro (REMUNOM), v. 2, n. 2, p. 1-17, 2026. DOI: 10.61164/m91fgq52. Disponível em: https://remunom.ojsbr.com/multidisciplinar/pt_BR/article/view/5571/5211. Acesso em: 1 out. 2026.

ARNONE ADVOGADOS ASSOCIADOS. **Lei nº 15.377/2026: Entre a Prevenção e a Responsabilidade – A Nova Lei Amplia Dever das Empresas com a Saúde**. São Paulo: Arnone Advogados, 2026. Disponível em: https://arnoneadvogados.com/lei-no-15-377-2026-entre-a-prevencao-e-a-responsabilidade-a-nova-lei-amplia-dever-das-empresas-com-a-saude-entenda-os-limites. Acesso em: 8 set. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MEDICINA DIAGNÓSTICA (ABRAMED). **Painel Abramed: O DNA do Diagnóstico**. 7. ed. São Paulo: ABRAMED, 2024. Disponível em: https://abramed.org.br/publicacoes/painel-abramed/painel-abramed-o-dna-do-diagnostico-8a-edicao. Acesso em: 2 set. 2026.



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 29/08/2026 - **Accepted:** 01/10/2026
**Vol**: 13.21
**DOI**: 10.66104/566v8n86
**Pages:** 1-17

BETEL SERVIÇOS. **Política de Privacidade e Proteção de Dados (LGPD) no Âmbito dos Recursos Humanos e Segurança do Trabalho**. São Paulo: Betel Serviços, 2025. Disponível em: https://betelservicos.com.br/politica-de-privacidade. Acesso em: 16 ago. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS**. Dicionário de Dados e Tabela de Atributos do Registro de Imunobiológico Administrado (RIA)**. Brasília, DF: DATASUS, 2025. Disponível em: https://mobileapps-prd.saude.gov.br/portal-servicos/files/f3bd659c8c8ae3ee966e575fde27eb58/1e981d05333a46bf1429686873be45dd_s96o2uqae.xlsx. Acesso em: 10 set. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS. **Especificação Técnica e Serviço do Registro de Imunobiológico Administrado (RIA)**. Portal de Serviços DATASUS, 2025. Disponível em: https://servicos-datasus.saude.gov.br/detalhe/ZPnH9bKbeF. Acesso em: 10 set. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS. **Manual de Orientação do Modelo de Informação e Computacional do Registro de Imunobiológico Administrado em Rotina (RIA-R) e Campanha (RIA-C)**. Brasília, DF: DATASUS, 2025. Disponível em: https://mobileapps-prd.saude.gov.br/portal-servicos/files/f3bd659c8c8ae3ee966e575fde27eb58/6adb83595c6fc2bb946e2bc5d0b8675b_o5vqbgi9g.pdf. Acesso em: 18 set. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS. **Metodologia de Administração de Dados (MAD) na RNDS: Modelagem de Dados e Padrão HL7 FHIR**. Brasília, DF: DATASUS, 2025. Disponível em: https://datasus.saude.gov.br. Acesso em: 10 set. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Especializada à Saúde; Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente; Secretaria de Informação e Saúde Digital. Portaria Conjunta SAES/SVSA/SEIDIGI nº 25, de 27 de novembro de 2023. Institui o Modelo de Informação do Registro de Imunobiológico Administrado. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2023.

EVEO CLOUD. **Cloud servers brasileiros para sistemas clínicos críticos**. Blog EVEO, 2026. Disponível em: https://blog.eveo.com.br/beneficios-cloud-na-saude. Acesso em: 28 ago. 2026.

HEALTH LEVEL SEVEN INTERNATIONAL (HL7). **HL7 FHIR Specification: Immunization Resource (v4.0.1 / v5.0.0 / v6.0.0)**. HL7 International, 2023. Disponível em: http://www.hl7.org/FHIR/immunization.html. Acesso em: 10 ago. 2026.

HOSPITAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN. **Relatório de Sustentabilidade 2025**. São Paulo: HIAE, 2025. Disponível em: https://www.einstein.br/DocumentosAcessoLivre/EINSTEIN_RELATORIO_SUST_2025.pdf. Acesso em: 20 set. 2026.

SAÚDE BUSINESS. **Cuidado Contínuo: Como a Tecnologia está Redesenhando a Saúde**. São Paulo: Saúde Business, 2025. Disponível em:



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 29/08/2026 - **Accepted:** 01/10/2026
**Vol**: 13.21
**DOI**: 10.66104/566v8n86
**Pages:** 1-17

https://www.saudebusiness.com/ti-e-inovao/cuidado-continuo-como-a-tecnologia-esta-redesenhando-a-saude. Acesso em: 1 ago. 2026.

SST SEGURA. **Relatório de Impacto à Proteção de Dados Pessoais (RIPD)**. São Paulo: SST Segura, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/anpd/pt-br/canais_atendimento/agente-de-tratamento/relatorio-de-impacto-a-protecao-de-dados-pessoais-ripd. Acesso em: 28 set. 2026.



CC BY