



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA - CCET
ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

Carlos Eduardo Ferreira Silva

**Proposta de uma API Interoperável para o SUS
com Aplicação no Acompanhamento de
Gestantes**

São Luís - MA

2025

Carlos Eduardo Ferreira Silva

Proposta de uma API Interoperável para o SUS com Aplicação no Acompanhamento de Gestantes

Trabalho de Conclusão de Curso 2
apresentado ao Curso de Engenharia
da Computação da Universidade Federal
do Maranhão como requisito parcial para a
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
da Computação.

Engenharia da Computação
Universidade Federal do Maranhão

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Souza Costa

São Luís - MA

2025

Carlos Eduardo Ferreira Silva

Proposta de uma API Interoperável para o SUS com Aplicação no Acompanhamento de Gestantes

Trabalho de Conclusão de Curso 2
apresentado ao Curso de Engenharia
da Computação da Universidade Federal
do Maranhão como requisito parcial para a
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
da Computação.

Trabalho de conclusão de curso 2. São Luís - MA, 29 de Julho de 2025:

Prof. Dr. Sérgio Souza Costa
Orientador
Universidade Federal do Maranhão

São Luís - MA
2025

Aos meus pais.

Agradecimentos

Agradeço ao bom Deus pela bênção e capacitação para executar tal trabalho, aos meus familiares e amigos que me apoiaram até aqui e ao meu orientador por toda paciência, preocupação e extrema atenção com o trabalho e seus orientandos. A todos o meu sincero e profundo agradecimento.

"Estou em encantador estado de confusão."

(Ada Lovelace)

Resumo

No contexto do projeto **IntegrAI**, este trabalho tem como objetivo desenvolver uma API interoperável voltada à integração de dados clínicos de gestantes, com foco na atenção pré-natal. A proposta surge da necessidade de alinhar práticas tecnológicas à realidade do Sistema Único de Saúde (SUS), promovendo uma troca segura e padronizada de informações entre sistemas. Para isso, foi adotado o padrão HL7 FHIR, com apoio na legislação vigente, como a **LGPD** e as diretrizes da **RNDS**. Durante o desenvolvimento, optou-se pelo framework Django, associado à biblioteca `fhir.resources`, o que permitiu realizar validações estruturais automáticas e aplicar regras clínicas, como o cálculo de *IMC* e a classificação de risco gestacional. A arquitetura da API foi projetada de forma modular, com modelos separados para recursos como `Patient`, `Observation` e `QuestionnaireResponse`, garantindo integridade semântica, versionamento e rastreabilidade das informações. A estrutura também contempla metadados, controle de autoria e logs de auditoria. O sistema foi containerizado com Docker, visando facilitar futuras implantações em ambientes clínicos reais. Embora ainda em estágio de protótipo, a arquitetura já está preparada para funcionalidades futuras, como o envio de dados agrupados via recurso `Bundle`, autenticação JWT com perfis de acesso e consentimento baseado no recurso `FHIR Consent`. Como resultado, o trabalho apresenta uma base sólida e extensível para iniciativas de transformação digital na saúde pública, especialmente no acompanhamento de gestantes, contribuindo para soluções mais conectadas, seguras e interoperáveis.

Palavras-chave: Interoperabilidade em Saúde, HL7 FHIR, RNDS, LGPD, Django REST Framework, Validação Sintática e Semântica; Consentimento Digital.

Abstract

In the context of the **IntegrAI** project, this work aims to develop an interoperable API focused on the integration of clinical data related to prenatal care for pregnant women. The proposal arises from the need to align technological practices with the reality of the Brazilian Unified Health System (SUS), enabling secure and standardized information exchange between systems. To achieve this, the HL7 FHIR standard was adopted, along with compliance with national regulations such as the **LGPD** (General Data Protection Law) and the guidelines of the **RNDS** (National Health Data Network). The development relied on the `Django` framework and the `fhir.resources` library, which enabled automatic structural validation and the implementation of clinical rules, such as body mass index (BMI) calculation and gestational risk classification. The API's architecture was designed to be modular and scalable, with separate models for resources such as `Patient`, `Observation`, and `QuestionnaireResponse`, ensuring semantic integrity, version control, and data traceability. Additional features include metadata, authorship control, and audit logs. The system was containerized using `Docker` to facilitate future deployments in clinical environments. Although still in a prototype stage, the architecture is prepared for future features such as data submission using the `Bundle` resource, JWT-based authentication with access control, and patient consent management using the FHIR `Consent` resource. As a result, this work presents a solid and extensible foundation for digital health transformation initiatives in the public sector, particularly for prenatal care, promoting more connected, secure, and interoperable solutions.

Keywords: Health Interoperability; HL7 FHIR; RNDS; LGPD; Django REST Framework; Syntactic and Semantic Validation; Digital Consent.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Arquitetura geral do sistema <i>IntegrAI</i> , projetado com base nos padrões descritos neste trabalho.	2
Figura 2 – Fluxo de dados do sistema IntegrAI.	12

Lista de Códigos

1	Exemplo de envio de peso corporal usando FHIR e código LOINC 29463-7	5
2	Exemplo de recurso QuestionnaireResponse com respostas padronizadas . .	6
3	Exemplo de recurso Provenance vinculado a uma observação clínica . . .	8
4	Exemplo de payload FHIR para o recurso Consent	10
5	Validação sintática com <code>fhir.resources</code>	2
6	Requisição POST para envio de recurso FHIR Patient	2
7	Validação semântica e classificação do IMC.	3
8	Envio de peso pré-gestacional via recurso FHIR Observation utilizando o Postman	3
9	Requisição GET para recuperar observações clínicas via FHIR usando o <code>fhir_id</code>	3
10	Avaliação semântica do risco gestacional.	3
11	Metadados estruturados para rastreabilidade.	4
12	Observações versionadas preservam histórico clínico.	5
13	Exemplo do recurso FHIR Consent (simplificado).	6
14	Transformação do JSON em objeto FHIR.	7
15	Enriquecimento com metadados locais.	7
16	Exemplo de Bundle FHIR para envio à RNDS.	8

Lista de tabelas

Tabela 1 – Principais marcos normativos e estratégicos para a interoperabilidade em saúde no Brasil	5
Tabela 2 – Fundamentos, princípios e requisitos legais da LGPD aplicáveis ao projeto IntegrAI	6
Tabela 3 – Exemplo de registro de auditoria para criação de dado sensível	11
Tabela 4 – Medidas de segurança, autenticação e consentimento no IntegraAI	11
Tabela 5 – Exemplo de mapeamento	14
Tabela 6 – Modelos computacionais implementados e mapeamento FHIR	4

Lista de abreviaturas e siglas

API	Application Programming Interface
APS	Atenção Primária à Saúde
CID-10	Classificação Internacional de Doenças – 10 ^a Revisão
CPF	Cadastro de Pessoa Física
DRF	Django REST Framework
FHIR	Fast Healthcare Interoperability Resources
HL7	Health Level Seven
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ICP-Brasil	Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira
IMC	Índice de Massa Corporal
JWT	JSON Web Token
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados
LOINC	Logical Observation Identifiers Names and Codes
PEP	Prontuário Eletrônico do Paciente
RNDS	Rede Nacional de Dados em Saúde
REST	Representational State Transfer
SNOMED CT	Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms
SUS	Sistema Único de Saúde
UBS	Unidade Básica de Saúde
URL	Uniform Resource Locator

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
2	FUNDAMENTAÇÃO	1
2.1	Estratégia Saúde da Família (ESF) e Papel dos ACS	1
2.2	Saúde Materna e Pré-Natal no Brasil	2
2.3	Tecnologias de Informação e Comunicação na Atenção Básica	2
2.4	Interoperabilidade em Saúde	3
2.5	Interoperabilidade e Proteção de Dados no Contexto do SUS	4
2.6	Contextualização sobre a LGPD	6
3	METODOLOGIA	1
3.1	Contexto Arquitetural	1
3.2	Análise Normativa	2
3.3	Levantamento de Requisitos	2
3.4	Modelagem e Arquitetura da Solução	3
3.5	Encaminhamento para os Resultados	3
4	REQUISITOS NORMATIVOS E TÉCNICOS	4
4.1	Padronização de Dados e Validação	4
4.2	Modelagem Modular, Metadados e Versionamento	6
4.3	Segurança, Autenticação e Consentimento	8
4.4	Fluxo Operacional de Integração	12
4.5	Governança Informacional e Computacional	13
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	1
5.1	Padronização de Dados e Validação	1
5.2	Modelagem Modular, Metadados e Versionamento	4
5.3	Segurança, Autenticação e Consentimento	5
5.4	Fluxo Operacional de Integração	6
5.5	Governança Informacional e Computacional	8
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	1
	REFERÊNCIAS	3

1 Introdução

O acompanhamento pré-natal qualificado constitui uma das intervenções mais efetivas na prevenção de agravos maternos e neonatais, contribuindo diretamente para a redução da mortalidade e para a melhoria dos desfechos reprodutivos. Como destaca [Victora et al. \(2003\)](#), ações estruturadas de cuidado durante a gestação impactam positivamente a saúde da mulher e do bebê. Esse compromisso com a saúde materno-infantil está refletido na Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), particularmente na meta 3.1 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que visa reduzir a taxa de mortalidade materna global para menos de 70 por 100 mil nascidos vivos até 2030 ([Organização das Nações Unidas – ONU, 2024](#)).

No Brasil, as diretrizes para o cuidado pré-natal são balizadas pelo Programa de Humanização no Pré-Natal e Nascimento (PHPN), instituído pela Portaria GM/MS nº 569/2000, que estabelece princípios como o acesso ampliado, a escuta qualificada e a humanização das práticas de saúde ([Brasil. Ministério da Saúde, 2000](#); [Brasil. Ministério da Saúde., 2002](#)). Apesar de sua importância normativa, estudos locais apontam que o modelo ainda enfrenta limitações, como medicalização excessiva, metas quantitativas descoladas das realidades locais e baixa integração dos dados clínicos entre os serviços de saúde ([RODRIGUES, 2016](#)).

Apesar dos avanços promovidos por políticas públicas como a Estratégia Saúde da Família (ESF), persistem desafios estruturais na gestão da informação em saúde, como apontam [Santos et al. \(2017\)](#). Entre os principais entraves, destacam-se a fragmentação dos sistemas de informação, a ausência de interoperabilidade entre plataformas e a dificuldade de rastrear a trajetória das gestantes na rede de atenção, comprometendo a continuidade do cuidado ([AYAZ et al., 2021](#); [MOROSINI; FONSECA, 2018](#)). Estudos recentes apontam que, entre 2014 e 2018, o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) na Atenção Primária à Saúde (APS) brasileira registrou avanços, porém a falta de estrutura acaba limitando a integração e o uso estratégico dos dados para apoio à decisão clínica ([BENDER et al., 2024](#); [SANTOS et al., 2017](#)).

Nesse contexto, os Agentes Comunitários de Saúde (ACS) desempenham papel estratégico como elo entre os serviços de saúde e os territórios, sendo responsáveis por visitas domiciliares, escuta ativa, observação de riscos e encaminhamentos oportunos ([MOROSINI; FONSECA, 2018](#)). No entanto, esses profissionais enfrentam obstáculos significativos, como excesso de tarefas administrativas, escassez de recursos tecnológicos e limitações nas ferramentas disponíveis para coleta e registro de dados em campo ([ABREU et al., 2020](#)). A ausência de sistemas integrados compromete a efetividade do cuidado e

a continuidade das ações, sobretudo no acompanhamento de gestantes em situações de vulnerabilidade social.

Diante desses desafios, surgiu o projeto *IntegrAI*, idealizado como uma iniciativa de inovação tecnológica orientada à qualificação do cuidado pré-natal na Atenção Primária à Saúde. O sistema foi concebido com foco na integração entre coleta de dados em campo, recursos preditivos e apoio à decisão clínica, tendo como pilar central a interoperabilidade semântica e a segurança da informação. A proposta parte do reconhecimento de que a fragmentação informacional compromete a efetividade das ações em saúde, e busca, por meio da padronização de dados e do uso de tecnologias abertas, promover um fluxo contínuo e auditável de informações entre os profissionais de saúde, com ênfase na atuação dos Agentes Comunitários de Saúde.

Com base nesse panorama, este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma API interoperável para o sistema *IntegrAI*, concebida como solução de integração segura de dados clínicos e socioeconômicos voltada ao acompanhamento de gestantes na APS. A API foi projetada segundo os padrões da Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS), com ênfase na conformidade com o HL7 FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) e na observância da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Seu objetivo é fornecer suporte técnico à integração entre agentes de campo, sistemas preditivos e serviços de apoio à decisão, promovendo a qualificação do cuidado materno-infantil no âmbito do SUS.

Objetivo geral:

Desenvolver e validar uma API interoperável baseada no padrão HL7 FHIR, voltada à integração de dados clínicos e socioeconômicos de gestantes na APS, em conformidade com os requisitos normativos da RNDS e da LGPD, como parte do sistema *IntegrAI*.

Objetivos específicos:

- Levantar os requisitos técnicos, normativos e legais aplicáveis à interoperabilidade de dados sensíveis no contexto do pré-natal;
- Estruturar o modelo informacional e computacional da API com base nos recursos e perfis do padrão HL7 FHIR;
- Implementar recursos FHIR compatíveis com o Modelo de Atributos de Dados (MAD) do Ministério da Saúde;
- Validar os principais fluxos de integração com foco na atuação dos Agentes Comunitários de Saúde e na rotina das Unidades Básicas de Saúde.

2 Fundamentação

2.1 Estratégia Saúde da Família (ESF) e Papel dos ACS

Em 1994 o Sistema Único de Saúde (SUS) cria o Programa Saúde da Família (PSF), a iniciativa nasce com a ideia de fortalecer a atenção primária no Brasil. Diante disso, o programa tinha como principal meta ampliar acesso a serviços de saúde, principalmente com ações preventivas e a promoção da qualidade de vida, tendo como maior foco a camada da população em situação de vulnerabilidade (CORBO; MOROSINI; PONTES, 2007).

Com a formação de equipes multiprofissionais que atuam diretamente nas comunidades, o Programa Saúde da Família (PSF) fortaleceu os vínculos entre profissionais e usuários do SUS, promovendo um modelo territorializado e humanizado de cuidado (CORBO; MOROSINI; PONTES, 2007). A implementação do PSF representou um marco na ampliação da cobertura, na descentralização dos serviços e no aumento do financiamento da atenção básica. Esses avanços contribuíram significativamente para a redução da mortalidade infantil e o controle de doenças crônicas, reforçando a atenção primária como eixo estruturante do sistema de saúde brasileiro (VICTORA et al., 2003).

Por estarem presentes na maior parte do contato direto com os pacientes, os Agentes Comunitários de Saúde (ACS) se tornam muito importantes na ESF. São responsáveis por visitas domiciliares, identificação de riscos, orientação para prevenção de doenças e promoção de hábitos saudáveis. Também identificam precocemente agravos e acompanham grupos prioritários, como gestantes e idosos, facilitando o acesso da comunidade aos serviços de saúde (CORBO; MOROSINI; PONTES, 2007). No acompanhamento de gestantes, os agentes são mediadores essenciais, trazendo orientação, maior adesão ao pré-natal e identificação de riscos (MOROSINI; FONSECA, 2018).

Mesmo com os avanços da Estratégia Saúde da Família, acompanhar gestantes com qualidade ainda é um desafio. A rotina é marcada pela burocratização, pela cobrança de metas que nem sempre refletem a realidade do cuidado, e por uma lógica cada vez mais medicalizada da atenção à saúde (RODRIGUES, 2016). Além disso, existem certas limitações na formação técnica e as barreiras estruturais fazem com que o acesso ao pré-natal seja mais complicado. Para superar tais desafios, é fundamental garantir uma capacitação contínua, valorizar a educação em saúde e reduzir a carga burocrática, para trazer um cuidado integral e mais humanizado (MOROSINI; FONSECA, 2018).

2.2 Saúde Materna e Pré-Natal no Brasil

As diretrizes do Ministério da Saúde para o pré-natal no Brasil estão fundamentadas no Programa de Humanização no Pré-Natal e Nascimento (PHPN), instituído pela Portaria GM/MS nº 569, de 1º de junho de 2000 ([Brasil. Ministério da Saúde, 2000](#)). O programa visa assegurar melhoria no acesso, cobertura e qualidade do acompanhamento pré-natal, da assistência ao parto e ao puerpério, garantindo o bem-estar da gestante e do recém-nascido sob a perspectiva dos direitos de cidadania ([Brasil. Ministério da Saúde., 2002](#)). As principais diretrizes incluem a realização da primeira consulta pré-natal até o 4º mês de gestação para identificação de fatores de risco, pelo menos seis consultas distribuídas durante a gestação, consulta no puerpério até 42 dias após o parto, além de exames laboratoriais obrigatórios (ABO-Rh, VDRL, urina, glicemia, HB/Ht, testagem anti-HIV). Também são previstas a vacinação antitetânica, atividades educativas sobre aleitamento materno e planejamento familiar, classificação de risco gestacional com encaminhamento adequado para casos de alto risco, bem como ênfase na humanização do cuidado, evitando procedimentos intervencionistas desnecessários. Essas diretrizes buscam uma redução na morbimortalidade materna e neonatal, trazendo um cuidado humanizado e acessível em todo o país.

2.3 Tecnologias de Informação e Comunicação na Atenção Básica

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) têm se consolidado como instrumentos estratégicos para a qualificação da Atenção Primária à Saúde (APS) no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS). Diversos estudos apontam que ferramentas como o e-SUS Atenção Primária à Saúde (e-SUS APS) — com destaque para o Prontuário Eletrônico do Cidadão (PEC) e o módulo de Coleta de Dados Simplificada (CDS) —, aliados a plataformas de Telessaúde, à Rede Universitária de Telemedicina (RUTE) e à Universidade Aberta do SUS (UNA-SUS), têm contribuído para a integração de equipes, o compartilhamento de informações e a Educação Permanente em Saúde ([UCHIDA et al., 2020](#); [ABREU et al., 2020](#); [BENDER et al., 2024](#); [SANTOS et al., 2017](#)). Apesar dos avanços, desafios relacionados à infraestrutura deficiente ainda são um obstáculo, limitações de conectividade, ausência de suporte técnico e à necessidade de capacitação contínua dos profissionais, fatores que influenciam diretamente a efetividade dessas tecnologias no processo de trabalho em saúde ([UCHIDA et al., 2020](#); [BENDER et al., 2024](#)).

No contexto do cuidado às gestantes, observa-se que, embora não haja sistemas exclusivos voltados para esse público, as TICs se mostram essenciais no monitoramento de indicadores de pré-natal e puerpério, considerados dimensões relevantes para a qualidade da APS ([SANTOS et al., 2017](#); [BENDER et al., 2024](#)). O uso integrado de prontuários eletrônicos, Telessaúde e análise de informações territoriais permite identificar situações de

vulnerabilidade, planejar ações interprofissionais e melhorar a comunicação entre equipes, potencializando o acompanhamento de gestantes na Rede de Atenção à Saúde (ABREU et al., 2020; SANTOS et al., 2017). Dessa forma, reforça-se a importância de políticas públicas que promovam a expansão e o uso qualificado das TICs como estratégia para ampliar o acesso, a resolutividade e a equidade no cuidado à saúde da mulher.

Conforme discutido por Santos et al. (2017), ainda que a implantação de prontuários eletrônicos na Atenção Primária à Saúde se relacione positivamente com a qualidade assistencial, a integração efetiva desses sistemas com os demais pontos da Rede de Atenção à Saúde permanecia como um desafio significativo, revelando uma fragmentação de dados que limitava a continuidade do cuidado. Esse cenário evidencia que a adoção isolada de tecnologias não garante, por si só, uma rede de saúde integrada, ressaltando a necessidade de mecanismos robustos de interoperabilidade para viabilizar o intercâmbio seguro e padronizado de informações em nível local, regional e nacional. Nesse contexto, iniciativas mais recentes, como a Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS), surgem como resposta a essas lacunas históricas, reforçando a ideia da interoperabilidade utilizada como eixo estruturante para qualificar a gestão e a atenção no SUS.

2.4 Interoperabilidade em Saúde

Criada em 1987, a HL7 International hoje é referência mundial em desenvolvimento de normas para troca de informações em saúde. O seu padrão HL7 v2.x, foi amplamente adotado e impulsionou a digitalização hospitalar nas décadas de 90 e 2000, mas devido a sua flexibilidade algumas dificuldades de padronização semântica surgiram (PETRY; LOPES; WANGENHEIM, 2005). Em seguida surge o HL7 v3, que teve como base o Reference Information (RIM), ele por sua vez trouxe maior precisão semântica, com destaque para a Clinical Document Architecture (CDA) (DOLIN et al., 2001).

Para superar limitações anteriores, o padrão FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) foi lançado em 2014, combinando boas práticas das versões anteriores com tecnologias web modernas como RESTful APIs, JSON e XML (YAMAGUTI et al., 2018; PAVÃO, 2023). É organizado em recursos (resources, no original em inglês), unidades modulares que representam entidades comuns da saúde, como pacientes, observações clínicas, condições, procedimentos, medicamentos e profissionais de saúde. Esses recursos são interoperáveis entre si e permitem tanto a troca pontual quanto a composição de cenários mais complexos (AYAZ et al., 2021). Com isso, o FHIR possibilita uma integração simplificada, segura e escalável — viabilizando aplicações em homecare, monitoramento remoto e autogerenciamento (PAVÃO, 2023). Além disso, integra mecanismos robustos de segurança, como autenticação OAuth2, criptografia ponta a ponta e rastreabilidade com Blockchain, ao mesmo tempo em que se conecta à camada semântica da informação.

A integração semântica, por sua vez, depende do uso de vocabulários médicos padronizados e reconhecidos internacionalmente, como o LOINC (Logical Observation Identifiers Names and Codes), voltado à codificação de exames laboratoriais, sinais vitais e observações clínicas; o SNOMED CT (Systematized Nomenclature of Medicine — Clinical Terms), que oferece uma terminologia clínica abrangente para doenças, achados, procedimentos e substâncias; e a CID-10 (Classificação Internacional de Doenças), padrão mantido pela OMS e amplamente utilizado para codificação de diagnósticos e causas de mortalidade. A utilização desses vocabulários em conjunto com o padrão HL7 FHIR potencializa a interoperabilidade semântica, ou seja, a capacidade dos sistemas não apenas trocarem dados, mas também compreenderem e interpretarem essas informações de maneira padronizada ([HL7 International, 2025b](#); [AYAZ et al., 2021](#)).

Estudos de [Pavão \(2023\)](#) destacam que, ao associar o FHIR a esses vocabulários clínicos, diversas aplicações têm sido viabilizadas, como o monitoramento domiciliar de dados como peso e pressão arterial, a coleta remota de Medidas de Desfechos Relatados pelo Paciente (Patient Reported Outcome Measures — PROM), a integração de Prontuários Eletrônicos Pessoais (Personal Health Records — PHR) e o desenvolvimento de soluções de autogestão, incluindo chatbots e rastreadores de sintomas.

2.5 Interoperabilidade e Proteção de Dados no Contexto do SUS

A interoperabilidade é um elemento essencial para que exista uma circulação eficiente, segura e semanticamente padronizada das informações em saúde no âmbito da Rede de Atenção à Saúde. No contexto do Sistema Único de Saúde (SUS), lidar com dados sensíveis exige não apenas uma infraestrutura tecnológica robusta, mas também uma estrutura de normas que una aspectos técnicos, éticos e legais de forma integrada. Compreender a relevância da interoperabilidade implica, portanto, percorrer a evolução histórica dos principais instrumentos regulatórios e estratégicos que, ao longo da última década, estruturaram a governança de dados em saúde no Brasil ([SAÚDE, 2011](#); [BRASIL, 2018](#); [SAÚDE, 2020b](#); [SAÚDE, 2020a](#); [AYAZ et al., 2021](#)).

O percurso inicia-se com a publicação da Portaria nº 2.073/2011 ([SAÚDE, 2011](#)), que representou o primeiro marco normativo voltado a definir padrões de interoperabilidade específicos para a área da saúde, estabelecendo diretrizes para a troca segura de informações entre sistemas distintos. Nos anos subsequentes, a consolidação de marcos legais como o Marco Civil da Internet (Lei nº 12.965/2014) ([BRASIL, 2014](#)) e a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (Lei nº 13.709/2018) ([BRASIL, 2018](#)) contribuiu para reforçar direitos de privacidade, segurança e rastreabilidade no tratamento de dados sensíveis. A criação da Autoridade Nacional de Proteção de Dados (ANPD), em 2019 ([BRASIL, 2019](#)), conferiu maior efetividade à fiscalização e à orientação quanto ao cumprimento da LGPD,

fortalecendo o alinhamento jurídico das práticas de interoperabilidade no setor.

Houve um avanço significativo em 2020 com a Portaria GM/MS nº 1.434/2020 (SAÚDE, 2020b), que consolidou a Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS) como infraestrutura básica para a integração de informações em saúde, definindo o padrão internacional HL7 FHIR como referência obrigatória. A Estratégia de Saúde Digital para o período de 2020 a 2028 (SAÚDE, 2020a) reforçou o conceito de interoperabilidade como eixo estruturante da transformação digital do SUS, traçando metas para ampliar o acesso, a continuidade do cuidado e o uso inteligente de dados clínicos e administrativos.

Mais recentemente, as Portarias GM/MS nº 3.328/2022 e nº 883/2022 (SAÚDE, 2022a; SAÚDE, 2022b) detalharam os Modelos Informacionais e Computacionais, alinhados à norma ISO/TS 13972:2015 (ISO, 2015), assegurando que registros — como os de gestantes — tenham padrão semântico em toda a rede. Desde 2023, a expansão da RNDS, associada a tecnologias como Blockchain, ICP-Brasil e perfis FHIR específicos, busca consolidar a integridade, a rastreabilidade e a compatibilidade entre sistemas legados e novas soluções digitais.

A Tabela 1 sintetiza essa trajetória normativa e estratégica que sustenta a interoperabilidade como base para a governança de dados sensíveis no SUS.

Tabela 1 – Principais marcos normativos e estratégicos para a interoperabilidade em saúde no Brasil

Ano	Marco Normativo/Política	Descrição resumida
2011	Portaria nº 2.073/2011	Define padrões de interoperabilidade na saúde.
2014	Lei nº 12.965/2014 (Marco Civil da Internet)	Estabelece princípios de privacidade e segurança na internet.
2018	Lei nº 13.709/2018 (LGPD)	Dispõe sobre regras para o tratamento de dados pessoais sensíveis.
2019	Lei nº 13.853/2019	Cria a Autoridade Nacional de Proteção de Dados (ANPD).
2020	Portaria GM/MS nº 1.434/2020	Consolida a RNDS e adota o padrão HL7 FHIR.
2021	Estratégia de Saúde Digital 2020–2028	Define diretrizes para a transformação digital no SUS.
2022	Portarias GM/MS nº 3.328/2022 e nº 883/2022	Instituem os Modelos Informacionais com base na norma ISO/TS 13972.
2023	Expansão da RNDS, Inventário de Dados e novas diretrizes	Avanço com Blockchain, ICP-Brasil e compatibilidade com perfis FHIR.

2.6 Contextualização sobre a LGPD

A Lei nº 13.709/2018, conhecida como Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), estabelece princípios, direitos e deveres relacionados ao tratamento de dados pessoais no Brasil, com ênfase especial às informações sensíveis, como os dados de saúde. Inspirada no GDPR europeu, a LGPD visa assegurar a privacidade, a autodeterminação informativa e a segurança dos titulares, além de instituir uma cultura de governança e responsabilidade no uso de dados pessoais (Brasil, 2018).

De acordo com o texto da Lei, seu objetivo central é garantir que o tratamento de dados seja realizado de forma ética, segura, transparente e com base no consentimento livre e informado dos titulares.

Tabela 2 – Fundamentos, princípios e requisitos legais da LGPD aplicáveis ao projeto IntegrAI

Fundamento / Princípio / Requisito	Base Legal na LGPD
Respeito à privacidade	Art. 2º, I – O respeito à privacidade como fundamento da proteção de dados pessoais.
Autodeterminação informativa	Art. 2º, II – Direito do titular de controlar suas próprias informações.
Inviolabilidade da intimidade, da honra e da imagem	Art. 2º, III – Proteção contra usos indevidos ou exposição indevida de dados pessoais.
Desenvolvimento tecnológico pautado por valores humanos	Art. 2º, V – Desenvolvimento econômico e tecnológico aliado à proteção dos direitos fundamentais.
Segurança da informação	Art. 6º, VII – Utilização de medidas técnicas e administrativas aptas a proteger os dados pessoais de acessos não autorizados e situações acidentais ou ilícitas.
Prevenção	Art. 6º, VIII – Adoção de medidas para prevenir a ocorrência de danos em virtude do tratamento de dados pessoais.
Responsabilização e prestação de contas	Art. 6º, X – Demonstração da adoção de medidas eficazes e capazes de comprovar a observância e o cumprimento das normas de proteção de dados.
Registro das operações	Art. 37 – O controlador e o operador devem manter registro das operações de tratamento de dados pessoais.
Consentimento para tratamento de dados sensíveis	Art. 7º, I e Art. 11, I – Necessidade de consentimento livre, informado e específico para o tratamento de dados pessoais sensíveis, como dados de saúde.

Segundo [Cristina \(2021\)](#), a LGPD inaugura uma nova fase no tratamento de dados no Brasil ao “atribuir protagonismo aos titulares dos dados e exigir que os agentes de tratamento adotem medidas técnicas e administrativas eficazes para a proteção dessas informações”.

3 Metodologia

Este capítulo descreve os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento de uma API interoperável voltada ao acompanhamento de gestantes na Atenção Primária à Saúde (APS), no contexto do sistema *IntegrAI*. A abordagem metodológica adotada articula análise normativa, levantamento de requisitos, modelagem de dados e definição arquitetural, com o objetivo de estabelecer uma solução tecnicamente robusta, segura e aderente às diretrizes da saúde digital no Brasil.

3.1 Contexto Arquitetural

A Figura 1 apresenta uma visão geral da arquitetura do sistema *IntegrAI*, que está sendo desenvolvido como parte de um projeto de pesquisa interdisciplinar voltado ao apoio digital à atuação de Agentes Comunitários de Saúde (ACS). O objetivo é promover o acompanhamento qualificado de gestantes por meio de uma aplicação acessível em navegadores web e dispositivos móveis.

A interface do sistema permite que o ACS registre informações clínicas e contextuais, as quais são automaticamente estruturadas em requisições no padrão HL7 FHIR, no formato *JSON*, que serão armazenadas pelo serviço da API que é desenvolvida neste trabalho. O frontend com esses dados também se comunica com dois componentes de inteligência artificial integrados ao sistema:

- Um **modelo de predição clínica**, que busca identificar padrões de risco relacionados à saúde da criança com base em dados informados por questionário;
- Um **modelo de linguagem natural (LLM)**, chamado *Marla*, projetado para auxiliar o ACS com orientações personalizadas e interpretação de dados em tempo real.

Trata-se de uma estrutura em que os serviços são independentes e chamados individualmente pela interface gráfica do sistema:

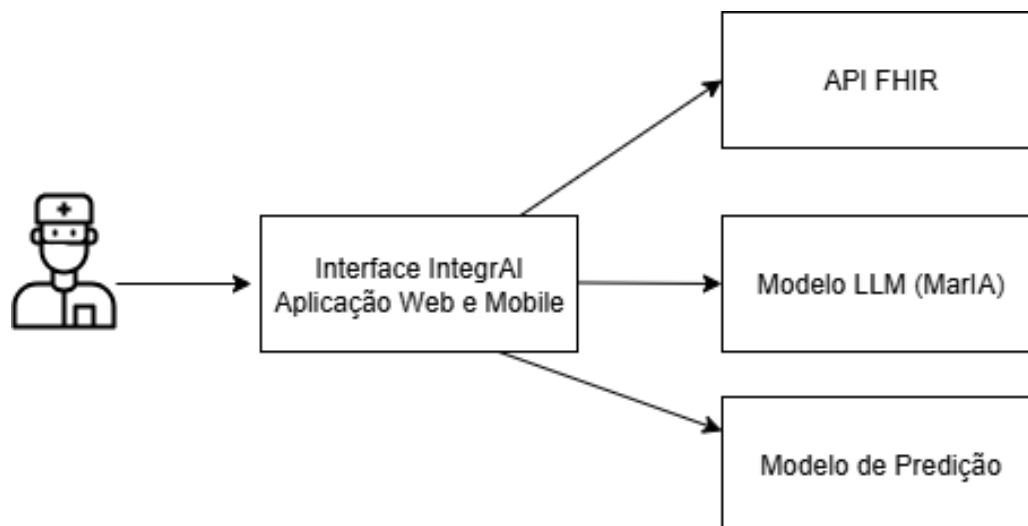


Figura 1 – Arquitetura geral do sistema *IntegrAI*, projetado com base nos padrões descritos neste trabalho.

3.2 Análise Normativa

A primeira etapa consistiu na revisão crítica de documentos normativos e regulatórios nacionais e internacionais relevantes para a interoperabilidade em saúde. Os principais documentos analisados incluem:

- **Portaria GM/MS nº 1.434/2020**, que institui o Programa Conecte SUS e define a RNDS como infraestrutura oficial de dados em saúde;
- **Guias técnicos do DATASUS**, que estabelecem diretrizes de segurança, interoperabilidade e arquitetura para o SUS digital;
- **Norma ISO/TS 13972**, voltada à definição de modelos clínicos estruturados e reutilizáveis;
- **Especificação HL7 FHIR R4**, padrão internacional adotado oficialmente no Brasil para interoperabilidade em saúde.

A análise focou nos requisitos relacionados à estrutura de dados, semântica, codificações, segurança da informação, rastreabilidade, autenticação e consentimento informado.

3.3 Levantamento de Requisitos

Com base na análise normativa, foi estruturado um conjunto de requisitos técnicos e legais organizados em cinco categorias, apresentadas no Capítulo 4:

- **Padronização de Dados e Validação;**
- **Modelagem Modular, Metadados e Versionamento;**
- **Segurança, Autenticação e Consentimento;**
- **Fluxo Operacional de Integração;**
- **Governança Informacional e Computacional.**

Cada categoria sintetiza diretrizes normativas e práticas recomendadas para o desenvolvimento de soluções interoperáveis, servindo como base para a implementação da API proposta.

3.4 Modelagem e Arquitetura da Solução

A partir dos requisitos identificados, foram desenvolvidos os modelos informacional e computacional da API. O modelo informacional especifica os dados clínicos, socioeconômicos e contextuais necessários ao acompanhamento longitudinal de gestantes. O modelo computacional traduz essas informações para representações técnicas baseadas no padrão HL7 FHIR, garantindo granularidade, semântica padronizada e interoperabilidade com sistemas externos.

Além disso, foi elaborada uma proposta preliminar de arquitetura lógica da solução, organizando os principais componentes da aplicação: endpoints RESTful, mecanismos de autenticação (com uso de JWT), controle de versionamento, camadas de persistência (PostgreSQL) e integração com módulos de predição e geração de orientações.

3.5 Encaminhamento para os Resultados

O conjunto de requisitos e modelos descrito nesta metodologia fundamenta a implementação da API documentada nos capítulos seguintes. O Capítulo 4 apresenta o detalhamento normativo e conceitual de cada uma das cinco categorias, enquanto o Capítulo 5 demonstra sua aplicação concreta, com exemplos de recursos FHIR, simulações de requisições e validações de conformidade.

4 Requisitos Normativos e Técnicos

Com base na metodologia descrita no capítulo anterior, foram identificados e organizados os principais requisitos normativos e técnicos que devem ser observados no desenvolvimento de sistemas digitais de saúde interoperáveis. Esses requisitos visam garantir a conformidade com os padrões definidos pelo Ministério da Saúde, assegurando a interoperabilidade com a Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS), bem como o cumprimento de princípios fundamentais como segurança da informação, rastreabilidade, validação de dados e governança.

A consolidação desses requisitos permitiu a definição de cinco eixos estruturantes, que orientam o desenvolvimento da solução proposta neste trabalho:

- **Padronização de Dados e Validação;**
- **Modelagem Modular, Metadados e Versionamento;**
- **Segurança, Autenticação e Consentimento;**
- **Fluxo Operacional de Integração;**
- **Governança Informacional e Computacional.**

As seções a seguir detalham cada um desses eixos, com base nas diretrizes oficiais, normas técnicas e boas práticas nacionais e internacionais aplicadas ao contexto da saúde digital brasileira.

4.1 Padronização de Dados e Validação

No contexto da API em desenvolvimento, toda a troca de informações clínicas segue obrigatoriamente o padrão HL7 FHIR, assegurando interoperabilidade sintática e semântica com a Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS), em conformidade com a Portaria GM/MS nº 1.434/2020. Para garantir alinhamento com as boas práticas internacionais, são utilizados recursos canônicos disponibilizados pela HL7 International, complementados, quando necessário, por extensões padronizadas e registradas via URL única, de modo a manter compatibilidade entre sistemas heterogêneos.

Em casos de dados clínicos básicos, como peso, altura e índice de massa corporal (IMC) da gestante, é feita uma representação com o recurso `Observation`, combinada à utilização de códigos LOINC específicos que promovem interpretação uniforme entre diferentes sistemas. Com isso, o peso atual é registrado com o código LOINC 29463-7

(Body Weight), a altura com 8302-2 (Body Height) e o IMC com 39156-5 (Body Mass Index). Essa padronização evita ambiguidades terminológicas e permite que aplicações que consumam ou compartilhem esses dados o façam de forma semanticamente consistente.

Uma situação prática é ilustrada na requisição RESTful que registra o peso de uma gestante. A operação é realizada com o endpoint `/api/fhir/Observation/`, utilizando o método POST e o envio de um *payload* no formato `application/fhir+json`. O exemplo abaixo resume essa interação, destacando a utilização do código LOINC 29463-7, correspondente ao peso corporal:

Código 1 Exemplo de envio de peso corporal usando FHIR e código LOINC 29463-7

```
{
  "resourceType": "Observation",
  "status": "final",
  "code": {
    "coding": [{
      "system": "http://loinc.org",
      "code": "29463-7",
      "display": "Body Weight"
    }]
  },
  "subject": {
    "reference": "Patient/gestante-001"
  },
  "effectiveDateTime": "2025-07-02T10:00:00Z",
  "valueQuantity": {
    "value": 68.5,
    "unit": "kg",
    "system": "http://unitsofmeasure.org",
    "code": "kg"
  }
}
```

A aplicação deve garantir que todos os dados sejam validados tanto de forma sintática quanto semântica. A validação sintática assegura que a estrutura do recurso esteja em conformidade com o padrão HL7 FHIR. Já a validação semântica garante significado clínico uniforme por meio do uso de terminologias oficiais, como LOINC, SNOMED CT e CID-10. Esse processo evita inconsistências e promove a interoperabilidade entre sistemas distintos.

Na ausência de códigos padronizados em terminologias como LOINC ou SNOMED CT — situação comum em informações de avaliação social, grau de vulnerabilidade ou fatores contextuais regionais — recomenda-se a utilização do recurso `QuestionnaireResponse`. Esse recurso oferece flexibilidade para estruturar perguntas e respostas de forma consistente e reutilizável. Cada resposta referencia um `Questionnaire` publicado com uma *canonical URL*, permitindo sua interpretação correta por diferentes aplicações FHIR. O exemplo a seguir apresenta uma avaliação de vulnerabilidade social com questões como “Recebe Bolsa Família?” ou “Possui saneamento básico adequado?”, vinculadas ao paciente:

Código 2 Exemplo de recurso QuestionnaireResponse com respostas padronizadas

```
{
  "resourceType": "QuestionnaireResponse",
  "status": "completed",
  "questionnaire": ".../fhir/Questionnaire/avaliacao",
  "subject": { "reference": "Patient/gestante-001" },
  "item": [
    {
      "linkId": "1",
      "text": "Recebe Bolsa Família?",
      "answer": [{ "valueBoolean": true }]
    },
    {
      "linkId": "2",
      "text": "Possui saneamento básico adequado?",
      "answer": [{ "valueBoolean": false }]
    }
  ]
}
```

Caso uma requisição seja enviada sem aderir à estrutura sintática ou semântica definida pelo padrão HL7 FHIR, a aplicação executa validações automáticas no momento do recebimento de dados. Se forem detectadas inconsistências estruturais — como ausência de campos obrigatórios ou tipos de dados incompatíveis —, a operação é imediatamente rejeitada, retornando mensagens de erro descritivas (por exemplo, HTTP 400 ou 422), permitindo que o ACS ou o sistema cliente revise e corrija o envio.

De forma análoga, se for identificado um erro semântico, como a utilização de um código de terminologia inexistente ou inadequado, a requisição também será rejeitada até que esteja em conformidade com os padrões (LOINC, SNOMED CT, entre outros). Assim, somente informações clinicamente consistentes, semanticamente padronizadas e interoperáveis são armazenadas e expostas, garantindo a qualidade dos dados, o alinhamento com os requisitos da RNDS. Em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), o sistema garante que o tratamento de dados pessoais sensíveis ocorra mediante consentimento explícito e com mecanismos técnicos de proteção e rastreabilidade, conforme detalhado na Seção 4.3.

4.2 Modelagem Modular, Metadados e Versionamento

A modelagem dos dados adota uma estrutura modular que organiza os principais aspectos da informação em saúde de forma granular, rastreável e interoperável, em alinhamento com as diretrizes da Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS). Na versão inicial da API, priorizam-se os seguintes recursos do padrão HL7 FHIR:

- **Patient:** para identificação e dados demográficos da gestante;
- **Observation:** para registro de sinais vitais e indicadores biométricos;

- **QuestionnaireResponse**: para coleta de respostas sobre hábitos de vida e vulnerabilidade social;
- **RiskAssessment**: para resultados preditivos relacionados a condições como asma, obesidade ou alergias.

Além desses, os recursos `Procedure`, `Medication` e `Encounter` também foram contemplados na modelagem conceitual, visando ampliar o escopo do acompanhamento longitudinal com informações sobre procedimentos clínicos, uso de medicamentos e registros de consultas. A implementação desses recursos ocorrerá de forma progressiva, conforme a evolução do projeto.

Para garantir segurança, rastreabilidade e auditoria, toda instância de dado clínico ou socioeconômico deve conter identificador único e metadados de versionamento, assegurando conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) e com as normas da RNDS. Na arquitetura relacional do sistema *IntegrAI*, a modelagem distingue entre:

- **Informações estáveis**: nome, data de nascimento, sexo, endereço, peso pré-gestacional — centralizadas na tabela `Gestante` (correspondente ao recurso `Patient`);
- **Informações dinâmicas**: peso atual, IMC, pressão arterial, respostas a questionários e resultados preditivos — armazenadas em tabelas específicas como `Avaliacao`, com geração de novas entradas a cada coleta e vinculação por chave estrangeira.

No padrão FHIR, essa estrutura corresponde ao recurso `Patient` vinculado a múltiplas instâncias de `Observation`, `QuestionnaireResponse` e `RiskAssessment`, compondo uma trilha cronológica interoperável. Os metadados `meta.versionId` e `meta.lastUpdated` acompanham cada recurso FHIR, enquanto no banco de dados relacional utilizam-se campos como `created_at`, `updated_at`, `data_cadastro` ou `data_aplicacao`.

Alterações relevantes podem ser auditadas por meio dos recursos `Provenance` ou `AuditEvent`, que asseguram rastreabilidade da autoria e do momento de cada modificação. Dessa forma, cada nova informação — como uma pesagem em consulta de pré-natal — é registrada como um recurso `Observation` independente, vinculado de forma única ao recurso `Patient`, garantindo histórico consolidado, integridade dos dados e interoperabilidade com sistemas externos, como o Conecte SUS.

A autoria de cada operação é registrada explicitamente, vinculando o profissional responsável — como o Agente Comunitário de Saúde (ACS) ou outro membro da equipe — a cada ação realizada. No banco relacional, esse vínculo é representado pelo campo

usuario_id, que relaciona avaliações clínicas à identidade do usuário do sistema. Para reforçar a rastreabilidade, o sistema mantém uma tabela Provenance, com detalhes como tipo de recurso, identificador do registro, profissional responsável, papel desempenhado e data da ação.

No padrão HL7 FHIR, essa informação é representada por um recurso Provenance vinculado ao recurso clínico (como Observation) e ao recurso Practitioner, conforme exemplificado no payload a seguir:

Código 3 Exemplo de recurso Provenance vinculado a uma observação clínica

```
{
  "resourceType": "Provenance",
  "target": [ { "reference": "Observation/obs-001" } ],
  "recorded": "2025-07-03T10:45:00Z",
  "agent": [{
    "who": { "reference": "Practitioner/acs-123" },
    "role": [{
      "coding": [{
        "system": "http://terminology/...",
        "code": "ACS",
        "display": "Agente Comunitário de Saúde"
      }]
    }]
  }]
}
```

Além disso, o sistema mantém logs de acesso e alteração, garantindo que qualquer consulta, edição ou compartilhamento de dados seja verificável. Essa estratégia de metadados e versionamento combina informações estáveis com dados clínicos dinâmicos coletados periodicamente, assegurando histórico auditável, rastreabilidade e transparência nas interações.

Assim, o sistema *IntegrAI* mantém conformidade com os requisitos técnicos da RNDS — conforme Portaria GM/MS nº 1.434/2020 e Guias de Interoperabilidade — e com os fundamentos da LGPD listados na Tabela 2, ao garantir segurança (Art. 6º, VII), prevenção (Art. 6º, VIII), consentimento explícito (Art. 7º e Art. 11, I) e rastreabilidade (Art. 37) em todas as operações.

4.3 Segurança, Autenticação e Consentimento

A segurança da informação é um pilar essencial para garantir a confidencialidade, integridade e disponibilidade dos dados clínicos e socioeconômicos, em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) e com as diretrizes da Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS). Essa abordagem contempla três elementos fundamentais — criptografia e comunicação segura, autenticação e autorização, gestão de consentimento e rastreabilidade

—, detalhados a seguir. Além disso, estão previstas medidas específicas como isolamento de banco de dados, versionamento de dados sensíveis e replicação segura dos logs de auditoria.

Criptografia e Proteção dos Dados

Toda comunicação entre os dispositivos utilizados pelos agentes comunitários de saúde, a API e eventuais serviços externos deve ocorrer via protocolos seguros, como o HTTPS, com uso do TLS versão 1.2 ou superior. Isso garante a proteção dos dados em trânsito contra interceptações ou alterações não autorizadas.

Para os dados em repouso, recomenda-se criptografar campos sensíveis do banco de dados — como dados clínicos, demográficos e históricos de risco — utilizando algoritmos robustos, como AES-256 para criptografia simétrica e RSA-2048 para troca de chaves. Também é recomendado que os dados criptografados sejam armazenados em volumes independentes e que as chaves sejam rotacionadas periodicamente.

Além da criptografia, a segregação lógica dos bancos por perfil de acesso e o uso de firewalls de aplicação (WAFs) contribuem para a proteção contra acessos indevidos. Essa estratégia compõe o modelo de defesa em profundidade e está alinhada aos princípios da LGPD e da interoperabilidade segura em saúde digital.

Autenticação, Autorização e Auditoria

Para controle de acesso granular, recomenda-se a adoção do protocolo OAuth2, aliado a tokens JWT (JSON Web Token). Cada requisição RESTful deve portar um token válido com escopo de permissões definido conforme o perfil do usuário — como ACS, profissional da saúde ou gestor. Essa abordagem permite:

- restringir a visualização ou modificação de dados a perfis autorizados;
- revogar tokens comprometidos de forma centralizada;
- rastrear acessos com nível de permissão associado;
- reduzir o risco de escalonamento de privilégios.

A aplicação deve manter registros detalhados de auditoria, documentando quem acessou ou modificou dados, quando, em que contexto e sob qual perfil de autorização. Esses logs devem ser armazenados com integridade garantida, utilizando assinaturas HMAC-SHA256 e replicação para serviços externos de monitoramento e análise, como o ELK Stack. Quando possível, a rastreabilidade deve ser representada por recursos FHIR como Provenance ou AuditEvent.

Gestão de Consentimento

O tratamento de dados sensíveis exige consentimento explícito da gestante, conforme previsto na LGPD. Esse consentimento deve ser livre, informado e específico, abrangendo a coleta, o uso e o compartilhamento de informações clínicas com finalidades legítimas, como o acompanhamento pré-natal.

Recomenda-se:

- manter uma tabela de Consentimento no banco relacional, vinculada ao registro da gestante;
- registrar status (ativo/revogado), datas e escopo da autorização;
- representar o consentimento como recurso FHIR do tipo Consent, para interoperabilidade;
- permitir à gestante a revogação do consentimento de forma simples e auditável.

No momento do cadastro inicial, a interface utilizada pelo ACS deve apresentar um termo de consentimento digital, possibilitando que a gestante manifeste sua concordância. O aceite é então salvo no banco de dados e transmitido como payload para a API. Um exemplo resumido de consentimento no padrão FHIR é apresentado a seguir:

Código 4 Exemplo de payload FHIR para o recurso Consent

```
{
  "resourceType": "Consent",
  "status": "active",
  "patient": {
    "reference": "Patient/123"
  },
  "scope": {
    "coding": [{
      "system": "http://terminology.hl7.org/CodeSystem/consentscope",
      "code": "patient-privacy"
    }]
  },
  "dateTime": "2025-07-03T10:00:00Z"
}
```

O status do consentimento deve ser verificado a cada requisição RESTful. Em caso de revogação, tanto o status local quanto o recurso FHIR devem ser atualizados para inactive, bloqueando qualquer operação que envolva compartilhamento externo, inclusive com a RNDS. Essa prática reforça a transparência e a autonomia da gestante, em conformidade com a legislação vigente.

Logs de Auditoria e Conformidade

Cada acesso, alteração ou compartilhamento de dados sensíveis deve gerar um log estruturado de auditoria, indicando:

- o profissional ou sistema que realizou a ação;
- a data e hora da operação;
- o tipo de recurso acessado ou modificado;
- o status do consentimento no momento da operação.

Essa rastreabilidade pode ser armazenada tanto em banco relacional quanto representada em recursos FHIR. A Tabela 3 apresenta um exemplo de registro de auditoria para o cadastro de uma nova observação clínica:

Tabela 3 – Exemplo de registro de auditoria para criação de dado sensível

id	acs	gestante	ação	recurso	data/hora	consentimento
1	42	123	create_observation	Observation	2025-07-03 15:42:00	active

A Tabela 4 apresenta um resumo das medidas de segurança, autenticação e conformidade adotadas na arquitetura do sistema IntegraAI, conforme as diretrizes técnicas e legais da LGPD e da Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS).

Área	Medidas Implementadas
Comunicação Segura	HTTPS com TLS 1.2+, criptografia de dados em trânsito e em repouso
Autenticação	OAuth 2.0 com JWT, tokens com escopo e validade, revogação dinâmica
Documentação	Swagger/OpenAPI com controle de credenciais
Consentimento	Controle via recurso Consent do FHIR, armazenamento digital do consentimento
Auditoria e LGPD	Recursos FHIR AuditEvent e Provenance, logs estruturados, conformidade com LGPD

Tabela 4 – Medidas de segurança, autenticação e consentimento no IntegraAI

Essa estratégia reforça a responsabilização e a transparência no tratamento de dados sensíveis, viabilizando auditorias completas e rastreáveis, fundamentais para a conformidade com a LGPD e para a confiabilidade do sistema *IntegraAI*.

4.4 Fluxo Operacional de Integração

A Figura 2 ilustra o fluxo de dados do sistema IntegrAI, que vem desde o fornecimento de dados pelas equipes de Agentes Comunitários de Saúde (ACS), passando pelo armazenamento estruturado em banco de dados PostgreSQL, até o processamento que é feito por um modelo preditivo que traz uma avaliação de riscos futuros para a criança. Em seguida, os resultados são interpretados e complementados por uma LLM (Large Language Model) especializada em saúde materno-infantil, que gera recomendações personalizadas. Essas recomendações são então disponibilizadas na interface do agente, garantindo segurança, rastreabilidade e plena conformidade com os padrões da Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS).

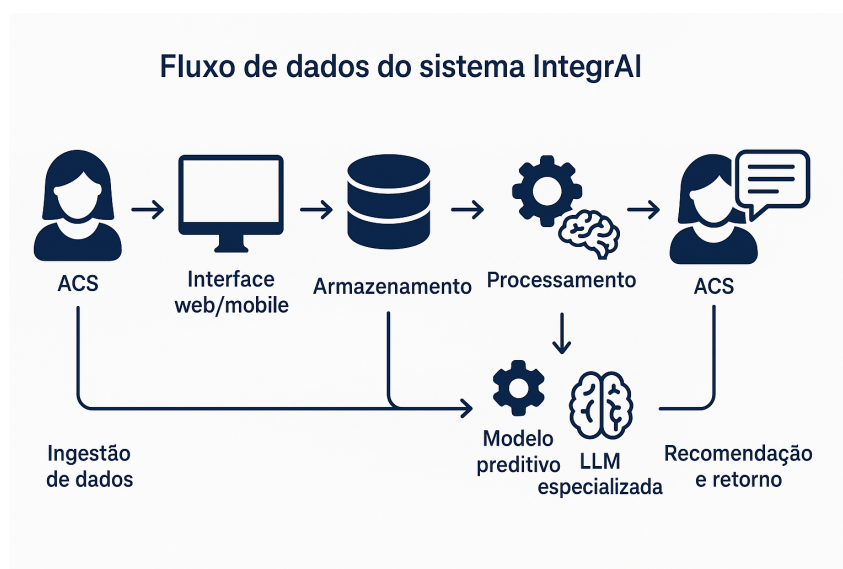


Figura 2 – Fluxo de dados do sistema IntegrAI.

O fluxo operacional deve adotar o princípio de um barramento de interoperabilidade, garantindo que cada etapa — da coleta inicial de informações até a entrega de recomendações personalizadas — ocorra de forma segura, modular e padronizada, utilizando o padrão FHIR R4, com rastreabilidade em todas as transações. Essa abordagem viabiliza a integração eficiente com a Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS) e assegura o acompanhamento longitudinal de gestantes de modo seguro, auditável e em conformidade com as diretrizes de proteção de dados.

A entrada de dados deve ocorrer preferencialmente por meio de aplicativos web ou mobile utilizados por agentes comunitários de saúde, com coleta de informações demográficas, biométricas, socioeconômicas e de hábitos de vida. Cada dado coletado deve ser estruturado em tempo real nos formatos FHIR Resources adequados — como Patient, Observation, QuestionnaireResponse ou RiskAssessment — e submetido por meio de endpoints RESTful. Nessa etapa, a API deve aplicar validações sintáticas, garantindo

aderência ao schema FHIR, validações semânticas, assegurando o uso de codificações corretas (como LOINC e SNOMED CT), além de verificar automaticamente o status de consentimento antes de aceitar ou descartar qualquer dado sensível.

No armazenamento e processamento, as informações validadas devem ser mantidas em banco de dados relacional, como PostgreSQL, utilizando campos JSONField quando necessário, para garantir flexibilidade, granularidade e rastreabilidade mediante metadados de autoria, versionamento e timestamps. É recomendável que os dados armazenados possam ser processados por modelos preditivos que estimem riscos futuros à saúde da criança, considerando informações clínicas e socioeconômicas, bem como por módulos baseados em Large Language Models (LLMs) especializados em saúde materno-infantil, para geração de recomendações personalizadas em linguagem acessível, de modo a apoiar a tomada de decisão dos profissionais de saúde.

A exposição e retorno de resultados devem ser feitos de forma estruturada, seguindo o padrão FHIR R4, por meio de endpoints RESTful seguros, prontos para integração com a RNDS ou outros sistemas locais, evitando redundâncias e garantindo interoperabilidade semântica. Recomenda-se que as instruções geradas sejam disponibilizadas diretamente na interface do agente comunitário de saúde, destacando informações de acompanhamento longitudinal, alertas de riscos identificados e orientações contextualizadas para visitas domiciliares, encaminhamentos ou ações educativas. Todos os acessos e exposições de dados devem ser auditados, com logs detalhados que garantam rastreabilidade, segurança e conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Por fim, testes de operações RESTful no padrão FHIR — contemplando cadastro, atualização e consulta — são recomendados para validar a viabilidade técnica do fluxo proposto de ponta a ponta.

4.5 Governança Informacional e Computacional

Para soluções de interoperabilidade em saúde, é fundamental que a governança do modelo de dados estabeleça uma distinção clara entre o **Modelo Informacional (MI)** e o **Modelo Computacional (MC)**, em conformidade com as boas práticas de interoperabilidade e com as diretrizes da Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS). Essa separação proporciona maior clareza, rastreabilidade e consistência em todas as fases do ciclo de vida da aplicação — do desenvolvimento inicial à manutenção e evolução futura.

O **Modelo Informacional (MI)** descreve de forma abrangente as informações essenciais para o acompanhamento longitudinal de gestantes, incluindo dados clínicos, socioeconômicos e comportamentais. Entre os campos recomendados estão: peso pré-gestacional e atual, altura, IMC, idade gestacional, condições de risco (como hipertensão ou diabetes gestacional), hábitos de vida, grau de vulnerabilidade social e histórico familiar de doenças crônicas. A definição desses elementos deve ser feita de forma colaborativa

entre equipes técnicas e multiprofissionais, assegurando a relevância clínica de cada campo e sua utilidade em módulos analíticos ou preditivos.

O **Modelo Computacional (MC)** transforma os elementos do MI em representações técnicas padronizadas, com base no padrão HL7 FHIR. Essa modelagem utiliza recursos canônicos — como `Patient`, `Observation`, `QuestionnaireResponse`, `RiskAssessment` e `FamilyMemberHistory` — complementados por perfis e extensões personalizadas quando necessário. Cada campo é mapeado para um atributo FHIR específico, utilizando codificações semânticas reconhecidas, como LOINC, SNOMED CT e CID-10, o que garante interoperabilidade técnica e semântica. Esse alinhamento também se reflete no banco de dados relacional, com tabelas como `Gestante` e `Avaliacao` estruturadas de forma coerente com os recursos FHIR, viabilizando validação e auditoria de transações.

A separação entre MI e MC orienta a estruturação da API e a organização das classes de backend (como modelos em Django), favorecendo versionamento modular, manutenção simplificada e evolução incremental. Essa organização facilita também a geração de payloads FHIR de exemplo, simulações de requisições RESTful e testes de conformidade com ferramentas especializadas. A rastreabilidade é reforçada por meio da documentação contínua e do registro de alterações em logs de governança.

Como parte dessa governança, recomenda-se a construção de mapas de correspondência que relacionem cada campo do MI a um recurso e atributo FHIR, além do código de terminologia oficial quando aplicável. Esses mapas asseguram interoperabilidade plena com a RNDS, padronização sintática e semântica, e aderência à LGPD. A validação pode ser realizada por meio de testes com payloads FHIR reais, simulando registros clínicos e respostas a questionários.

O mapeamento deve ser organizado em blocos temáticos, refletindo domínios essenciais para o cuidado em saúde materno-infantil: informações gerais, condições clínicas, planejamento obstétrico e hábitos de vida. A Tabela 5 apresenta um exemplo ilustrativo referente à seção de informações gerais da gestante.

Tabela 5 – Exemplo de mapeamento

Campo	Recurso FHIR	Atributo FHIR	Código
Nome	Patient	Patient.name	—
Data de nascimento	Patient	Patient.birthDate	—
Peso pré-gestacional	Observation	Observation.valueQuantity	Custom
Altura	Observation	Observation.valueQuantity	8302-2 (LOINC)
IMC pré-gestacional	Observation	Observation.valueQuantity	39156-5 (LOINC)
Peso atual	Observation	Observation.valueQuantity	29463-7 (LOINC)

Esse tipo de estrutura assegura que os dados coletados sejam representados de

forma compartilhável, segura e semanticamente consistente entre diferentes sistemas. A governança informacional e computacional, portanto, é um elemento-chave para garantir a qualidade, rastreabilidade e interoperabilidade das soluções de saúde digital como o *IntegrAI*.

5 Resultados e Discussão

Este capítulo apresenta os resultados obtidos até o momento no desenvolvimento da API de integração voltada ao apoio de Agentes Comunitários de Saúde (ACS) no acompanhamento de gestantes, em conformidade com os princípios da saúde digital e com as diretrizes da Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS). A proposta busca assegurar a interoperabilidade técnica e semântica com os sistemas oficiais do SUS, por meio da adoção do padrão HL7 FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources), versão R4.

A API desenvolvida constitui um dos módulos centrais da iniciativa *IntegrAI*, funcionando como elo de integração entre agentes comunitários de saúde, modelos preditivos e serviços de apoio à decisão clínica. Sua implementação utiliza o framework **Django**, em conjunto com o **Django REST Framework**, possibilitando a construção de endpoints RESTful compatíveis com o padrão HL7 FHIR. O banco de dados adotado é o **PostgreSQL**, cuja robustez e suporte nativo a dados no formato JSON facilitam o armazenamento e a manipulação de representações FHIR completas. A conformidade sintática e semântica com a especificação FHIR R4 é assegurada pela biblioteca **fhir.resources**, integrada ao sistema de validação baseado em **Pydantic**. A autenticação está sendo implementada com uso de **JWT (JSON Web Token)**, garantindo controle de acesso seguro às informações sensíveis. Já a documentação dos serviços segue a especificação **Swagger/OpenAPI**, promovendo transparência, interoperabilidade e facilitando a integração com outros sistemas.

As seções a seguir detalham os resultados obtidos até o momento, organizados segundo os cinco eixos de requisitos definidos no Capítulo 4: padronização de dados e validação; modelagem modular, metadados e versionamento; segurança, autenticação e consentimento; fluxo operacional de integração; e governança informacional e computacional.

5.1 Padronização de Dados e Validação

A padronização dos dados é um pilar essencial para a interoperabilidade entre sistemas de saúde. No contexto do projeto **IntegrAI**, a validação ocorre em dois níveis principais: sintático e semântico. A **validação sintática** foi operacionalizada por meio da biblioteca **fhir.resources**, que valida automaticamente a estrutura dos objetos FHIR recebidos nas requisições. Por exemplo, ao receber dados de um paciente via POST, o sistema utiliza:

Código 5 Validação sintática com `fhir.resources`.

```
from fhir.resources.patient import Patient
patient = Patient(**data)
```

O código 6 ilustra uma requisição do tipo POST para envio de um recurso FHIR da classe `Patient`, utilizando a ferramenta Postman como cliente HTTP. A requisição segue rigorosamente a estrutura definida na especificação FHIR, sendo os dados validados automaticamente no backend por meio da biblioteca `fhir.resources`, que provê classes correspondentes aos recursos e realiza validação semântica e sintática conforme o padrão.

Código 6 Requisição POST para envio de recurso FHIR `Patient`

```
{
  "resourceType": "Patient",
  "fhir_id": "12345",
  "full_name": "Maria Clara Silva",
  "given_name": "Maria Clara",
  "family_name": "Silva",
  "birth_date": "1995-08-21"
}
```

Caso a estrutura do objeto JSON não esteja em conformidade com o padrão FHIR — por exemplo, se o campo `birthDate` apresentar um formato inválido ou o campo `name` não obedecer à estrutura esperada — a biblioteca lança uma exceção durante o processo de desserialização, resultando na rejeição automática da requisição com uma mensagem de erro apropriada. Esse mecanismo de validação sintática e estrutural assegura que apenas dados compatíveis com a especificação FHIR sejam persistidos, promovendo a integridade e a interoperabilidade dos recursos armazenados.

Por outro lado, a validação semântica foi aplicada em etapas específicas que requerem interpretação contextual dos dados clínicos. Um exemplo emblemático é o processo de classificação automática do Índice de Massa Corporal (IMC) da gestante. A partir dos valores informados de peso e altura pré-gestacionais, o sistema calcula o IMC e o classifica segundo critérios clínicos reconhecidos, como: Abaixo do peso, Peso normal, Sobrepeso ou Obesidade. Essa classificação, por sua vez, é registrada como um recurso FHIR do tipo `Observation`, atribuindo significado clínico aos dados brutos e favorecendo seu reuso em análises secundárias e sistemas de apoio à decisão.

Código 7 Validação semântica e classificação do IMC.

```
imc, classificacao = calcular_imc(peso, altura)
ObservationData.objects.create(
    fhir_patient=patient,
    code='imc_classification',
    value=classificacao
)
```

O código 8 exemplifica o envio de uma observação de peso pré-gestacional utilizando a ferramenta Postman, por meio de uma requisição HTTP POST que segue a estrutura especificada pelo padrão FHIR, utilizando o recurso `Observation`.

Código 8 Envio de peso pré-gestacional via recurso FHIR `Observation` utilizando o Postman

```
{
  "fhir_id": "abc123",
  "code": "height",
  "value": "1.65",
  "unit": "m"
}
```

Com as informações de peso e altura são geradas as Observações correspondentes ao valor do IMC e a classificação desse valor, que podem ser recuperadas por meio do endpoint:

Código 9 Requisição GET para recuperar observações clínicas via FHIR usando o `fhir_id`

```
GET /observations/12345/ HTTP/1.1
Accept: application/fhir+json
Authorization: Bearer <token>
```

Outro exemplo é a inferência de risco gestacional, baseada na quantidade de consultas de pré-natal. Caso sejam registradas menos de seis consultas, a gestante é classificada automaticamente como "Risco":

Código 10 Avaliação semântica do risco gestacional.

```
risco = avaliar_risco_gestacional(prenatal_visits)
ObservationData.objects.create(
    fhir_patient=patient,
    code='gestational_risk',
    value=risco
)
```

Essas validações garantem não apenas a conformidade estrutural com os recursos FHIR, mas também a coerência clínica das informações registradas. Dessa forma, o projeto

mantém aderência às boas práticas de interoperabilidade e prepara os dados para integração com a Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS).

5.2 Modelagem Modular, Metadados e Versionamento

A modelagem proposta adota uma abordagem modular, baseada em recursos FHIR independentes e reutilizáveis, permitindo que cada elemento clínico — como paciente, condição ou observação — seja representado de forma isolada, com associações semânticas claras e rastreáveis.

No projeto **IntegrAI**, essa modularização é refletida na separação entre modelos Django como `FhirPatient`, `ObservationData` e `GestationalSurvey`, cada um representando um recurso FHIR específico (`Patient`, `Observation`, `QuestionnaireResponse`). As relações entre eles são estabelecidas por meio de chaves estrangeiras, respeitando as ligações semânticas entre os recursos.

A Tabela 6 apresenta um resumo dos principais modelos computacionais definidos no sistema, com seus respectivos propósitos, correspondência FHIR e atributos relevantes.

Tabela 6 – Modelos computacionais implementados e mapeamento FHIR

Modelo Django	Recurso FHIR	Atributos principais
<code>FhirPatient</code>	<code>Patient</code>	<code>fhir_id</code> , <code>full_name</code> , <code>given_name</code> , <code>family_name</code> , <code>birth_date</code> , <code>created_at</code>
<code>ObservationData</code>	<code>Observation</code>	<code>fhir_patient</code> (FK), <code>code</code> , <code>value</code> , <code>unit</code> , <code>created_at</code> , <code>created_by</code>
<code>GestationalSurvey</code>	<code>QuestionnaireResponse</code>	<code>fhir_patient</code> (FK), <code>socioeconomic_risk</code> , <code>prenatal_visits</code> , <code>has_hypertension</code> , <code>has_diabetes</code> , <code>alcohol_consumption</code> , <code>tobacco_use</code> , etc.

Cada instância criada é automaticamente enriquecida com metadados estruturados, como data de criação e atualização. Isso é feito utilizando os campos `auto_now_add` e `auto_now`, conforme padrão do Django:

Código 11 Metadados estruturados para rastreabilidade.

```
created_at = models.DateTimeField(auto_now_add=True)
updated_at = models.DateTimeField(auto_now=True)
```

Além disso, o sistema armazena a origem dos dados e o autor do registro sempre que possível, permitindo rastreabilidade completa, o que está alinhado com as diretrizes

da RNDS.

O **versionamento** é suportado por padrão no FHIR por meio do campo `meta.versionId`, o qual permite representar diferentes versões de um mesmo recurso, mantendo rastreabilidade completa das alterações. No sistema desenvolvido, ainda não se aplica um controle direto desse campo, mas adota-se uma abordagem de *versionamento lógico*, em que múltiplas observações do mesmo tipo podem ser registradas para um mesmo paciente.

Essa estratégia evita sobrescritas e possibilita a reconstrução do histórico clínico com base em dados acumulados ao longo do tempo. Por exemplo, cada novo cálculo de IMC gera uma nova instância do recurso `Observation` associada ao paciente:

Código 12 Observações versionadas preservam histórico clínico.

```
ObservationData.objects.create(  
    fhir_patient=patient,  
    code='imc',  
    value='23.5',  
    unit='kg/m2'  
)
```

Essa abordagem é compatível com os princípios da interoperabilidade em saúde e pode, futuramente, ser estendida para implementar o versionamento explícito por meio do campo `meta.versionId`, conforme previsto no padrão FHIR.

A **governança da informação** é sustentada por controle de perfis de acesso e regras que limitam operações de leitura, escrita e atualização. Embora em protótipo inicial não se implemente um sistema de usuários completo, a arquitetura já prevê responsabilidade sobre as ações por meio do token de autenticação e logs de inserção. Essa estrutura é compatível com os princípios da **LGPD** e as práticas exigidas pela **Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS)**.

5.3 Segurança, Autenticação e Consentimento

A segurança da informação e o respeito ao consentimento do paciente são pilares fundamentais para a interoperabilidade em saúde. O sistema *IntegrAI* foi concebido com base nos princípios e fundamentos da **Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD)** — conforme Tabela 2 — e nas exigências normativas da **Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS)**, descritas na Portaria GM/MS nº 1.434/2020 e nos Guias de Interoperabilidade.

No estágio atual, o módulo de segurança encontra-se em fase inicial de desenvolvimento, com funcionalidades ainda não implementadas de forma completa. A autenticação está em protótipo, utilizando **OAuth 2.0** com suporte parcial a **tokens**

JWT — limitando-se à geração e validação básicas de tokens, sem controle granular de permissões ou integração com logs de auditoria.

Medidas previstas como **criptografia de dados em trânsito** (TLS 1.2+), **criptografia de dados em repouso** e uso de **certificação digital ICP-Brasil** ainda não foram implementadas e permanecem como etapas planejadas para as próximas versões. A arquitetura, no entanto, já está preparada para integrá-las, garantindo autenticidade, integridade e confidencialidade no ambiente de produção.

O tratamento de dados sensíveis seguirá o princípio da minimização e será condicionado ao consentimento livre, informado e específico da gestante. Para isso, está previsto o uso do recurso Consent do padrão HL7 FHIR, que permitirá registrar autorizações por escopo clínico, profissional de saúde e período de vigência. Embora ainda não implementado, o modelo já está mapeado e integrado conceitualmente à API, conforme o exemplo simplificado abaixo:

Código 13 Exemplo do recurso FHIR Consent (simplificado).

```
{
  "resourceType": "Consent",
  "patient": { "reference": "Patient/abc123" },
  "scope": { "coding": [{ "code": "patient-privacy" }] },
  "provision": {
    "type": "permit",
    "actor": [{
      "role": { "text": "provider" },
      "reference": { "reference": "Practitioner/def456" }
    }],
    "purpose": [{ "code": "treatment" }]
  }
}
```

Apesar de ainda não possuir implementação efetiva desses mecanismos, o projeto já define claramente como atenderá ao Art. 6º, VII (Segurança) e Art. 37 (Registro das operações) da LGPD, além de alinhar-se às diretrizes técnicas da RNDS. A evolução prevista contempla autenticação robusta, criptografia completa, gestão efetiva de consentimento e rastreabilidade total das operações.

5.4 Fluxo Operacional de Integração

O fluxo operacional proposto estabelece uma jornada digital para os dados de saúde da gestante, desde a sua coleta inicial até o envio à RNDS, assegurando consistência, interoperabilidade e segurança em todas as etapas.

A coleta dos dados clínicos e administrativos ocorre em sistemas locais, como prontuários eletrônicos de unidades básicas de saúde (UBS) ou aplicativos utilizados por Agentes Comunitários de Saúde (ACS). No contexto do projeto **IntegrAI**, a coleta é

feita por meio de requisições POST enviadas ao sistema, contendo dados estruturados em conformidade com os perfis FHIR adotados.

Esses dados passam por um **pipeline de ingestão**, composto por etapas de transformação, validação e preparação para interoperabilidade com a RNDS:

1. **Transformação para FHIR:** os dados recebidos são instanciados como objetos FHIR usando a biblioteca `fhir.resources`, validando automaticamente o modelo e garantindo compatibilidade com a especificação da RNDS.

Código 14 Transformação do JSON em objeto FHIR.

```
from fhir.resources.patient import Patient
patient = Patient(**data)
```

2. **Enriquecimento com metadados:** cada recurso criado é complementado com dados como autor, timestamps e versionamento, o que facilita auditoria e rastreabilidade.

Código 15 Enriquecimento com metadados locais.

```
patient.meta = {
    "versionId": "1",
    "lastUpdated": datetime.utcnow().isoformat()
}
```

3. **Assinatura digital e verificação de integridade:** etapa planejada para produção, onde os recursos seriam assinados com certificados ICP-Brasil, conforme exigido pela RNDS.
4. **Armazenamento intermediário:** os dados são mantidos no banco PostgreSQL para serem enviados posteriormente à RNDS, simulando a camada de integração do barramento nacional.

O sistema IntegrAI estrutura os dados de saúde da gestante conforme os perfis FHIR exigidos pela RNDS. Para enviar múltiplas informações clínicas em uma única transação, é utilizado o recurso `Bundle`, que agrupa recursos como `Patient`, `Observation` e `QuestionnaireResponse`:

Código 16 Exemplo de Bundle FHIR para envio à RNDS.

```
from fhir.resources.bundle import Bundle

bundle = Bundle.construct(
    type="transaction",
    entry=[
        {"resource": patient},
        {"resource": observation},
        {"resource": survey_response}
    ]
)
```

O envio será realizado de forma assíncrona, utilizando APIs RESTful seguras com autenticação via certificado digital ICP-Brasil. Também está previsto o uso de **assinatura digital** e **metadados de rastreabilidade**, como autor, data e versão.

Até o momento, a aplicação realiza todas as etapas de validação e persistência dos dados, restando a etapa de integração efetiva com o barramento nacional da RNDS, que será viabilizada nas próximas fases do projeto.

5.5 Governança Informacional e Computacional

A governança da informação no projeto **IntegrAI** foi pensada desde sua concepção para assegurar a **integridade**, **disponibilidade** e **confidencialidade** dos dados de saúde, seguindo princípios da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) e diretrizes técnicas da Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS).

Do ponto de vista **informacional**, cada registro inserido no sistema contém metadados que garantem rastreabilidade: autor, carimbo de data/hora de criação e atualização, além de identificadores únicos. Isso possibilita o histórico completo de modificações, essencial em contextos clínicos e de auditoria.

Em termos **computacionais**, a plataforma foi construída sobre uma arquitetura modular com separação clara de responsabilidades entre camadas: captura de dados, validação, armazenamento temporário e exposição via API. Cada recurso FHIR (como Patient, Observation ou QuestionnaireResponse) possui modelos dedicados que seguem o princípio da responsabilidade única, facilitando testes, auditoria e versionamento.

A autenticação e controle de acesso são planejados para ocorrer via token ou certificados digitais ICP-Brasil, garantindo que apenas sistemas ou usuários autorizados possam enviar ou consultar dados. Apesar de ainda estar em fase de prototipagem, o sistema já considera o uso de Consent para o gerenciamento explícito de permissões de acesso, respeitando as decisões do titular dos dados.

A governança computacional também considera o uso de logs e controle de versões como parte fundamental da estratégia de segurança e confiabilidade, permitindo reverter ações indevidas e verificar o histórico completo de transações. Dessa forma, o sistema está preparado para suportar ambientes distribuídos, integrando com outras plataformas de forma segura e auditável.

6 Considerações finais

Este trabalho apresentou o desenvolvimento inicial da API que fará parte do *IntegrAI*, uma solução tecnológica voltada à qualificação do acompanhamento pré-natal na Atenção Primária à Saúde (APS). Os objetivos estabelecidos foram parcialmente cumpridos: a arquitetura da aplicação foi concebida de forma modular; o modelo informacional está em estruturação conforme requisitos legais e técnicos; e todos os componentes foram planejados para alinhamento às diretrizes da **Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS)**, ao padrão **HL7 FHIR** e aos princípios da **Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD)** ([HL7 International, 2025b](#); [HL7 International, 2025a](#); [Brasil. Ministério da Saúde, 2025](#)).

A modelagem adotada permitiu representar informações clínicas de gestantes de forma interoperável, respeitando os fluxos de trabalho típicos da Estratégia Saúde da Família (ESF) e considerando o papel dos Agentes Comunitários de Saúde (ACS) como elo fundamental no cuidado gestacional ([MOROSINI; FONSECA, 2018](#); [ABREU et al., 2020](#)). Ao seguir padrões internacionais de representação de dados de saúde, como o HL7 FHIR, a proposta mostra-se compatível com o ecossistema de saúde digital que está sendo consolidado no Brasil. Embora funcionalidades como autenticação, criptografia e gestão de consentimento ainda estejam em estágio inicial, sua arquitetura já prevê mecanismos para atender às exigências legais e garantir segurança e rastreabilidade no tratamento dos dados.

Entretanto, reconhecem-se algumas limitações do presente estudo. O sistema ainda encontra-se em estágio de *protótipo*, sem testes de campo com usuários finais e sem interface gráfica concluída. Além disso, a integração com sistemas legados do SUS, como o e-SUS AB e o Prontuário Eletrônico do Cidadão (PEC), ainda não foi implementada. Tais restrições limitam, por ora, a sua aplicação prática em Unidades Básicas de Saúde.

Como próximos passos, o ideal seria uma evolução na implementação das funcionalidades de segurança para a realização de **testes com ACS em ambiente real**, de forma que sejam validados não só aspectos técnicos, mas também a usabilidade da ferramenta. A **integração plena com sistemas oficiais do SUS**, a **consolidação dos mecanismos de segurança e conformidade legal** e a **disponibilização pública do repositório de código-fonte** também são etapas importantes para garantir a sustentabilidade e transparência da proposta, em consonância com os princípios da Ciência Aberta.

Por fim, destaca-se o **potencial de expansão da API IntegrAI para outras linhas de cuidado no SUS**, como saúde da criança, hipertensão e diabetes. A arquitetura

modular desenvolvida favorece essa escalabilidade e contribui para o fortalecimento de uma APS digital, resolutiva e centrada nas necessidades da população ([BENDER et al., 2024](#); [SANTOS et al., 2017](#); [PAVÃO, 2023](#)).

Referências

ABREU, F. D. L. et al. Percepções dos agentes comunitários de saúde sobre as tecnologias de informação e comunicação na atenção primária à saúde: uma pesquisa exploratória. **Revista Humanidades e Inovação**, v. 8, n. 5, 2020. Citado 3 vezes nas páginas 1, 2 e 3.

AYAZ, M.; PASHA, M. F.; ALZHRANI, M. Y.; BUDIARTO, R.; STIAWAN, D. The fast health interoperability resources (fhir) standard: systematic literature review of implementations, applications, challenges and opportunities. **JMIR Medical Informatics**, v. 9, n. 7, 2021. Citado 3 vezes nas páginas 1, 3 e 4.

BENDER, J. D. et al. O uso de tecnologias de informação e comunicação em saúde na atenção primária à saúde no Brasil, de 2014 a 2018. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 29, p. e19882022, 2024. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 2.

BRASIL. **Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014 (Marco Civil da Internet)**. 2014. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l12965.htm>. Citado na página 4.

Brasil. **Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 — Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD)**. 2018. <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm>. Citado na página 6.

BRASIL. **Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 (Lei Geral de Proteção de Dados)**. 2018. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm>. Citado na página 4.

BRASIL. **Lei nº 13.853, de 8 de julho de 2019 (Criação da ANPD)**. 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/l13853.htm>. Citado na página 4.

Brasil. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 569, de 1º de junho de 2000. Institui o Programa de Humanização no Pré-natal e Nascimento**. Brasília, DF: [s.n.], 2000. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2000/prt0569_01_06_2000.html>. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 2.

Brasil. Ministério da Saúde. **Programa de Humanização no Pré-natal e Nascimento**. Brasília: Ministério da Saúde, 2002. Disponível em: <<https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/parto.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 2.

Brasil. Ministério da Saúde. **Modelo Padrão de Dados MAD**. 2025. Disponível em: <<https://datasus.saude.gov.br/modelo-padrao-de-dados-mad/>>. Citado na página 1.

CORBO, A. D.; MOROSINI, M. V. G. C.; PONTES, A. L. d. M. Saúde da família: construção de uma estratégia de atenção à saúde. In: MOROSINI, M. V. G. C. (Ed.). **Modelos de atenção à Saúde da Família**. Rio de Janeiro: EPSJV/Fiocruz, 2007. p. 69–103. Citado na página 1.

CRISTINA, E. A. Lei geral de proteção de dados e o impacto nos sistemas de informação em saúde. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, v. 11, n. 3, 2021. Citado na página 7.

DOLIN, R. H.; ALTSCHULER, L.; BOYER, S.; BEEBE, C.; BIRON, P.; MARSHALL, B. The hl7 clinical document architecture. **Journal of the American Medical Informatics Association**, v. 8, n. 6, p. 552–569, 2001. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jamia/article-abstract/8/6/552/778884?redirectedFrom=fulltext&login=false>>. Citado na página 3.

HL7 International. **About HL7**. 2025. Disponível em: <<https://www.hl7.org/about/index.cfm>>. Citado na página 1.

HL7 International. **FHIR Specification**. 2025. Disponível em: <<https://hl7.org/fhir/>>. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 1.

ISO. **ISO/TS 13972:2015 – Health informatics — Detailed clinical models**. 2015. International Organization for Standardization. Citado na página 5.

MOROSINI, M. V. G. C.; FONSECA, A. F. O agente comunitário de saúde na atenção primária. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 23, n. 6, p. 1791–1802, 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sdeb/a/CtVJJm7MRgkGKjTRnSd9mxG/?lang=pt>>. Citado na página 1.

Organização das Nações Unidas – ONU. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 3: Saúde e bem-estar**. Brasília: [s.n.], 2024. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/3>>. Citado na página 1.

PAVÃO, F. R. O. **Um novo sistema e-Health para monitoramento remoto de pacientes em atenção domiciliar**. 109 p. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação)) — Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/37907>>. Citado 3 vezes nas páginas 3, 4 e 2.

PETRY, K.; LOPES, P. M. A.; WANGENHEIM, D. V. Interoperabilidade de sistemas hospitalares utilizando padrões hl7 e datasus. **hl7 e datasus**, 2005. Citado na página 3.

RODRIGUES, S. F. **Melhoria da atenção ao pré-natal e puerpério na ESF Duque de Caxias, São Luiz Gonzaga/RS**. 2016. Monografia (Especialização em Saúde da Família) – Universidade Aberta do SUS/UFSM. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/84843472.pdf>>. Citado na página 1.

SANTOS, A. F. 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. Citado 3 vezes nas páginas 1, 2 e 3.

SAÚDE, M. da. **Portaria nº 2.073, de 31 de agosto de 2011**. 2011. Define padrões de interoperabilidade para a saúde. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2073_31_08_2011.html>. Citado na página 4.

SAÚDE, M. da. **Estratégia de Saúde Digital para o Brasil 2020–2028**. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/estrategia-de-saude-digital-para-o-brasil>>. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 5.

SAÚDE, M. da. **Portaria GM/MS nº 1.434, de 28 de maio de 2020**. 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-1.434-de-28-de-maio-de-2020-257929302>>. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 5.

SAÚDE, M. da. **Portaria GM/MS nº 3.328, de 30 de agosto de 2022**. 2022. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-3.328-de-30-de-agosto-de-2022-430002189>>. Citado na página 5.

SAÚDE, M. da. **Portaria GM/MS nº 883, de 18 de abril de 2022**. 2022. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-883-de-18-de-abril-de-2022-399271292>>. Citado na página 5.

UCHIDA, T. H. et al. Percepção de profissionais de saúde sobre utilização de tecnologias de informação e comunicação. **Revista SUSTINERE**, 2020. Citado na página 2.

VICTORA, C. G.; WAGSTAFF, A.; SCHELLENBERG, J. A.; GWATKIN, D.; CLAESON, M.; HABICHT, J. P. Applying an equity lens to child health and mortality: more of the same is not enough. **The Lancet**, v. 362, n. 9379, p. 233–241, 2003. Citado na página 1.

YAMAGUTI, V. H.; MIYOSHI, N. S. B.; DELFINI, M. G.; L., . P. C.; ALVES, D. Estudo e projeto de um servidor de terminologia hl7 fhir. **Estudo e Projeto de um Servidor de Terminologia HL7 FHIR**, 2018. Disponível em: <<http://www.jhi-sbis.saude.ws/ojs-jhi/index.php/jhi-sbis/article/view/523/324>>. Citado na página 3.