

PIXEL, Plataforma para Integração de Experimentos de Interoperabilidade em Sistemas Legados de Saúde Pública

ABSTRACT

Health information systems are increasing in complexity and volume of data. Data, however, do not always follow a common pattern, which hinders services integration and interoperability between vendors, especially when it involves legacy systems. This work proposes PIXEL, a platform for integrating interoperability experiments in legacy public health systems. This solution was implemented in GISSA, an intelligent system that uses machine learning and ontologies to generate dashboards, reports, indicators, semantic search, risk analysis and inferences to support decision making process. PIXEL implements fundamental, structural and semantic interoperability, as proposed by the Society for Health Information and Management Systems (HIMSS). PIXEL can be adapted to other health systems.

Index Terms - Interoperability, Legacy Systems, GISSA, Health Information Systems.

1 Introdução

A grande diversidade dos dados e informações fornecidas à administração pública traz grandes desafios para cooperação e a formalização de processos, entre os quais a integração das fontes de informações das instâncias governamentais e privadas. Governos falham em implementar interoperabilidade em seus sistemas públicos de saúde por diversas razões, principalmente por não cumprirem normas necessárias por parte dos componentes de uma rede de colaboração [5], o que impacta diretamente nos diferentes setores governamentais que têm a necessidade de integrar informações aos seus sistemas ou portais. De acordo com [10][9], a necessidade de integrar sistemas não é um problema que deve ter uma solução única em determinado momento. É, antes, uma obrigação que os governos e organizações deverão satisfazer no futuro para os setores que utilizam tecnologias.

No setor de saúde, as entidades geram diariamente um denso volume de informações em formatos variados, provenientes de diferentes fontes de informação. Para agravar a situação, é comum que entidades adotem diferentes sistemas de informação para tratar e armazenar seus dados. Uma das prioridades destacadas por estas instituições está diretamente ligada à integração destes

sistemas com os seus parceiros internos e externos, assegurando a troca de informação. A integração de Sistemas de Informação em Saúde (SIS) requer a observância de conceitos de interoperabilidade de sistemas, pois, para promover qualidade e eficiência do atendimento em saúde, é imprescindível o compartilhamento de informações..

Para o *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), interoperabilidade é a capacidade de um sistema ou produto funcionar com outros sistemas/produtos, sem nenhum tipo de esforço especial por parte de um cliente [7]. Segundo o IEEE, a aplicação de interoperabilidade é possível somente a partir da utilização rigorosa das normas e padrões estabelecidos. Portanto, a interoperabilidade está diretamente relacionada à cooperação definida por regras específicas, padrões e políticas que possibilitam o intercâmbio integrado das informações dos diferentes tipos de problema, relacionados a contextos distintos. Têm-se, assim, níveis de interoperabilidades, segundo *Healthcare Information and Management Systems Society, Inc.* (HIMSS) : fundamental, estrutural, semântica e novo organizacional.

Assim, além da questão de interoperabilidade em padrões de informações na saúde e ontologias de bases heterogêneas, existem outras problemas. É o caso da agregação de novos serviços em plataformas legadas, especialmente em sistemas com abordagem tecnológica proprietária ou mesmo tentar estabelecer uma comunicação entre sistemas legados.

Este trabalho apresenta a PIXEL, uma Plataforma para Integração de Experimentos de Interoperabilidade em Sistemas Legados de Saúde Pública. Esta solução foi implementada na aplicação de Governança Inteligente para Sistemas de Saúde (GISSA) [Removed double-blind view], um sistema inteligente que usa *machine learning* e ontologias na geração de alertas e apoio à tomada de decisão de seus usuários. Assim, é apresentada a proposta plataforma PIXEL, que trata os problemas de interoperabilidade no GISSA e de sistemas similares.

A PIXEL foi, portanto, integrada ao GISSA possibilitando a agregação de novos serviços ao sistema legado. Além de resolver o problema de integração de serviços, demonstrado no estudo de caso, a proposta se apresenta como uma solução a ser adotada em outros sistemas de

similar interesse e faz uso da GIRLS [Removed double-blind view], disponibilizando recursos de interoperabilidade de Registro Eletrônico de Saúde (RES) nos padrões *Open Electronic Health Record* (OpenEHR) e *Fast Healthcare Interoperability Resources* (FHIR).

Este trabalho está organizado da seguinte forma: A seção 2 discute os trabalhos relacionados à plataforma proposta. A seção 3 apresenta o GISSA®, sistema integrado a PIXEL. A seção 4 descreve a solução PIXEL. A seção 5 descreve a prova de conceito da aplicação da solução proposta ao GISSA. Por fim, na seção 6 são apresentadas as considerações finais sobre as soluções adotadas na PIXEL e a sua importância no contexto de integração e interoperabilidade de SIS.

2 Trabalhos Relacionados

No trabalho apresentado em [11], uma ferramenta que sistematiza soluções de interoperabilidades entre sistemas distribuídos, permitindo que os componentes envolvidos na implementação de aplicações distribuídas conversem por intermédio de mecanismos automatizados de interoperabilidade.

Em [6], propõe-se o eHealth-Interop, uma plataforma de interoperabilidade para integração de informações de cuidados mentais em um região brasileira. O modelo de informações de interoperabilidade usado na plataforma, baseia-se nos padrões de saúde internacional e brasileira. O ambiente de interoperabilidade proposto conseguiu integrar informações na rede de assistência à saúde mental com o apoio de 5 organizações internacionais e nacionais.

Em outra plataforma interoperável, [14] apresenta um ambiente para integração de dados de saúde centrado no paciente e para tomada de decisões clínicas. A plataforma foi implementada para atender os requisitos de interoperabilidade de um hospital em Melbourne, Austrália. O ambiente proposto mostrou-se promissor, pois conseguiu integrar e flexibilizar o acesso às informações dos pacientes.

Observa-se com esses trabalhos a aderência da ideia de implementar ferramentas interoperáveis, porém diferentes dos trabalhos citados, a proposta de implementar uma plataforma que permita interoperabilidade entre sistemas de saúde através da especificação de modelos de comunicação.

3 GISSA, Governança Inteligente em Sistemas de Saúde

O projeto GISSA é um sistema que surgiu a partir da plataforma LARISSA [Removed double-blind view]. Trata-se

de um sistema inteligente de governança para o apoio à tomada de decisão em ambientes de saúde, que teve seu foco inicial no projeto Rede Cegonha do Ministério da saúde [Removed double-blind view] [Removed double-blind view], sendo apoiado pelo Financiamento de Estudos e Projetos (FINEP). O GISSA é constituído por uma série de componentes que possibilitam a coleta, integração e visualização de informações relevantes aos procedimentos de tomada de decisão [Removed double-blind view]. A prova de conceito foi implantada na cidade de Tauá - Ceará, tendo havido uma expansão do sistema para 20 municípios das regiões Nordeste e Sudeste. A figura 1 mostra a arquitetura do GISSA, seus componentes, conexões e fluxo de dados.

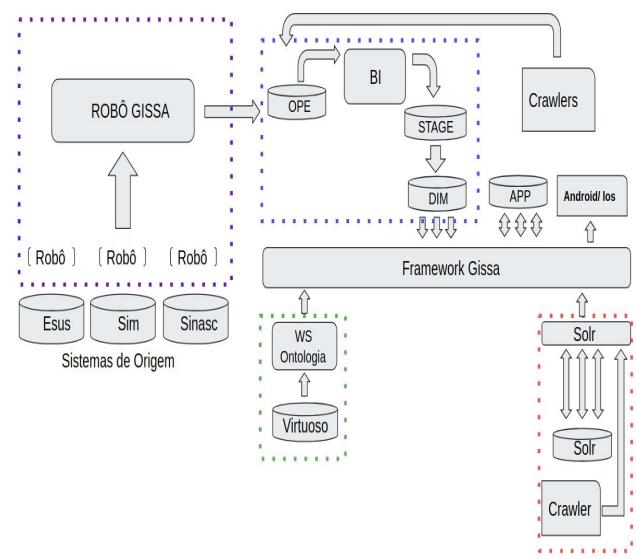


Figure 1: Arquitetura GISSA

O GISSA utiliza o Atlântico Web Framework (AWF), um framework proprietário que cria com maestria seus serviços fundamentais: *Dashboard*, indicadores, relatórios, análises de risco e alertas. As informações usadas no GISSA são oriundas de bases de SIS (eSUS, SIM, SINASC, SINAN, SIPNI e CNES), obtidas por meio de autorização junto aos responsáveis de cada município. Adicionalmente agraga informações de outras bases como do Tribunal de Contas do Estado (TCE) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Diariamente as informações são extraídas das bases de dados dos municípios por meio de robôs instalados nas máquinas dos municípios que contêm os dados dos sistemas de interesse.

Os dados brutos extraídos das fontes de interesse são gravados no banco de dados Operacional. Este insumo é tratado pelo componente de *Business Intelligence* (BI),

ferramenta *Pentaho Data Integration* (PDI) responsável pelas rotinas de transformação/limpeza dos dados e gravação nos níveis seguintes. O fluxo completo é realizado por ferramentas de *Extract, Transform and Load* (ETL), finalizando na manutenção da *Data Warehouse* (DW) do GISSA.

Diante desse contexto, a plataforma PIXEL permite agregar funcionalidades de comunicação por meio de uma aplicação Restful que viabiliza a interoperabilidade de sistemas legados e faz utilização da tecnologia GIRLS [Removed double-blind view] para operar com sistemas nos padrões OpenEHR e FHIR.

4 Plataforma proposta

A plataforma PIXEL é uma ferramenta que possibilita a criação de serviços a serem utilizados na integração de SIS, permitindo a interoperabilidade nos níveis fundamental, sintática e semântica da HIMSS. Além disso, é disponibilizada uma implementação funcional da plataforma proposta.

4.1 Cenário de aplicação

Considerando a aplicação GISSA, deseja-se integrar um novo serviço externo ao escopo. Via de regra, todos os dados manipulados pelo AWF são provenientes da DW GISSA. Foram identificados aspectos das interoperabilidades fundamental, sintática e semântica.

Fundamental: Quanto ao aspecto de interoperabilidade comunicação, são identificados dois problemas a serem considerados neste cenário de aplicação:

1. **Consumo de Informação:** A comunicação do GISSA, quando feita pelo AWF, é realizada via *POST*, único verbo disponível neste *framework*, base para aplicativos do sistema.
2. **Disponibilização de Informação:** O GISSA não possui mecanismo padrão para comunicar-se com sistemas parceiros.

Sintática: Uma vez resolvida a questão do consumo e disponibilidade dos dados, o próximo passo é o tratamento sintático destas informações. No caso, tratar-se do mapeamento de informações (tamanho, tipos, nomes de campos, etc.) contidas em uma base de dados, transformando-as em um modelo de dados com vistas a transformação/inserção em outra base.

Semântica: A plataforma PIXEL propõe a solução desses três aspectos de interoperabilidade, tendo sido implementados os aspectos de Comunicação (consumo e disponibilidade de dados), Sintaxe (estrutura de banco de dados) e Semântica (RES para OpenEHR e FHIR).

Para prover a interoperabilidade semântica nos Sistemas de SIS que usam padrões de consensos como FHIR e OpenEHR, a PIXEL usa o GIRLS (*Gateway* para Interoperabilidade de Registro Eletrônico de Saúde em Sistema de Baixo Custo) [Removed double-blind view].

4.2 Funcionalidades.

Os requisitos da plataforma PIXEL foram delineados a partir de *brainstormings*, reuniões e observações realizadas durante a concepção. O artefato concebido nesta fase foi o documento *Software Requirements Specification*.

Ao elencar os requisitos para a implementação da PIXEL, houve o cuidado de priorizar aqueles que tratassem de perto as questões de interoperabilidades entre os distintos sistemas que desejam se comunicar, possibilitando uma melhor validação da arquitetura e da plataforma proposta. Tendo o documento de requisitos definido, foi possível elaborar um diagrama de casos de uso a partir da análise feita. Para o diagrama de casos de uso foram definidos os atores: administrador da plataforma e o de sistemas.

O administrador representa o ator plataforma interagindo com os sistemas (atores) que desejam compartilhar informações entre si. Para cada requisito funcional e requisito não funcional, um ou mais casos de usos foram definidos, conforme figura 2.

--	--

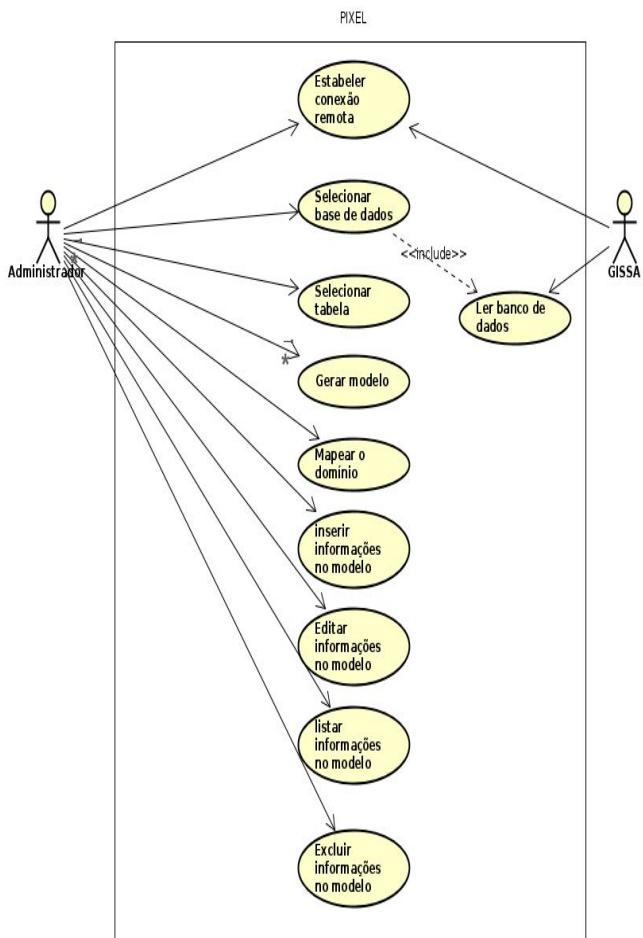


Figura 2: Diagrama de caso de uso da PIXEL

Após a definição e finalização dos casos de uso, a próxima etapa foi a arquitetura PIXEL, onde serão detalhados os elementos da plataforma proposta.

4.3 Arquitetura PIXEL

A figura 3 apresenta os principais componentes da arquitetura da plataforma PIXEL que objetiva promover as interoperabilidades em diversos níveis (Fundamental, Sintaxe e Semântica) entre SIS e integrar novos serviços em sistemas legados.

São três os possíveis fluxos de informação entre as entidades comunicantes:

- 1 Entre sistemas legados;
- 2 Entre sistemas não legados;
- 3 Sistema legados e não legados.

Considere-se, para melhor entendimento da arquitetura, um cenário em que a plataforma PIXEL está sendo utilizada entre dois sistemas legados, A e B. Neste cenário, objetiva-se mostrar um relatório no sistema A, com base nos dados coletados de um banco de dados no sistema B. Para isto, serão realizados os seguintes passos:

Configuração: para modelar a comunicação, a plataforma PIXEL requer os seguintes passos:

1. Cadastrar os parâmetros de conexão para o servidor desejado do sistema A;
2. Estabelecer conexão com o servidor selecionado do sistema A;
3. Listar as *databases* disponíveis do servidor selecionado do sistema A;
4. Selecionar o *database* desejado do sistema A;
5. Listar tabelas disponíveis do *database* selecionado do sistema A;
6. Selecionar tabela do sistema A;
7. Gerar modelo de dados, tendo como parâmetro a tabela selecionada do sistema A;
8. Gerar o JAR.

Execução:

Uma vez configurado, o JAR é gerado e publicado, permitindo que o sistema A possua uma API Restful intermediada pela PIXEL.

Operação:

Esta etapa ficará a cargo do sistema B, consumindo as informações e interagindo com o sistema A. A seguir a figura 3 apresenta a arquitetura da solução.

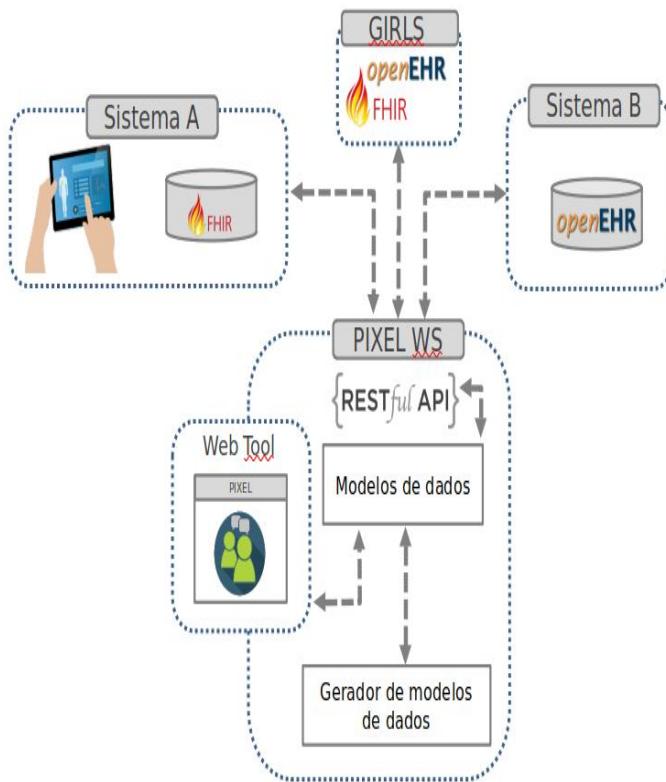


Figura 3 – Arquitetura da solução proposta

Gerador de modelos: O Gerador de Modelos é, portanto, o mecanismo que espelha a(s) tabela(s) selecionada(s) do sistema A, realizando o(s) seu(s) mapeamento(s) e interligando os campos das informações desta(s) tabela(s) fornecendo as informações para o sistema B, possibilitando o consumo das informações da(s) tabela(s), com os campos já pré-definidos e prontos para a utilização.

Modelo: O modelo de dados é o resultado do mapeamento da entidade do sistema A com suas características e propriedades, possibilitando a operacionalidade no sistema B através de *endpoints Restful* viabilizados pela PIXEL.

ApiPIXEL: É uma API Restful orientada a modelos de dados que disponibiliza serviços/microsserviços, comportando-se como um gateway entre os dois sistemas comunicantes. A seguir as quatro principais funcionalidades da ApiPIXEL:

1. Importar o novo modelo criado pelo Gerador de Modelo;
2. Solicitar a API Restful para receber dados do sistema B usando o verbo apropriado;
3. Preencher o novo(s) modelo(s), estruturado no sistema A, pelo Gerador de Modelos;

4. Solicitar a Api Restful para enviar dados (recebidos do sistema B), já no novo modelo, para o Sistema de Consumo de Dados do sistema A, usando o verbo apropriado.

GIRLS: Para atender à interoperabilidade semântica foi usado o GIRLS, que, por meio de um *broker*, faz o mapeamento dos dados entre os padrões OpenEHR e FHIR ou mesmo entre sistemas não padronizados e FHIR. A API Restful GIRLS fornece os endpoints necessários para a comunicação com a PIXEL, possibilitando a integração semântica usando tanto o padrão OpenEHR e FHIR.

Sistemas de Consumo dos Dados:

São sistemas que utilizam informações provenientes dos modelos gerados em cada base de dados por meio dos serviços (sistema A, em nosso cenário). Os sistemas de consumo serão os principais beneficiados com a utilização da PIXEL.

4.4 Fluxo de funcionamento

A figura 4 apresenta o *Business Process Model and Notation* (BPMN) do fluxo de funcionamento da PIXEL.

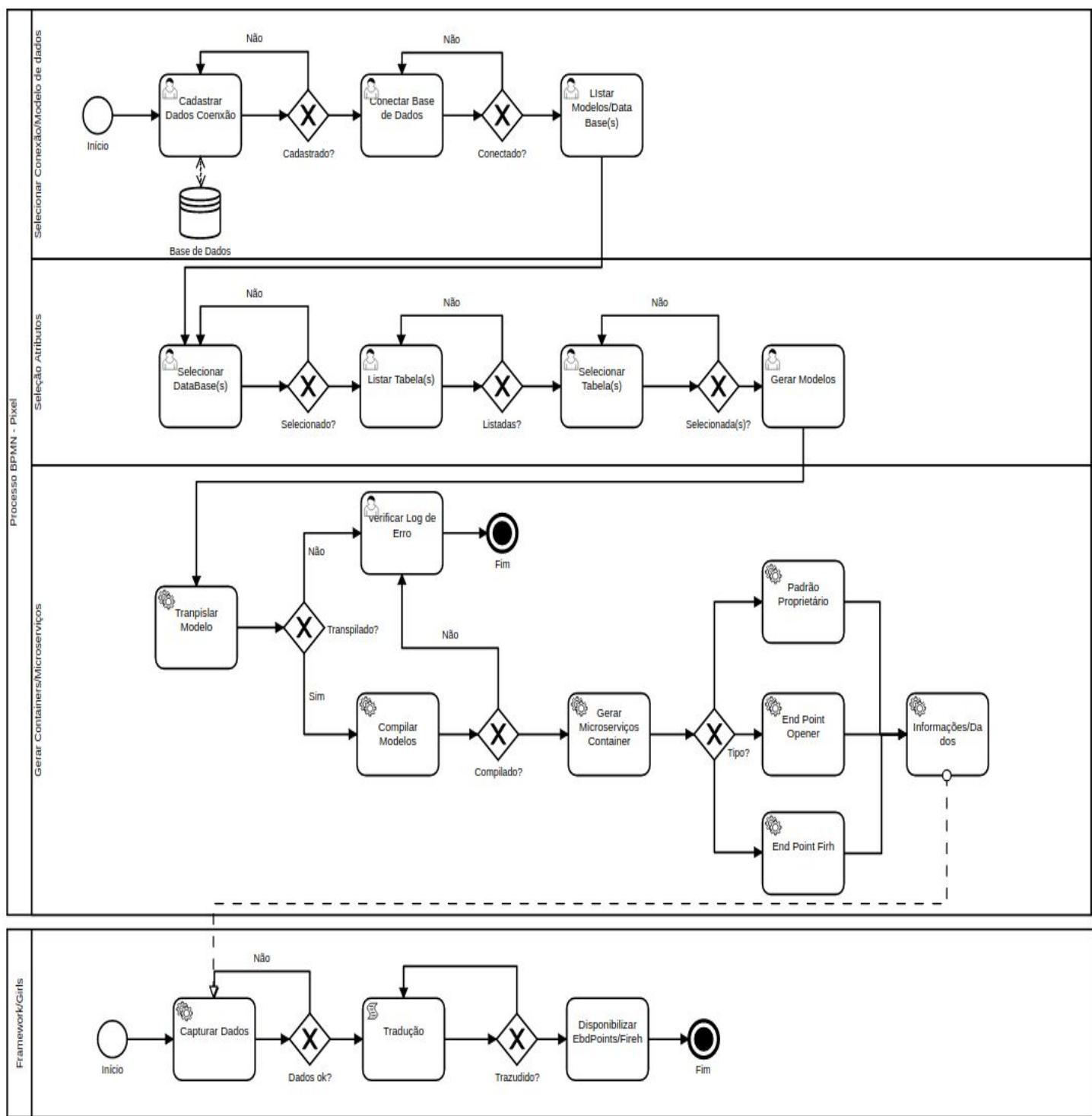


Figura 4 – fluxo de funcionamento da arquitetura PIXEL em BPMN

O fluxo de funcionamento foi dividido em quatro momentos (representado em cada retângulo do diagrama):

1. **Seleção de conexão:** Neste momento será selecionado a base de dados e a tabela;
2. **Seleção de atributos:** Neste momento serão filtradas as informações a serem convertidas em modelos de dados;
3. **Geração de serviços:** Neste momento serão disponibilizados os serviços baseados (*endpoints*) nos modelos de dados escolhidos;
4. **GIRLS:** Neste momento as informações oriundas da PIXEL serão enviadas para GIRLS. A GIRLS fará o mapeamento entre os padrões OpenEHR e FHIR, ao terminar o mapeamento, a GIRLS enviará as informações para a PIXEL, fazendo com que a PIXEL use os padrões OpenEHR e FHIR.

5 Estudo de Caso

A plataforma PIXEL foi aplicada em duas simulações de municípios gerenciados pelo sistema GISSA, tendo cada simulação sido executada em máquinas diferentes, cada uma contendo sua base de dados local. Um dos municípios disponibiliza suas informações (via tecnologia REST) enquanto o outro município pode acessar, via interface web da plataforma proposta, essas informações. A figura 5 apresenta a arquitetura do GISSA usando a PIXEL, configurando este estudo de caso.

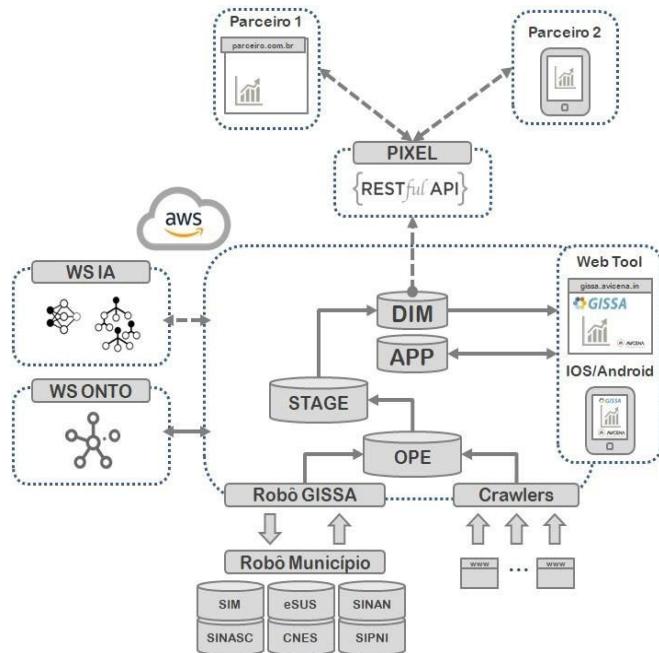


Figura. 5. Arquitetura GISSA utilizando a PIXEL

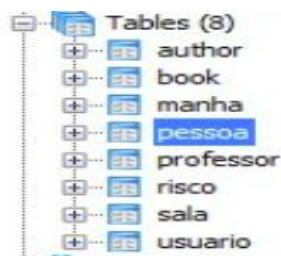
A figura 5 apresenta a estrutura do GISSA usando a ferramenta PIXEL. A PIXEL surge como uma ponte no

sistema, providenciando a comunicação e fazendo com que as informações dos sistemas sejam acessíveis e que o mesmo possa consumir informações de forma prática.

A figura 6 exibe a página inicial da PIXEL. Nessa página, o usuário seleciona a base de dados, a qual deseja capturar as informações (a base de dados *robô*, indicada na figura 6). Ao filtrar a base de dados, aparecem suas tabelas (no caso, a tabela *pessoa* foi selecionada) que podem ser filtradas e assim podem disponibilizar suas informações via API RESTful para o solicitante. Tendo escolhido a base de dados e a tabela, é realizado um mapeamento integral das informações contidas nas entidades, gerando o modelo de dados a partir das informações (tipo e tamanho de dados, relacionamentos, cardinalidades, chaves primárias e estrangeiras, entre outros aspectos) das tabelas (figura 7).

Figura. 6. Base de dados e tabela selecionadas.

Na figura 7, pode-se ver o modelo criado pela PIXEL na base de dados do solicitante.



Figura

7.Criação do modelo.

6 Considerações Finais

Plataformas interoperáveis desempenham papéis fundamentais para alcançar níveis de integração entre

sistemas. A integração possibilitada mediante a utilização da plataforma PIXEL, pode ser vista hoje em prática no sistema GISSA [Oliveira et al. 2010], um produto que já se encontra em atividade nos estados do Ceará e Pernambuco.

A abordagem de criação dinâmica de *endpoints* oferecido pelo gerador de modelos permite uma interoperabilidade de maneira flexível, possibilitando sua evolução para uma estrutura mais complexa e com maior potencial de integração de diferentes sistemas, mesmo que estes não apresentem suporte a tecnologias modernas de integração, como os *web services*.

Finalmente, a plataforma PIXEL foi validada no contexto do sistemas GISSA, nada impede que essa solução possa ser adaptada para ser executada em sistemas similares, tendo em vista que seus componentes são modulares e configuráveis.

Foi possível alcançar a interoperabilidade fundamental via gerador de modelos, a interoperabilidade sintática via ApiPIXEL e a interoperabilidade semântica via GIRLS.

Como trabalhos futuros, pretende-se realizar a implementação do mecanismo *from-to*, para tornar os campos dinâmicos e suscetíveis a mudanças constantes. Será realizado o tunelamento de carga, visando obter a passagem de alta quantidade de informações intermediada pela plataforma. Desse modo, será possível enriquecer a PIXEL, adaptando-a a possíveis problemas de integração que vão surgindo, em diferentes níveis de interoperabilidade.

REFERENCES

2. Amin, M.M., Sutrisman, A., Stiawan, D., Ermatita, E., Alzahrani, M.Y., Budiharto, R.: Interoperability framework for integrated e-health services. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics* 9(1), 354–361 (2020)
3. Andrade, L., Oliveira, M., Ramos, R.: Projeto gissa: Meta física 3–atividade 3.1 definir modelo de inteligência de gestão na saúde (2015)
5. Henning, F.: Adoption of interoperability standards in government information networks: an initial framework of influence factors. In: *Proceedings of the 7th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*. pp. 264–267. ACM (2013)
6. MIYOSHI, Newton Shydeo Brandão et al. An eHealth Platform for the Support of a Brazilian Regional Network of Mental Health Care (eHealth-Interop): Development of an Interoperability Platform for Mental Care Integration. *JMIR Mental Health*, v. 5, n. 4, p. e10129, 2018.
7. Jay, F., Goetz, J.: Ieee standard dictionary of electrical and electronics terms. *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (1988)
8. Lopes, G., Vidal, V., Oliveira, M.: A framework for creation of linked data mashups: A case study on healthcare. In: *Proceedings of the 22nd Brazilian Symposium on Multimedia and the Web*. pp. 327–330. ACM (2016)
9. Mahmoud, K.M.: A unified messaging-based architectural pattern for building scalable enterprise service bus. In: *Proceedings of International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services*. p. 697. ACM (2013)
10. Mahmoud, Q.H.: *Middleware for communications*, vol. 73. Wiley Online Library (2004)
11. do Nascimento, S.C., Carvalho, F.O., da Rocha, T.: Um framework para inter-operabilidade entre componentes distribuídos heterogêneos. *Revista Brasileira de Administração Científica* 4(2), 239–256 (2013)
13. Oliveira, M., Hairon, C., Andrade, O., Moura, R., Sicotte, C., Denis, J., Fernandes, S., Gensel, J., Bringel, J., Martin, H.: A context-aware framework for health care governance decision-making systems: A model based on the brazilian digital tv. In: *2010 IEEE International Symposium on A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks* (WoWMoM). pp. 1–6. IEEE (2010) 133–148 (2008)
16. Sheth, A.P.: Changing focus on interoperability in information systems: from system, syntax, structure to semantics. In: *Interoperating geographic information systems*, pp. 5–29. Springer (1999)
17. Silva, C., Quintino, J., Braga, O.C., Ramos, R., Monteiro, O., Oliveira, M.: Laís, um analisador baseado em classificadores para a geração de alertas inteligentes em saúde. In: *Anais do I Workshop de Computação Urbana (COURB 2017)*. vol. 1. SBC (2017)
18. Umar, A.: Application (re) engineering: building Web-based applications and dealing with legacies. Prentice Hall Press (1997)
19. White, K.L.: Information for health care: an epidemiological perspective. *Inquiry* 17(4), 296–312 (1980)
20. Gomes, F., Freitas, R., Ribeiro, M., Moura, C., Andrade, O., and Oliveira, M. (2019). Girls, a gateway for interoperability of electronic health record in low-cost system:^{*} interoperability between fhir and openehr standards. In *2019 IEEE International Conference on E-health Networking, Application & Services (HealthCom)*, pages 1–6. IEEE
21. Jayaratne, Madhura, et al. "A data integration platform for patient-centered e-healthcare and clinical decision support." *Future Generation Computer Systems* 92 (2019): 996–1008.