|  |  |
| --- | --- |
| CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC | |
| ( X ) PRÉ-PROJETO     (     ) PROJETO | ANO/SEMESTRE: 2024/1 |

APLICAÇÃO DO HL7 FHIR PARA INTEROPERABILIDADE DE DISPOSITIVOS E

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DE SAÚDE UTILIZANDO MICROSSERVIÇOS

Daniel Busarello

Profª. Luciana Pereira de Araújo Kohler – Orientadora

# Introdução

Segundo Eysenbach (2001), a saúde digital provê do desenvolvimento de sistemas de saúde e informações geradas e melhoradas através do uso de ferramentas como a Internet. Os diversos sistemas criados sofrem com a interoperabilidade nas trocas de informações. Assim, estudos surgem com o intuito de analisar as especificações e problemas relacionados no desenvolvimento e na implantação dos padrões nestes sistemas. Paralelamente, organizações propuseram uma variedade de especificações com o intuito de facilitar a interoperabilidade. Com isso, surge em 1987 o Health Level Seven International (HL7), com o objetivo de democratizar o uso seguro de dados de saúde, permitindo a padronização na manipulação, validação e transferência de informações.

No entanto, Eisenstein *et. al.* (2020) destaca que a maioria das soluções existentes foram limitadas a implementações de Registros Eletrônicos de Saúde (Electronic Health Record - EHR) e Captura de Dados Clínicos (Electronic Data Capture – EDC) proprietários, inviabilizando a generalização e escalabilidade das soluções atuais. Além disso, muitas destas soluções utilizam padrões de troca de dados mais antigos, como: (i) HL7 Clinical Document Architecture (CDA); (ii) a tradução dos novos conceitos para a Linguagem de Modelagem Unificada (Unified Modeling Language - UML), permitindo o desenvolvimento de aplicações de saúde orientadas por modelos (Escalona, *et al.,* 2015). Contudo, estas abordagens se concentram na construção de aplicativos complexos, dificultando a flexibilidade e capacidade de adaptação às diversas necessidades para suportar múltiplos casos de uso.

Todavia, o padrão HL7 Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR) surge como uma possível solução para contornar as limitações dos sistemas existentes. Ele propõe uma abordagem modular, baseada em conjuntos de componentes chamados de Recursos (*Resources*). Desta forma, o uso do HL7 FHIR possibilita a adaptabilidade para diferentes contextos, mantendo a integridade dos dados. Assim, atrelados a arquitetura de software Representational State Transfer (REST), tais recursos podem ser facilmente gerenciados utilizando Application Program Interfaces (APIs) RESTful para a criação, atualização e compartilhamento das informações.

Neste contexto, este trabalho visa desenvolver uma aplicação capaz de converter mensagens no padrão HL7 Version 2 para HL7 FHIR utilizando tecnologias modernas baseadas em API RESTful e micro serviços. Assim, busca-se uma forma de padronizar a troca de informações entre diferentes sistemas para garantir a interoperabilidade.

## OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma aplicação para conversão de mensagens utilizando o padrão HL7 FHIR através de micro serviços.

Os objetivos específicos são:

1. mapear os fluxos de mensagens provenientes de diferentes fontes (admissões, exames laboratoriais e histórico clínico);
2. disponibilizar um servidor para a conversão das mensagens via API RESTful;
3. utilizar os padrões definidos pela SNOMED Clinical Terms (SNOMED-CT) e Logical Observation Identifiers Names and Codes (LOINC) para as terminologias necessárias para a aplicação.

# trabalhos correlatos

Nesta seção, são apresentados três trabalhos com características semelhantes aos objetivos propostos por este estudo. A seção 2.1 apresenta o projeto EPItect que utiliza o HL7 FHIR para a troca de informações de forma padronizada entre os componentes do sistema de cuidados de epilepsia. O projeto conta com uma solução móvel para auxiliar o paciente durante as crises e fornecer informações durante o tratamento. Na seção 2.2 descreve-se o trabalho de Abilowo *et al*. (2021), apresentando os problemas que ocorreram na implementação do HL7 FHIR especialmente na integração e interoperabilidade. Por fim, a seção 2.3 detalha o trabalho de Bender *et al.* (2013), que promove um estudo sobre a evolução dos padrões HL7 para interoperabilidade de sistemas de saúde utilizando uma abordagem ágil e RESTful no desenvolvimento.

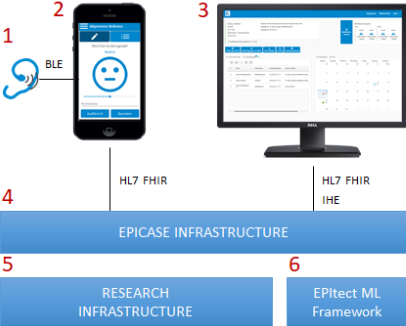
## Use of HL7 FHIR to structure data in epilepsy self-management applications

De acordo com Ameler *et al.* (2019), a detecção precoce de convulsões epilépticas contribui significativamente para auxiliar no tratamento e prevenção dos casos de morte súbita por esta doença. Com isso, ao longo dos anos diversos aplicativos foram criados para facilitar a autogestão e o planejamento individual da terapia. Contudo, devido ao aumento do uso de serviços eletrônicos de saúde, estes sistemas sofrem com a falta de interoperabilidade, o que ressalta a importância da padronização nas trocas de informação. Assim, Ameler *et al.* (2019) propõem um guia de implementação do padrão HL7 FHIR e o desenvolvimento do projeto EPItect.

Segundo Ameler *et al.* (2019), estudos realizados em 2016 buscaram levantar um conjunto mínimo de dados necessários para aplicações móveis,baseados em JavaScript Object Notation (JSON). Estes dados foram separados em três conjuntos, sendo: (i) dados essenciais; (ii) dados recomendados; e (iii) dados opcionais. Outros estudos mostram que a implementação da comunicação baseada em HL7 FHIR serve principalmente para preencher a lacuna entre aplicações de pacientes e registros de saúde e registros eletrônicos de saúde e infraestruturas de pesquisa ou bases de conhecimento.

Contudo, Ameler *et al.* (2019) destacam a ausência de um sistema para os cuidados nos casos de epilepsia. Para suprir esta falta, o projeto EPItect propõe o desenvolvimento de um sistema de sensor para a detecção automatizada de crises epilépticas. Não obstante, o sistema visa o intercâmbio dos dados relevantes de forma padronizada entre o paciente e terceiros, como médicos, cuidadores e prestadores de cuidados de saúde. O projeto conta com os sensores (EPISENS), o aplicativo móvel (myEPI), o portal (Portal EPICASE), as infraestruturas de rede e pesquisa e o EPItect ML Framework. A Figura 1 presenta os componentes da solução.

Figura 1 – Arquitetura EPItect



Fonte: Ameler *et al*. (2019).

Os dados captados pelos sensores EPISENS são enviados para o aplicativo myEPI via Bluetooth Low Energy. Através do aplicativo, o paciente pode coletar dados adicionais como eventos convulsivos, humor, administração de medicamentos e efeitos colaterais. Estes dados podem ser disponibilizados futuramente para médicos ou familiares de forma segura utilizando a infraestrutura EPICASE e visualizados através do Portal EPICASE. Com isso, o sistema foi desenvolvido utilizando uma abordagem de Engenharia Orientada a Modelos (Model-driven Engineering - MDE). A transformação deste modelo para uma interface interoperável é feita utilizando o HL7 FHIR Profiling.

Por se tratar de uma especificação genérica, Ameler *et al.* (2019) adaptaram o HL7 FHIR para os casos de uso específicos, documentando em perfis de mensagens HL7 contendo as restrições necessárias para o modelo. Um perfil é uma interface de especificação que pode ser compartilhada dentro de uma aplicação ou com outras aplicações. Este contém informações sobre formato de dados, semântica de dados e responsabilidades de reconhecimento de mensagens.

Desta forma, Ameler *et al.* (2019) apresenta um guia com as especificações dos mapeamentos técnicos do modelo de domínio para os recursos HL7 FHIR correspondentes. Um recurso HL7 FHIR representa um conceito clínico específico, como uma Observação ou Paciente, por exemplo. Assim, para a coleta dados relacionados ao paciente, foi utilizado o recurso *Patient*. Para as observações do paciente, pode-se utilizar o recurso *Observation*, especificando a observação utilizando os códigos fornecidos pelo LOINC.

## Data Integration and Interoperability Problems of HL7 FHIR Implementation and Potential solutions: A systematic literature review

Abilowo *et al.* (2021) discorre sobre o avanço no uso e na adoção de sistemas eletrônicos de saúde e sua complexidade nas integrações e interoperabilidade. A Health Level Seven (HL7) entende a necessidade de estabelecer um padrão visando impulsionar o processo de transformação no desenvolvimento de soluções buscando solucionar os problemas existentes. Com isto, buscam identificar os problemas de integração e interoperabilidade na implementação do HL7 FHIR e propor soluções técnicas.

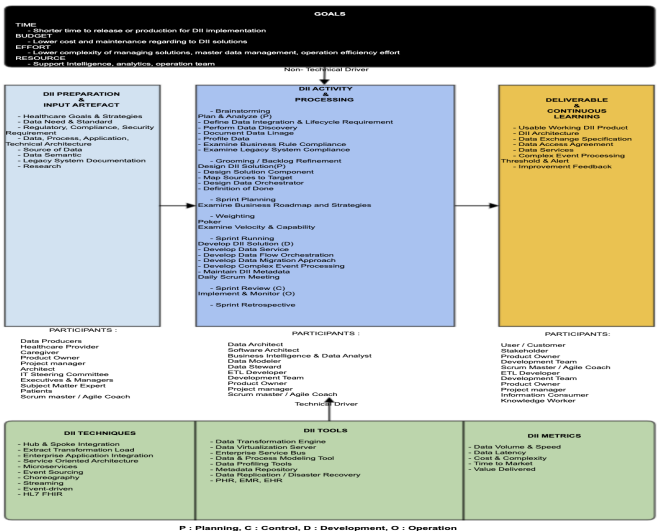
Segundo Abilowo *el al.* (2021), a eficácia do compartilhamento de dados do paciente entre sistemas de tecnologia da informação heterogêneos e a lentidão na troca de dados devido a problemas de interoperabilidade são um dos principais retardantes no processo de desenvolvimento de soluções de saúde eletrônica. Tais problemas dificultam que sistemas já consolidados contribuam para o crescimento de novas soluções e ferramentas auxiliares para os pacientes eletronicamente.

A importância no uso do HL7 FHIR se dá principalmente à segmentação de estruturas complexas em estruturas menores. Assim, de acordo com Abilowo *et al.* (2021), profissionais envolvidos podem gerenciar facilmente o que é relevante ao sistema que está sendo desenvolvido, sem se preocupar diretamente com a linguagem e as técnicas que serão utilizadas. Desta forma, a pesquisa realizada por Abilowo *et al.* (2021), segue as diretrizes de Kitchenham, com critérios de inclusão e exclusão para a seleção de artigos relevantes.

Para a pesquisa analisada por Abilowo *et al.* (2021), foram selecionados 52 artigos para serem avaliados baseando-se nos Requisitos Funcionais (RF) do Data Management Book Of Knowledge (DMBOK), sendo: migração e conversão de dados (RF1); consolidação de dados em *hubs* ou *marts* (RF2); integração de pacotes de fornecedores no portfólio de aplicativos de uma organização (RF3); Compartilhamento de dados entre aplicativos e entre organizações (RF4); Distribuição de dados entre armazenamentos de dados e data centers (RF5); Arquivar dados (RF6); Gerenciamento de interfaces de dados (RF7); Obtenção e ingestão de dados externos (RF8); Integração de dados estruturados e não estruturados (RF9); Fornecer inteligência operacional e suporte à decisão de gestão (RF10).

Após a avalição dos artigos selecionados, Abilowo *et al.* (2021) verificou que os RF1, RF2, RF3 e RF4 foram atendidos na maioria das soluções. Contudo, apenas 33% atenderam mais que cinco dos dez requisitos. Por fim, a Figura 2 propõe uma metodologia desenvolvida pelos autores para o desenvolvimento de soluções de integração e interoperabilidade de dados no contexto de sistemas de saúde eletrônica.

Figura 2 – Framework Agile para integração e interoperabilidade de dados com HL7 FHIR



Fonte: Abilowo *et al.* (2021).

## HL7 FHIR: An Agile and RESTful Approach to Healthcare information exchange

Bender *et al.* (2013) traz a evolução dos padrões de mensagens HL7 de forma cronolôgica e comparações entre o padrão HL7 FHIR e versões anteriores do HL7. Ele destaca a importância na implementação bem-sucedida da interoperabilidade entre sistemas, principalmente devido às questões econômicas e na segurança pública. Além disso, Bender *et al.* (2013) destaca que os processos de desenvolvimento utilizados pelo FHIR possibilitam uma abordagem incremental e iterativa para desenvolver o padrão com as melhores práticas da indústria em sistemas complexos.

Bender *et al.* (2013) relata que muitos autores discutem sobre as vantagens do HL7 v3 em comparação com o HL7 v2. Contudo, ele destaca que há uma complexidade no processo de desenvolvimento das mensagens v3, o que torna mais custoso a comunicação de mensagens. O HL7 v2 foi desenvolvido inicialmente para solucionar o problema de comunicação em sistemas hospitalares, que segundo Bender *et al.* (2013) possuíam diferentes sistemas para diferentes setores sem comunicação entre si.

Apesar disso, a versão 2 do HL7 depende muito da personalização local por meio dos segmentos, ou seja, as interfaces do sistema não são completamente definidas pelas especificações HL7, sendo necessário customizações no desenvolvimento. De acordo com Bender *el al.* (2013), o HL7 v3 surge com o propósito de suprir as deficiências de sua versão anterior. Esta nova versão introduz o processo de desenvolvimento HL7 Development Framework e o modelo de informações central denominado Modelo de Informação de Referência (Reference Information Model - RIM). Este modelo define a estrutura dos elementos semânticos e lexicais do HL7 v3.

Embora a nova versão do HL7 busque solucionar os problemas do HL7 v2, Bender *et al.* (2013) destaca que ela requer um completo entendimento do modelo RIM e não é indicado para tarefas que consistem na implementação de classes de sistemas, por exemplo. Segundo ele, isto ocorre pois o novo modelo utiliza um design por restrição (redução), indo de encontro com linguagens de implementação como as orientadas a objetos, que possuem o design por composição (adição).

Além disso, Bender *et al.* (2013) comenta que a edição padrão do HL7 v3 é refém de uma implementação baseada na região, ou seja, ela não é compatível com software internacionais, que seguem especificações legais daquela região. Somado as demais complexidades desta versão, o HL7 v2 não é diretamente interoperável com o v3. Por fim, o surgimento do HL7 FHIR, baseado nos princípios RESTful, acoplou as definições e aprendizados com a versão 3 para criar um modelo incremental e iterativo.

# proposta DO SOFTWARE

Neste capítulo, será elaborado as justificativas para o desenvolvimento do trabalho, junto aos requisitos funcionais, não funcionais e a metodologia a ser aplicada no desenvolvimento.

## JUSTIFICATIVA

No Quadro 1 é apresentado um comparativo entre os trabalhos correlatos. As linhas apresentam suas características e as colunas os trabalhos.

Quadro 1 - Comparativo dos trabalhos correlatos

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Trabalhos Correlatos  Características | Ameler *et al.* (2019) | Abilowo *et al.* (2021) | Bender *et al.* (2013) |
| Aplicativo de integração | Sim | Não | Não |
| Versão do HL7 | FHIR | FHIR | v2 e v3 |
| Objetivo | Desenvolver um aplicativo para detecção de crises epiléticas | Apresentar os problemas e propor uma solução para implementações com o HL7 | Examinar o uso do HL7 FHIR comparado com as versões HL7v2 e HL7v3 |
| Plataforma | Web/Móvel | Não informado | Não informado |
| Abordagem | Desenvolvimento do sistema baseado em HL7 FHIR Profiling | Avaliação do HL7 FHIR através dos requisitos definidos pelo DMBOK | Comparativo entre as versões do HL7 |

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir do Quadro 1, observa-se que os trabalhos de Abilowo *et al.* (2021), Ameler *et al.* (2019) e Bender *et al.* (2013) abordam estudos sobre as definições do HL7. Eles fornecem especificações fundamentais para a implementação de um sistema interoperável e padronizado. Contudo, os trabalhos também abordam limitações das versões do HL7 quando implementadas em sistemas eletrônicos. Neste sentido, o HL7 FHIR visa solucionar os problemas encontrados, utilizando de tecnologias como o protocolo REST e HL7 FHIR Profiling, conforme demonstra Ameler *et al.* (2019).

Além disso, Abilowo *et al.* (2021) fornece um modelo ágil para a construção de um sistema que utiliza o padrão FHIR especificando as etapas necessárias para o desenvolvimento. Este modelo também propõe quais serão os profissionais envolvidos e como realizar o gerenciamento entre eles. Paralelamente, Bender *et al.* (2013) descreve as diferenças entre o HL7 FHIR e as versões v2 e v3 do HL7, trazendo um comparativo entre elas e como trabalhar com sistemas em diferentes versões.

Assim, o presente trabalho será desenvolvido utilizando HL7v2 e HL7 FHIR, junto com micro serviços utilizando o protocolo REST para realizar a conversão de mensagens. Desta forma, como contribuição tecnológica para as áreas voltadas a saúde, busca-se contribuir na adoção do padrão HL7 para a interoperabilidade e integração de sistemas de saúde. Por fim, como contribuição acadêmica, espera-se que o sistema desenvolvido possa auxiliar outros estudos sobre a eficácia do modelo HL7 FHIR.

## REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

Nesta seção serão abordados os Requisitos Funcionais (RF) e Requisitos Não Funcionais (RNF) necessários, com isso, a aplicação deverá:

1. permitir o envio de mensagens HL7 a serem convertidas por meio do protocolo Hypertext Transfer Protocol (HTTP) (RF);
2. realizar a validação dos dados para a conversão (RF);
3. realizar o mapeamento dos campos HL7 para os recursos HL7 FHIR correspondentes (RF);
4. realizar a conversão dos recursos HL7 FHIR para o formato JavaScript Object Notation (JSON) (RF);
5. realizar a criptografia dos dados sensíveis para garantir a proteção da confidencialidade e integridade durante o processamento (RF);
6. permitir que seja possível visualizar os *logs* de erro que impediram a conversão (RF);
7. permitir o suporte para diferentes versões do padrão HL7 (RNF);
8. possibilitar a customização dos mapeamentos dos campos HL7 para os recursos HL7 FHIR correspondentes (RNF);
9. utilizar a linguagem de programação Python para implementação (RNF);
10. utilizar a IDE Visual Studio Code (RNF).

## METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

1. levantamento bibliográfico: pesquisar sobre o padrão HL7 FHIR;
2. levantamento dos requisitos: com base nas informações obtidas na etapa anterior, rever os requisitos e, se necessário, adicionar novos;
3. levantamento dos recursos HL7 FHIR: definir os recursos que serão utilizados, assim como as estruturas de mensagem, segmentos e campos;
4. desenvolvimento dos modelos: desenvolver os modelos que serão parte do mapeamento das mensagens HL7 para o padrão HL7 FHIR;
5. desenvolvimento da aplicação: implementar a aplicação utilizando Python e micros serviços;
6. validação das terminologias: validar se as terminologias utilizadas para a conversão estão definidas corretamente, utilizando as especificações SNOMED-CT e LOINC;
7. validação dos resultados: validar se os recursos HL7 FHIR gerados pela aplicação estão de acordo com os padrões estabelecidos pela definição HL7. Buscar a avaliação com profissionais da saúde.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 - Cronograma

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2024 | | | | | | | | | |
|  | fev. | | mar. | | abr. | | maio | | jun. | |
| etapas / quinzenas | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| levantamento bibliográfico |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| levantamento dos requisitos |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| levantamento dos recursos HL7 FHIR |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| desenvolvimento dos modelos |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| desenvolvimento da aplicação |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| testes unitários |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| validação das terminologias |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| validação dos resultados |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Fonte: elaborado pelo autor.

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será descrito brevemente os assuntos que fundamentarão o desenvolvimento da aplicação proposta.

A interoperabilidade entre sistemas eletrônicos de saúde consiste em diferentes sistemas trabalhando em conjunto dentro e fora dos limites organizacionais para trocar dados e fornecer eficácia e eficiência (Runyan *et al.,* 2019). Segundo Bender *et al.* (2013), a interoperabilidade é alcançada parcialmente através do uso de padrões consistentes que definem a sintática e semântica da informação. Estes padrões, fornecem uma redução nos riscos, custos e prazos de projetos.

De acordo com Escalona *et al.* (2015), o Health Level 7 (HL7) consiste em um conjunto de padrões relacionados a troca e a modelagem de informações em saúde. Estes padrões, visam auxiliar na implementação e troca de informações entre hospitais, instituições, clínicas e sistemas eletrônicos de saúde. Neste contexto, o Health Level Seven International, organização responsável pelo desenvolvimento do padrão HL7, desenvolveu o padrão HL7 FHIR como sucessor da versão HL7 v3.

O padrão FHIR busca solucionar os problemas existes nas versões anteriores reduzindo a complexidade das especificações e facilitar a implementação do padrão. Eisenstein *et al.* (2021)explica que o FHIR utiliza pequenas coleções de informações clínicas, chamadas de *Resources*, que possibilitam a troca de informações e definem as regras de negócio que fazem parte deste processo. Elesrepresentam estruturas de dados (como informações do paciente, exames de laboratório e informações administrativas, por exemplo), podendo ser armazenas e intercambiadas no formato JSON.

Além disso, Bezerra *et al.* (2023), define a arquitetura de micro serviços como mecanismo essencial para sistemas interoperáveis para a troca de dados de saúde devido à sua capacidade de promover a escalabilidade, flexibilidade e modularidade dos sistemas. Com isso, o uso de uma arquitetura RESTful possibilitam a transmissão e o processamento de grandes volumes de dados de forma mais rápida do que arquiteturas como Web Services Description Language (WSDL) e Simple Object Access Protocol (SOAP) e facilitam o desenvolvimento de aplicações modernas e escaláveis (Bender *et al.*, 2013).

Referências

ABILOWO, Krisanto, et al. Data Integration and Interoperability Problems of HL7 FHIR Implementation and Potential Solutions: A Systematic Literature Review. In: International Conference on Informatics and Computational Sciences (ICICoS), 2021. **Proceedings…**, Semarang, Indonesia, 2021, p. 293-298.

AMELER, Tim; HOUTA, Salima; SURGES, Rainer. Use of HL7 FHIR to structure data in epilepsy self-management applications. In: IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking And Communications (WiMob), 2019. **Proceedings...**, Barcelona, Spain, 2019, p. 111-115.

BENDER, Duane; SARTIPI, Kamran. HL7 FHIR: An Agile and RESTful approach to healthcare information Exchange. In: Annual IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems, 2013. **Proceedings…**, Porto, Portugal, 2013. p. 326-331.

BEZERRA, Marcus M., et al. An Interoperable Microservices Architecture for Healthcare Data Exchange. In: Barolli, L. (eds) Advanced Information Networking and Applications, AINA 2023. Lecture Notes in Networks and Systems. v. 655, Springer, Cham, mar. 2023.

Eisenstein, E. Evaluating the Coverage of the HL7 ® FHIR ® Standard to Support eSource Data Exchange Implementations for use in Multi-Site Clinical Research Studies. In: AMIA Annual Symposium, 2021. **Proceedings...**,2021. p. 472-481.

ESCALONA, M.J., et al. Working with the HL7 metamodel in a Model Driven Engineering context. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 57, p. 415-424, out. 2015.

RUNYAN, Christopher; RUSSELL, Mitchell; SARIPALLE, Rishi. Using HL7 FHIR to achieve interoperability in patient health record. **Journal of Biomedical Informatics,** v. 94, p. 103-188, jun. 2019.