



XVI Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação (XVI ENANCIB)
ISSN 2177-3688

GT 11 – Informação & Saúde
Comunicação Oral

IMPLEMENTANDO O PRONTUÁRIO ELETRÔNICO OPENEHR EM SISTEMAS GESTORES DE CONTEÚDO: UMA APROXIMAÇÃO¹

IMPLEMENTING THE OPENEHR ELECTRONICAL RECORD IN CONTENT MANAGEMENT SYSTEMS: AN APPROXIMATION

Christiano Pereira Pessanha, UFMG
chrispess@gmail.com

Marcello Peixoto Bax, UFMG
bax@eci.ufmg.br

Resumo: Este artigo descreve pesquisa de doutorado motivada pelos desafios surgidos dos esforços que buscam a interoperabilidade semântica nos Registros Eletrônicos de Saúde (RES) via padrão OpenEHR. A pesquisa buscou a implementação dos modelos de informação OpenEHR em linguagem Python, pois estes modelos proveem a semântica necessária para a construção dos arquétipos OpenEHR. Como contribuição, realiza a implementação e abre a perspectiva de expressão dos Arquétipos OpenEHR nesta plataforma, sugerindo a viabilidade de implementações deste padrão nos diversos *frameworks* da linguagem. A pesquisa analisa os requisitos envolvidos na implementação do padrão OpenEHR em *softwares* do tipo RES codificados a partir do zero, constatando as diversas vantagens da sua implementação em Sistemas Gestores de Conteúdo (CMS). O resultado desse esforço teórico esclarece as possibilidades de construção desse tipo de software em sistemas gestores de conteúdo, de modo geral.

Palavras-chave: Registro eletrônico de saúde. Interoperabilidade. Arquétipos OpenEHR. Sistema gestor de conteúdos.

Abstract: This paper describes doctoral research motivated by the challenges arising from efforts that seek to achieve semantic interoperability in Electronic Health Records (EHR) through OpenEHR pattern. The research aimed the implementation of OpenEHR information models in Python, since this models provides the necessary semantic to build OpenEHR archetypes. As contribution, achieve the implementation and open the perspective of to express OpenEHR in this platform, suggesting the feasibility of implementations of this pattern in it's several frameworks. This reseach analyses the requirements involved in the

¹ O conteúdo textual deste artigo, os nomes e e-mails foram extraídos dos metadados informados e são de total responsabilidade dos autores do trabalho.

implementation of OpenEHR pattern in EHR softwares coded from scratch, noting the several advantages of this implementation in Content Management Systems (CMS). The result of this theoretical effort explain the possibilities of building this type of software in content managements systems, generally.

Keywords: Electronic health record. Interoperability. OpenEHR archetypes. Content management systems.

1 INTRODUÇÃO

O prontuário eletrônico do paciente (PEP) foi desenvolvido para que médicos e enfermeiros recuperem fatos clínicos de forma sistemática, permitindo a todos o acesso às mesmas informações, agilizando o tratamento e diminuindo erros. O arquivamento em fichas individuais leva a problemas (MASSAD, 2003) como ilegibilidade, ambiguidade, equívocos de leitura, ausência e perda de informações, entre outros. Assim, tem-se proposto o Registro Eletrônico de Saúde (RES) como meio para organizar e agilizar o registro e o acesso à informação clínica.

Porém, cada vez mais, os registros dos pacientes se encontram distribuídos em bases de dados de diferentes sistemas de informação de hospitais e clínicas. Desse desafio adveio o esforço mundial em tornar a interoperabilidade entre esses sistemas uma realidade. Instituições de saúde objetivam poder trocar dados, disponibilizando a informação entre profissionais e para o próprio paciente. O OpenEHR² visa permitir a interoperabilidade entre sistemas de RES (BEALE; HEARD, 2008), representando conhecimentos clínicos via padrões de metadados denominados "arquétipos". Externos aos códigos do sistema, especialistas da área médica podem gerenciá-los de forma independente representando conceitos complexos, como "pressão sanguínea" ou "histórico familiar". Um fator motivador da adoção de arquétipos é a perspectiva do reuso do conhecimento clínico, bem especificado e validado por organizações de referência (NARDON et al., 2008).

Para a construção de arquétipos reutilizáveis, o padrão especifica um modelo de referência, núcleo estável e genérico que define os blocos genéricos para se construir arquétipos (BEALE, 2002). Assim, qualquer esforço de implementação numa plataforma de programação deve primeiro responder à questão: é possível expressar informação clínica conforme o padrão OpenEHR nesta plataforma? É alinhado a esse esforço que esta pesquisa se propôs colaborar, num primeiro momento, ao verificar a possibilidade de expressão de informações clínicas no padrão OpenEHR, na linguagem de programação Python.

² OpenEHR, pagina institucional: <<http://www.openehr.org/pt/home.php>>

Num segundo momento, verificada tal possibilidade, analisa-se os ganhos trazidos à gestão da informação clínica por sua implementação em sistemas gestores de conteúdo (CMS).

É no contexto especificado acima que esta pesquisa apresenta contribuições para o problema genérico da gestão de informação em saúde.

1.1 ESTRUTURA DO ARTIGO

Definiu-se a ordem de apresentação e temáticas de cada seção da seguinte maneira: a Seção 2 descreve os fatores que motivaram o desenvolvimento da pesquisa; a Seção 3 trata da metodologia *design science research*; a Seção 4 expõe a interoperabilidade semântica em RES e o uso de modelos de referência; a Seção 5 apresenta o modelo dual e ontologias, bases para o padrão OpenEHR; a Seção 6 expõe o padrão OpenEHR, a ontologia CIR, os modelos de referência e de arquétipos; na Seção 7, resultados do esforço de implementação do modelo de referência OpenEHR em Python, bem como da análise concernente à implementação do RES em CMS's. Finalmente, na Seção 8 são apresentadas as conclusões da pesquisa.

2 MOTIVAÇÃO

Um dos grandes motivadores para a adoção de arquétipos na construção de aplicações é a perspectiva de se reutilizar conhecimento clínico bem especificado e validado por organizações de referência. Torna-se, portanto, essencial aos programas de RES, que buscam interoperabilidade, a adaptação a padrões voltados a este fim, como o OpenEHR.

Conforme Kobayashi e Tatsukawa (2012), as atuais implementações do padrão OpenEHR, considerando-se as estatísticas de adoção das linguagens utilizadas, proveem recursos para aproximadamente 25% dos desenvolvedores de *softwares*, desta forma, implementações adicionais mostram-se necessárias para tornar mais ampla a base de usuários.

Assim, um resultado positivo quanto ao problema da expressão de arquétipos na plataforma Python possibilita o desenvolvimento de aplicativos voltados ao gerenciamento de informações clínicas nesta plataforma³. Por sua vez, tal resultado permite realizar uma análise que torne possível aos proponentes de tais sistemas decidir entre uma implementação cuja codificação parta do zero e a utilização de um CMS.

Esta pesquisa teve, portanto, como principal objetivo verificar se os modelos (de referência e de arquétipos) do padrão OpenEHR podem ser expressos na plataforma de desenvolvimento Python, bem como a possibilidade de se utilizar um *framework* como o dos

³Índice TIOBE, página institucional: <<http://www.tiobe.com/index.php/content/paperinfo/tpci/index.html>>

sistemas gestores de conteúdo ou CMS's para a implementação de sistemas do tipo PEP/RES, conforme o padrão OpenEHR.

3 METODOLOGIA

A necessidade de lidar com questões de natureza prática e teórica, aninhadas e interdependentes levou à adoção do *design science research*⁴ como paradigma norteador da trajetória metodológica desta pesquisa. A abordagem permite, no caso específico de sistemas de informação, trabalhar com a criação de novos conhecimentos através da concepção de algoritmos, interfaces, metodologias, entre outros resultados práticos.

Aponta-se, assim, a possibilidade de se trabalhar com conhecimentos caracterizados como formais, bem como materiais ou empíricos. De fato esta pesquisa, em sua primeira parte, busca possibilitar a expressão de arquétipos via semântica OpenEHR em Python, ou seja, um esforço empírico. A seguir, sugere a análise da possibilidade da implementação de RES OpenEHR em CMS's, num esforço teórico de análise.

Como uma característica essencial, o *design research* enfatiza, a ligação entre duas naturezas de problemas, prática e o conhecimento, procurando mostrar que o conhecimento científico pode ser produzido através do *design* de artefatos úteis (WIERINGA, 2009).

Assim, o contexto desta pesquisa, permeado de problemas de diferentes naturezas, aninhados e influenciando suas soluções de modo encadeado, mostra-se consistente com a metodologia *design research*.

4 INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA EM RES

O registro de informações clínicas via diferentes PEPs locais aumentou a complexidade informacional e inviabilizou a comparação entre os dados provenientes de diferentes hospitais e clínicas. A heterogeneidade de informação é consequência direta da grande quantidade de modelos de dados e formas de representação existentes, estrutura e sintaxes de dados diferentes entre sistemas de informação. Também se considera o aspecto semântico, ou seja, as variadas interpretações que estes dados podem receber em diferentes contextos de sistemas de informação. Estas diferenças tornam a integração de diferentes sistemas de informação, utilizados pelas instituições de saúde, um processo complexo.

A integração é o arranjo dos sistemas de informação de uma organização num único sistema. Já a interoperabilidade implica em diferentes sistemas de informação agregando suas forças em prol de um objetivo comum, sem, no entanto, alterarem sua autonomia e

⁴Optou-se pelo uso do termo original "*design science research*", uma vez que o termo traduzido não se mostrou, até o momento da escrita deste trabalho, ter sido adotado na literatura acadêmica pesquisada.

características próprias (SHETH, 1999). No nível semântico, o significado da informação que é intercambiada deve ser garantido pelo compartilhamento de um vocabulário comum.

O cenário em que se encontram os sistemas de RES caracteriza-se pela heterogeneidade, dentre outros fatores, fruto de uma complexidade informacional advinda das várias especialidades médicas, terminologias, culturas e idiomas. Há ainda os vários sistemas de prontuário disponíveis no mercado, com funcionalidades específicas para diferentes tipos de organizações. Estes fatores ajudam a explicar a importância dada à obtenção de interoperabilidade semântica para os sistemas de RES. Conforme Kalra (2007), a comunidade internacional considera a obtenção de interoperabilidade semântica entre sistemas de RES essencial quando se pensa o futuro dos serviços em saúde, onde o uso de terminologias, ontologias e arquétipos compõe o núcleo de tal desafio.

Conforme ressalta Nardon (2002), dos vários desafios e mudanças culturais necessárias ao desenvolvimento desses sistemas, sob o ponto de vista técnico, o desafio da interoperabilidade e a complexidade das informações, fazem com que seu desenvolvimento seja mais difícil do que o desenvolvimento de outros sistemas de informação.

4.1 MODELOS DE INFORMAÇÃO OU MODELOS DE REFERÊNCIA

A utilização de modelos de informação genéricos ou modelos de referência tem sido uma abordagem internacionalmente aceita para obtenção de interoperabilidade semântica entre sistemas de RES. Em linhas gerais, eles definem um padrão de representação do dado clínico e suas propriedades comuns. Assim, um mesmo modelo de informação genérico é utilizado por sistemas de RES que precisam interoperar. O dado clínico deve ser compartilhado no formato correto, mesmo se a natureza do conteúdo clínico não tenha sido previamente acordada (KALRA, 2007). Em complemento ao modelo de informação genérico existem estruturas de dados clínicos e as terminologias clínicas. As estruturas de dados clínicos permitem que as classes do modelo de informação sejam utilizadas para representar de forma consistente os conceitos clínicos relevantes (KALRA, 2007). Por sua vez, as terminologias são utilizadas na codificação do conhecimento no RES visando uma correta interpretação dos dados envolvidos, tanto para humanos quanto para máquinas (HL7, 2010). O desenvolvimento de padrões ou modelos de referência veio, portanto, como resposta para o tipo de problema apresentado ao se buscar sistemas de RES interoperáveis e com melhor relação custo-benefício.

5 REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO E ONTOLOGIAS: MODELO DUAL

Ao procurar implementar, num único nível, sistemas altamente complexos e exigentes

como os sistemas de RES, obteve-se um sistema de difícil manutenção, curta vida útil e alto custo (BEALE, 2007). A abordagem em dois níveis, advinda das técnicas de representação de conhecimento da Inteligência Artificial, mostrou-se adequada para evitar essas consequências. Sendo que um nível refere-se ao modelo de domínio e terminologias e outro ao modelo de informação, deixando a geração do conhecimento diretamente aos especialistas, com pequena dependência dos profissionais em tecnologia de informação.

5.1 O MODELO DUAL

O desenvolvimento de sistemas dessa natureza exige, primeiro, que se especifique de modo abstrato o conhecimento a respeito do domínio, obtendo-se a especificação desejada, para, então, codificar numa linguagem apropriada. Ao seguir esse procedimento para gerar um sistema, concentrando-se em especificar o conhecimento, os pesquisadores visualizaram vantagens como **engajamento ontológico** (significando que as sentenças lógicas que descrevem a especificação guardam uma relação mais direta com o domínio que se está modelando), legibilidade, capacidade de inferência, fidelidade semântica, reusabilidade e portabilidade do conhecimento por si, independente do código de implementação. Sendo estes os grandes atrativos em desenvolver sistemas em **modelo dual**, separando o conhecimento do domínio do resto do sistema.

5.2 ONTOLOGIAS

Uma vez que se está obtendo o conhecimento relativo ao domínio, desvinculado das especificidades da implementação, passa a ter importância o chamado nível ontológico dos tipos de primitivas utilizadas na descrição de um sistema de conhecimento.

As ontologias podem ser vistas como resposta contemporânea a uma necessidade dos sistemas baseados em conhecimento, pois favorece o compartilhamento e o reuso do conhecimento armazenado em diferentes sistemas, possuidores de bases de conhecimento isoladas e sem interfaces capazes de integrá-las e, portanto, sem interoperabilidade.

Uma das mais importantes definições de ontologia advém da linha de pensamento da Ciência da Computação. Segundo Gruber (1995, p.1): “uma ontologia é uma especificação explícita de uma conceitualização”. Logo, para este autor, todo conhecimento formalmente representado é baseado em uma conceitualização: os objetos, conceitos e seus supostos relacionamentos. Essa conceitualização é uma **visão simplificada e abstrata do mundo** que se deseja representar.

Guarino (1995, p.2), apresenta sua definição de ontologia como: “uma teoria lógica que explica de forma explícita e parcial uma conceitualização”. Dessa definição verifica-se

que uma ontologia fornece um entendimento sobre uma conceitualização compartilhada de um dado domínio, um vocabulário comum isento de ambiguidades. Idealmente, qualquer instância que fizer uso dos dados e metadados de um domínio dever aderir à ontologia correspondente.

Uma ontologia requer um vocabulário específico que descreva um domínio e também um conjunto de axiomas lógicos que garantirão a semântica ao significado que se deseja para os termos do vocabulário. Isso implica que duas ontologias podem ser diferentes em termos de seus vocabulários e referirem-se à mesma conceitualização, ou seja, ao mesmo domínio de conhecimento.

A organização dos conceitos bem como a integração semântica, possibilitando a interoperabilidade entre os sistemas é feita através do desenvolvimento de ontologias, que contextualizam os dados e lhes dão significado. Se um RES registrar que um determinado paciente apresenta “alergia”, isso quer dizer que este dado possui o mesmo significado do termo “alergia” que se encontra na ontologia, caracterizando assim a necessidade de um mapeamento correto e consistente entre dados dos modelos de informação e os termos da ontologia (CANNOY; YIER, 2009).

Quanto as terminologias, a **aplicação de ontologias para o domínio de RES** pode torná-las logicamente mais coerentes e intuitivas ao senso comum, mesmo que voltadas a interpretação por um *software* (SMITH; CEUSTERS; TEMMERMAN, 2005).

6 INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA EM RES: O PADRÃO OpenEHR

Tornar os registros eletrônicos de saúde interoperáveis é, conforme Chen (2009), um pré-requisito para o suporte à cada vez mais sistemas de saúde distribuídos. Para tanto, torna-se necessário o arranjo de sistemas de PEP/RES, capazes de compartilhar dados clínicos, via uso de um **modelo de referência, estruturas de dados clínicos e terminologias, preservando a semântica existente no domínio de conhecimento**, atualizando e recuperando dados de forma consistente, sem ambiguidade.

Dentro de tal contexto e objetivos, o padrão OpenEHR, apresenta-se, de acordo com Leslie (2007) visando “habilitar a interoperabilidade semântica da informação em saúde entre, e dentro, de sistemas de RES – tudo em um formato não proprietário, evitando a detenção de direitos por parte de fornecedores” (LESLIE, 2007, p.51).

Constatando-se a necessidade de uma base teórica robusta aos modelos de informação clínica, e objetivando requisitos como interoperabilidade, computabilidade, escalabilidade, viabilidade econômica e desempenho, partiu-se de uma ontologia para desenvolver a base

formal do modelo OpenEHR.

6.1 A GERAÇÃO DE INFORMAÇÃO NOS PROCESSOS CLÍNICO E DE NEGÓCIO

A ontologia da informação clínica descrita por Beale (2007), base do OpenEHR, se inicia a partir de dois tipos de processo: o clínico que descreve a interação entre o sistema de investigação clínica e o sistema que representa o paciente; e o processo de negócio, que contém o processo clínico e se insere no contexto administrativo.

Visando a serialização e troca de mensagens entre sistemas de informação, Beale (2007) apresentará os tipos de informação (Figura 1) que podem ser criadas nestes processos.

Figura 1 - Informações Criadas pelo Investigador Clínico



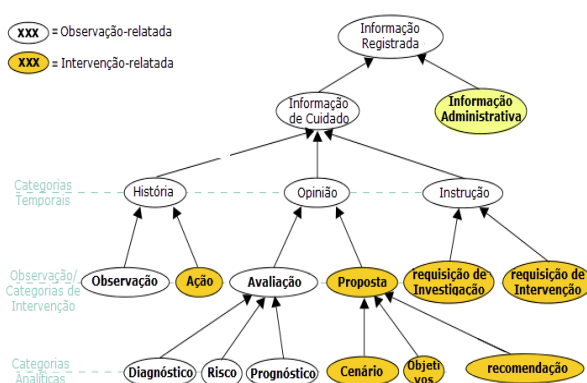
Fonte: Beale (2007)

Assim, cinco tipos distintos de informação podem ser criados durante o processo de atendimento ao paciente: observações, informações criadas por um ato de observação; medição, questionamento ou teste de um paciente ou substância relacionada (ex: urina ou tecido); opiniões, inferências realizadas pelo investigador; instruções, instruções baseadas em observações; ações, registro de ações de intervenção ocorridas via instruções ou outra causa; eventos administrativos, registro de eventos ocorridos no contexto administrativo.

6.2 A ONTOLOGIA CIR E O MODELO DE REFERÊNCIA DO PADRÃO OPENEHR

A partir destas categorias Beale (2007) propõe uma ontologia inicial, que tem o objetivo de situar os tipos de informação apresentados com respeito às categorias de informações administrativas (*admin information*) e informações de cuidados (*care information*). Esta ontologia inicial, acrescida de categorias necessárias (Beale, 2007), resulta na **ontologia da informação clínica** ou ontologia CIR (*Clinical Investigator Record*), conforme a figura 2:

Figura 2 - A Ontologia da Informação Clínica (CIR)



Fonte: Beale (2007)

Para efeito de um melhor entendimento da motivação da ontologia CIR, poder-se-ia categorizá-la como sendo uma ontologia da informação. Que versa sobre qualquer tipo de informação, ou seja, entidades que possuam comprometimento com algum tipo de meio como o escrito, audiovisual, etc. Em suma, algo da realidade que está sendo registrado, como notas, resultados de exames, diagnósticos, estrutura dos registros feitos, relações entre informações registradas, etc.

Assim, a ontologia CIR, base da classe ENTRY (entradas) do padrão OpenEHR é definida para versar sobre informações, mais especificamente sobre informações em saúde. Pois, o ponto mais importante sobre os arquétipos, que serão construídos a partir dela, é que estes não são descrições de coisas reais, mas são registros de algo que despertou o interesse/chamou a atenção do profissional de saúde durante o processo clínico, ou seja, capturam o que os profissionais de saúde, por sua experiência ou seguindo um procedimento padrão, julgam ser necessário registrar. Desse modo, norteados pelas categorias definidas na ontologia CIR, os profissionais de saúde, ao realizar as entradas de informações via formulários, o farão de maneira mais intuitiva e com menor curva de aprendizado, pois as categorias nela definidas buscam corresponder a informações geradas durante o fluxo de trabalho desses profissionais.

A ontologia CIR provê a base para as classes de entrada (classes *Entry*) do **modelo de referência** definido pelo padrão OpenEHR, com a principal característica de ser um **modelo genérico**, que permite representar a informação gerada na assistência à saúde, porém, sem a especificação semântica dos conceitos clínicos particulares.

Uma vez que o modelo de referência OpenEHR possui a característica de ser genérico, como, então, poderão ser representados conceitos clínicos específicos como, por exemplo, a pressão arterial do paciente? Nos modelos de informação vistos até o momento, não há

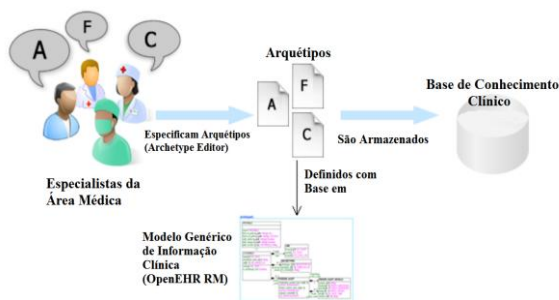
nenhuma classe específica para representar pressão arterial, mas existe uma classe que possui os conceitos clínicos necessários para expressar medições a respeito do paciente: a classe (subclasse de ENTRY) observação (OBSERVATION). Portanto, pressão arterial será definida como uma observação. Mas surge, em seguida, a questão: como expressar as particularidades desta observação? A resposta a esta questão levará ao modelo de conhecimento proposto pelo padrão OpenEHR, ou modelo de arquétipos.

6.3 O MODELO DE CONHECIMENTO OU MODELO DE ARQUÉTIPOS DO PADRÃO OPENEHR

Tomando como elementos constituintes os modelos de informação clínica, que permitem representar conceitos clínicos gerais, chega-se ao **modelo de conhecimento** do padrão OpenEHR, que tem por objetivo representar conceitos clínicos particulares (ao contrário do modelo de referência, que representa conceitos clínicos gerais e reside dentro do software).

Os conceitos clínicos particulares são representados como um conjunto de restrições sobre o modelo de informação genérico. A abordagem do OpenEHR, através da modelagem de dois níveis, habilita o corpo médico a determinar as características do registro de saúde mais adequadas para suas necessidades, ilustra a separação entre a atividade dos especialistas de domínio (neste caso, em específico, a área médica) na criação dos arquétipos através do modelo genérico de informação e que, por sua vez, irão compor as bases de conhecimento clínico conforme a Figura 3.

Figura 3 - Construção de Arquétipos por Especialistas Médicos



Fonte: Gutiérrez e Carrasco (2013)

Descrito sob a ótica da restrição aos objetos do modelo de referência, os arquétipos podem ser vistos conforme Martínez-Costa et al.:

O modelo de referência define o conjunto de classes que formam os blocos genéricos de construção do registro eletrônico de saúde e contém suas características não voláteis. [...] Arquétipos aplicam restrições aos objetos, que são descritores dos níveis ontológicos do domínio, definidos num modelo de referência. Os arquétipos fazem a ponte entre a generalidade dos conceitos do modelo de referência e a variabilidade da prática clínica, tornando-se assim, uma ferramenta para representar estes conceitos (MARTÍNEZ-COSTA et al., 2009, p.151).

O **modelo de arquétipos**, portanto, pode ser visto como **uma representação de metadados** desenvolvida para organizar e padronizar dados de domínios de conhecimento. Através dos arquétipos os conceitos clínicos são capturados de modo estruturado **fora** do *software*.

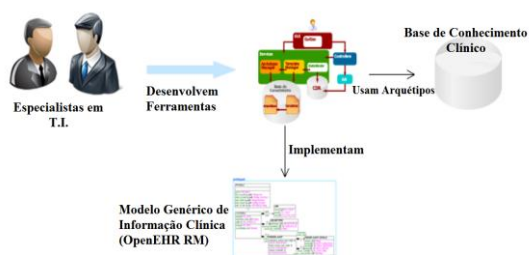
Ao se desenvolver o RES como um sistema baseado em conhecimento, obtém-se um aplicativo robusto, de mais fácil manutenção e modificação, cujo acréscimo de conhecimentos é feito via arquétipos, que são a expressão computável de um conceito em nível de domínio na forma de declarações de restrições estruturadas, baseada em algum modelo de informação de referência.

Arquétipos podem ser descritos como um modelo formal e, ao mesmo tempo, reutilizável de um conceito pertencente a um dado domínio que, uma vez representado por um arquétipo pode vir a ser novamente utilizado em vários cenários que exijam sua aplicação.

Sob o ponto de vista da **interoperabilidade semântica**, o modelo de arquétipos pode ser entendido como especificações que buscam garantir a semântica das informações trocadas entre os diferentes sistemas de RES, permitindo a incorporação de conhecimento ao sistema diretamente no modelo de domínio, tornando viável a interoperabilidade semântica na troca de informações entre os sistemas de RES. O **modelo de conhecimento**, portanto, **posiciona o sistema no nível ontológico**, isto é, no nível de abstração da descrição do mundo real, pois todos os modelos carregam algum tipo de conteúdo semântico.

A maior expectativa é a possibilidade de **reuso** das complexas estruturas de registro de informação, criadas pelos especialistas do domínio. Uma vez criados os repositórios de arquétipos, estes podem ser utilizados pelos especialistas em tecnologias da informação para a criação dos programas de RES (Figura 4) respeitando a divisão proposta pelo modelo dual.

Figura 4 - Construção de Aplicações por Especialistas em T.I.



Fonte: Gutiérrez e Carrasco (2013)

Além de fomentar o maior reuso do conhecimento, a utilização de arquétipos pode ser vista como uma solução possível para a heterogeneidade das informações em saúde. Uma vez que promovem a separação entre processos e dados, tornam os sistemas mais flexíveis e interoperáveis. Assim, sistemas de RES baseados no modelo de arquétipos podem ser constantemente atualizados sob a supervisão mais direta de equipes médicas, até mesmo sem gerar interrupções no sistema.

7 RESULTADOS

7.1 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE REFERÊNCIA OPENEHR NA PLATAFORMA PYTHON

Na arquitetura proposta pelo padrão OpenEHR, o modelo de referência é responsável pela semântica da informação que será trabalhada via restrições na camada de conhecimento (BEALE, 2002). Assim, através da implementação dos modelos de informação definidos no modelo de referência, é possível expressar informações clínicas conforme a semântica OpenEHR nas diferentes plataformas de desenvolvimento de *softwares*. No caso específico deste trabalho de pesquisa, escolheu-se a plataforma Python.

O resultado deste esforço foi positivo, implementou-se em Python⁵ o modelo de referência da especificação que constitui o primeiro nível do modelo dual, proposto no *design* do padrão OpenEHR. Pode-se, assim, afirmar de modo categórico, a possibilidade de se expressar informação clínica conforme a semântica OpenEHR nesta plataforma.

A obtenção de tal resultado abre a possibilidade para os desenvolvedores de sistemas de informação, bem como para projetos acadêmicos, escreverem códigos nesta linguagem e expressar um modelo clínico capaz de criar e utilizar dados clínicos em acordo com tal semântica.

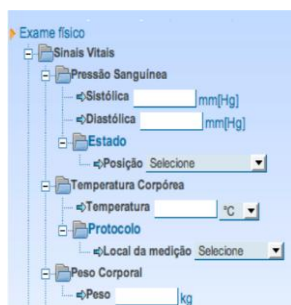
⁵O código em Python, resultante do esforço de implementação, para cada modelo de informação, pode ser acessado no repositório online:

7.2 VIABILIDADE E GANHOS DA GESTÃO DA INFORMAÇÃO DE UM RES OPENEHR VIA CMS

Uma vez obtida a certeza quanto a expressão da semântica OpenEHR em Python, analisou-se o custo benefício e os desafios que podem surgir ao se seguir uma proposta de implementação de softwares de PEP e RES a partir "do zero", como a proposta da arquitetura para um sistema de cinco camadas ("*5-tier System Architecture*") definida pelo OpenEHR (BEALE; HEARD, 2008).

Conforme visto na seção 6, o modelo de referência define a estrutura e a semântica da informação clínica, enquanto os arquétipos aplicam restrições às classes do modelo de referência para chegar aos conceitos ou artefatos de conhecimento definidos pelos especialistas clínicos. Tais artefatos quando usados por *templates*⁶ permitem dar forma às entradas dos prontuários eletrônicos (Figura 5).

Figura 5 - Representação de Arquétipos em Forma de Árvore



Fonte: Nardon e França (2008)

7.2.1 Requisitos Necessários para a Implementação de um PEP OpenEHR

Para se construir sistemas como o da figura anterior, além da serialização de *compositions* e arquétipos, codificação das regras de negócio em alguma linguagem de programação, há a necessidade da utilização de recursos, como bibliotecas de componentes para a interface visual com o usuário e *frameworks* ORM (no caso de linguagens orientadas à objetos e banco de dados relacionais), entre outros.

O padrão OpenEHR prevê ainda, entre vários requisitos, a necessidade de um *parser* ADL, que transforma arquétipos em ADL (*archetype description language*) para o formato de objetos na memória (OpenEHR, 2013). Para realizar o caminho inverso (de objetos para ADL), torna-se necessário implementar um serializador ADL, que parte dos arquétipos no formato AOM da memória, para a representação textual em ADL. Segundo Chen e Klein (2007): “[...] tal procedimento é frequentemente usado antes que um arquétipo seja armazenado e transmitido entre sistemas”.

⁶*Templates*: São gabaritos voltados à formatar e facilitar a entrada de dados em um sistema.

Os componentes acima descritos podem ser considerados como parte essencial de um *software* para gerenciamento de informação clínica, no caso de implementações que seguem a arquitetura computacional proposta pelo padrão OpenEHR. Diante das funcionalidades exigidas por tais sistemas, pode-se levantar a questão: haveria a necessidade de se construir tais *softwares* seguindo sempre os mesmos requisitos? Ou, haveria a possibilidade de se utilizar um *framework* sistêmico que, além de agregar valor a *softwares* do tipo RES/PEP, evitasse a queda recorrente em problemas como o da importação circular na implementação da classe ARCHETYPE, descrito por Kobayashi e Tatsukawa (2012). Tal *framework*, deveria permitir a implementação de acordo com as características desejadas e necessidades específicas, poupando o tempo/esforço de uma codificação a partir “do zero”.

A necessidade de pesquisar soluções para a implementação do padrão OpenEHR, numa linha de pesquisa, harmônica ao trabalho desenvolvido nesta pesquisa é salientada por Gök (2008, p 50): “[...] ao longo do tempo a abordagem do padrão OpenEHR amadureceu, porém, persiste um hiato de conhecimento de como criar um sistema baseado em OpenEHR (estratégias de implementação e migração)”.

7.2.2 Gestão do Conhecimento Clínico via Gestão de Conteúdo

Existe, num RES, a necessidade de uma arquitetura pensada não apenas para lidar com **dados**, mas manipular **informação** que se encontra num nível de complexidade e granularidade que advém da natureza da informação clínica. Conforme afirmam Velde e Degoulet (2003, p.108): “A granularidade das declarações clínicas/de saúde variam da orientação a texto (não-estruturado), passando pela orientação à seção (semiestruturado), às estruturas orientadas à conteúdo (codificadas)”.

Neste contexto, de elevada variação na complexidade, Arancon *et al* ressaltam os sistemas gestores de conteúdo como:

[...] aplicações devotadas a gerenciar conteúdo, documentos e informação, estruturadas de modo a permitir aos usuários fácil acesso ao conhecimento e adição ou modificação de dados. Atualmente, soluções diferentes estão disponíveis para tais propósitos, sob categorias como Sistemas Gestores de Conteúdo (CMS), Sistemas Gestores de Documentos (DMS), *wikis*, portais web dinâmicos, máquinas de busca, etc. (ARANCON *et al.*, 2008, p.245).

Um CMS possuirá, tipicamente, características como facilidade na criação e edição de conteúdo por não técnicos, segurança nos direitos de acesso, fluxo de trabalho (*workflow*) estruturado no processo para aprovação de conteúdo, versionamento e arquivamento de conteúdo, *templates* para gerar saídas consistentes, gestão do conteúdo, acessibilidade do conteúdo e

redução de custo (BOUKAR, 2012), (BOIKO, 2005) e (SUH, 2003).

Para uma situação específica da área de saúde, Mooney e Baenziger (2008, p. 70) constataam que: "um CMS pode prover uma alternativa atraente ao uso de sistemas gestores de informação laboratorial caros, ao possibilitar o desenvolvimento da sua própria infraestrutura web". A análise detalhada dos requisitos dos sistemas de RES (Beale *et al.*, 2008) e as funcionalidades dos CMS's trouxe a constatação de que características do modelo de referência OpenEHR, necessárias aos arquétipos podem ser implementadas através do uso da estrutura de um CMS (BOIKO, 2005).

Situação idêntica ocorre com a necessidade, num registro médico eletrônico ideal, de possuir uma interface intuitiva que modele os hábitos naturais dos médicos para entrada, revisão de informação e adaptabilidade. Assim como prover a fácil entrada de informação detalhada dos pacientes, prototipagem de *interfaces* intuitivas, menos dispendiosa e *workflow* avançado. Os CMS's atendem estes requisitos, possibilitando redução em uso de papel, bem como decrescendo a carga de documentação (LUSK, 2002, p.1227).

Da caracterização dos CMS's acima, pode-se constatar sua inserção junto à **Ciência da Informação**, mais especificamente como **sistemas gestores de informação**. Tal constatação é corroborada por Han (2005, p.356) quando afirma que: "[Um] CMS ideal é um sistema gerenciador de informação que preserva, organiza, dissemina e gerencia documentos desenvolvidos localmente e documentos externos com metadados associados".

Assim, ao buscar posicionar os sistemas de RES junto ao domínio dos sistemas gestores de conteúdo, estes também puderam ser posicionados junto à gestão da informação, ou seja, junto à Ciência da Informação.

8 CONCLUSÕES

Inicialmente a pesquisa buscou viabilizar, pela implementação do OpenEHR na plataforma Python, mecanismos que possibilitem a interoperabilidade semântica em sistemas de RES/PEP nela construídos. A seguir, o mesmo é feito à luz da busca por um *framework* sistêmico que viabilize a representação de informação clínica, frente a uma implementação "a partir do zero". Esta análise ocorre sob a ótica das especificidades dos sistemas gestores de conteúdo ou CMS.

Visando delimitar o escopo do problema a ser tratado, adotou-se a proposta de, após estudo exaustivo da especificação OpenEHR, verificar como tornar possível a expressão dos artefatos de conhecimento ou arquétipos na plataforma de programação Python.

A percepção propiciada pela modelagem dual tornou patente que, antes de se obter a

expressão de artefatos de conhecimento OpenEHR, pertencentes à **camada de conhecimento**, seria necessário verificar que os elementos da semântica contidos nos modelos de informação da **camada de informação**, poderiam ser expressos nesta mesma plataforma.

Tal verificação, antes da implementação da camada de conhecimento é crucial, pois, utilizando-se as classes dos modelos de informação, um número ilimitado de arquétipos pode ser construído. Com efeito, tais classes formam os blocos genéricos para construir o RES.

Após esforço de estudo da especificação, adaptação à plataforma escolhida e codificação, o objetivo, posto como necessário para que se pudesse afirmar, de modo categórico, a possibilidade de se expressar informação clínica OpenEHR na plataforma Python foi atingido.

Tal resultado, não apenas abre caminho para a utilização de arquétipos OpenEHR na plataforma Python, mas também para artefatos de conhecimento de padrões que utilizem, ou possam vir a se utilizar do modelo de referência OpenEHR. Este é o caso do padrão *Multi-Level Healthcare Information Modelling* ou MLHIM⁷. Abre a possibilidade, também, para implementações nesta plataforma, que utilizem recursos ainda não testados como *oframework* para desenvolvimento web, em Python, Django⁸, entre outros, bem conhecido pelos desenvolvedores que poderia agregar valor ao trazer as possíveis implementações web de softwares RES/PEP as suas funcionalidades facilitadoras.

Uma vez obtido o resultado que permite a expressão do modelo de referência na plataforma Python, seguiu-se a realização de uma análise do contexto que envolveria os principais requisitos de uma possível implementação à partir do zero. As dificuldades enfrentadas para realizá-la (PESSANHA, 2014, p. 78-84) levou à análise da possibilidade da utilização dos CMS's neste tipo de projeto. O resultado de tal análise mostrou-se positivo, posicionando os CMS's, pelas suas diversas características, como opção viável para implementações de *softwares* do tipo RES. Tal resultado traz ganhos no custo-benefício de uma implementação reconhecidamente complexa.

Como trabalhos futuros, apresenta-se como desenvolvimento natural da pesquisa a implementação, na plataforma Python, do modelo de informação demográfico⁹ OpenEHR, bem como do seu modelo de conhecimento/arquétipos. O mesmo pode ser dito para as ferramentas necessárias ao *parseamento* de arquivos ADL e a geração de objetos na memória, conforme especificado pelo *archetype object model* do OpenEHR (Pessanha, 2014, p. 109-

⁷Multi level healthcare Information Modelling. Página Institucional: <<http://mlhim.org/>>.

⁸Framework web em Python, Django. Página institucional: <<https://www.djangoproject.com/>>

⁹Especificação do Modelo de Informação Demográfico OpenEHR: <<http://www-test.openehr.org/programs/specification/releases/currentbaseline>>

110).

Da segunda parte desta pesquisa deve-se considerar a construção de artefatos de conhecimento, na forma de conteúdos em CMS's, confrontando os requisitos dos arquétipos OpenEHR com as possibilidades de modelagem e geração automática de conteúdos por eles oferecida. Tal resultado possibilitará a realização de provas de conceito, abrindo caminho para futuras implementações de softwares RES/PEP bem como a comparação dos resultados obtidos via o uso de *frameworks* de conteúdo com os obtidos através da codificação “pura”, sem o seu uso.

REFERÊNCIAS

ARANCÓN, José et al.. Ontology-based knowledge management in the steel industry. In CARDOSO, J.; HEEP, M.; LYTRAS, M. D. (Eds.). **The semantic web: Real-World Applications from Industry (Semantic Web and Beyond)**. v. 6. New York: Springer, 2008.

BEALE, T. Archetypes: Constraint-based domain models for future-proof information systems. In: Eleven OOPSLA Workshop on Behavioural Semantics: Serving the Customer, 2002, New York. **Proceedings of OOPSLA '02 Companion of the 17th annual ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming, systems, languages, and applications**. Baclawski, K.; Kilov, H. (Eds). New York: ACM, 2002.

BEALE, T; HEARD, S. An Ontology-based Model of Clinical Information. In: MEDINFO, 2007, Brisbane. In: WORLD CONGRESS ON HEALTH (MEDICAL) INFORMATICS (STUDIES IN HEALTH TECHNOLOGY AND INFORMATICS), 12. **Proceedings...** K. Kuhn et al. (Eds). Brisbane: IOS Press, 2007.

BEALE, T.; HEARD, S. **OpenEHR architecture overview**. OpenEHR, 2008. Disponível em: <<http://www.openehr.org/svn/specification/TAGS/Release1.0.1/publishing/architecture/overview.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2011.

BOIKO, B. **Content management bible**. 2. ed. Indianapolis: Wiley Publishing Inc, 2005.

BOUKAR, M. M. Content management system (CMS) Evaluation and Analysis. **Journal of Technical Science and Technologies**. v. 1. n. 1, 2012. Disponível em: <<http://journal.ibsu.edu.ge/index.php/jtst/article/view/240>>. Acesso em: 25 fev. 2013.

CANNOY, S. D.; IYER, L. Semantic Web Standards and Ontologies in the Medical Sciences and Healthcare. In: TAN, J. (Org). **Medical Informatics: Concepts, methodologies, tools, and applications**. New York: Medical Information Science Reference, 2009. p 65-77.

CHEN, R.; KLEIN, G. The OpenEHR Java Reference Implementation Project. In: MEDINFO-2007, 2007, Brisbane. In: WORLD CONGRESS ON HEALTH (MEDICAL) INFORMATICS (STUDIES IN HEALTH TECHNOLOGY AND INFORMATICS).12. **Proceedings** K. Kuhn et al. (Eds). Brisbane: IOS Press, 2007. p. 58-62.

CHEN, R. **Towards Interoperable and Knowledge-Based electronic Health Record Using Archetypes Methodology**. Tese (Doutorado em Informática Médica)-Departamento de Engenharia Biomedica, Universidade de Linköping, Linköping, 2009.

GÖK, M. **Introducing an openEHR-Based Electronic Health Record System in a Hospital Case Study, Emergency Department, Austin Health, Melbourne**. Tese (Doutorado em Informática Aplicada)-Centro de Informatica, Universidade de Göttingen, Göttingen, 2008.

GRUBER, T. R. Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. **International Journal of Human-Computer Studies**, v.43, Issue 5-6. Duluth: Academic Press, p. 907-928, 1995.

GUARINO, N. Formal Ontology, Conceptual Analysis and Knowledge Representation. **International Journal of Human and Computer Studies**, v.43. Issue 5-6. Duluth: Academic Press, p. 625-640, 1995.

GUTIÉRREZ, P. P.; CARRASCO, L. Open EHR-Gen Framework Generador de sistemas normalizados de historia clínica electrónica basados en el estándar OpenEHR. In: Jornadas de Sistemas de Información en Salud del Hospital Italiano de Buenos Aires. 2013, Buenos Aires. **Oficina do Programa de Internacionalização do OpenEHR**. Buenos Aires, 2013. Disponível em: <<http://informatica-medica.blogspot.com.br/2013/12/talleres-de-openehr-en-hiba-2013.html>>. Acesso em: 15 jul. 2013.

HL7. **What is HL7?** Health Level Seven, 2009. Disponível em: <www.cplire.ru/alt/telemed/HL7/WhatIsHL7.doc>. Acesso em: 20 maio. 2010.

KITSIOU, S.; MANTHOU, V; VLACHOPOULOU, M. Overview and Analysis of Electronic Health Record Standards. In: LAZAKIDOU, A. A.; SIASSIAKOS, K. M. **Handbook of research on distributed medical informatics and e-health**. Hershey: Medical information science reference, 2009. p.84-102.

KALRA, D. Barriers. Approaches and Research Priorities for Semantic Interoperability in Support of Clinical Care Delivery. In: SEMANTICHEALTH **Project IST 027328**. Bruxelas: Comissão Europeia, 2007. Disponível em: <http://www.semantichealth.org/DELIVERABLES/SemanticHealth_D4_1_final.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2011.

KOBAYASHI, S.; TATSUKAWA, A. Ruby Implementation of the OpenEHR Specifications. **Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics**. v.16. n.1, p. 42-47, 2012.

LESLIE, H. **OpenEHR: The Word's Record**. PULSE+IT, 2007. Disponível em: <http://issuu.com/pulseitmagazine/docs/pulseit_november2007/50> Acesso em: 20 set. 2011.

MARTÍNEZ-COSTA, Catalina; MENÁRGUEZ-TORTOSA, Marcos; FERNANDEZ-BREIS, Jesualdo Tomás; MALDONADO, José Alberto. A model-driven approach for representing clinical archetypes for Semantic Web environments. **Journal of Biomedical Informatics**. v. 42. Elsevier, 2009. p. 150-164.

MASSAD, E.; MARIN, H. de Fátima; AZEVEDO, R. S. de. **O Prontuário Eletrônico do Paciente na Assistência, Informação e Conhecimento Médico**. São Paulo, 2003. Disponível

em <http://www.lampada.uerj.br/lampada/ementas/aulas/info_med/Prontuario_livro.pdf>.

Acesso em: 20 fev. 2010.

MOONEY, S. D.; BAENZIGER, P. H. Extensible open source content management systems and frameworks: a solution for many needs of a bioinformatics group. **Briefings in Bioinformatics**. v. 9. n.1. Oxford: Oxford University Press Journals, 2008. p. 69-74.

NARDON, F. B. N. **Utilizando XML para representação de informação em Saúde**. Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento, Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP, São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.tridedalo.com.br/fabiane/publications/XML-SBISNews.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2011.

NARDON, F. B.; FRANÇA, T.; NAVES, H. Construção de Aplicações de Saúde Baseadas em Arquétipos. In: XI Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2008, Campos de Jordão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA EM SAÚDE. 11., São Paulo, **Anais...**2008. Disponível em: <<http://www.sbis.org.br/cbis11/arquivos/947.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2010.

OpenEHR. **The openEHR Archetype Model: Archetype Object Model**. 2013. Disponível em: <<http://www-test.openehr.org/releases/trunk/architecture/am/aom1.5.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2011.

PESSANHA, C. P. **Implementando o Prontuário Eletrônico OpenEHR em CMS's: Uma Aproximação**. Tese (Doutorado em Ciência da Informação)-Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

SHETH, A. P. Changing Focus on Interoperability in Information Systems: From System, Syntax, Structure to Semantics. In: Goodchild MF, Egenhofer MJ, Fegeas R, Kottman CA (Eds). **Interoperating Geographic Information Systems**. Norwell: Kluwer; 1999. Disponível em <<http://lsdis.cs.uga.edu/library/download/S98-changing.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2012.

SMITH, B.; CEUSTERS, W.; TEMMERMAN, R. Wüsteria. In: Studies in Health Technology and Informatics. 2005, Geneva. **Proceedings of Medical Informatics Europe 2005**. Geneva: Stud Health Technol Inform, 2005. p. 617-652.

SUH, Phil; ADDEY, Dave; THIEMECKE, David; ELLIS, James. **Content Management Systems**. Glasshaus, 2003.

VELDE, R. Van de; DEGOULET, P. **Clinical Information Systems: a Component-Based Approach**. New York: Springer. 2003.

WIERINGA, R.J. Design Science as Nested Problem Solving. In: 4th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology. 2009, Philadelphia. **Proceedings of the 4th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology**. Philadelphia, 2009. p. 1-12.