

INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DE SAÚDE POR MEIO DE ONTOLOGIAS FORMAIS E INFORMAIS: UM ESTUDO DA NORMA OPENEHR.

Tema: Interoperabilidade: Interoperabilidade, políticas e padrões de metadados, redes, novas tecnologias e ferramentas, qualidade e normalização de metadados.

Resumo

A quantidade de informação médica produzida diariamente, a variedade de fontes de informação e os diferentes formatos em que as informações médicas são encontradas têm gerado desafios de interoperabilidade entre sistemas de informação de saúde. O grande desafio enfrentado pelas instituições de saúde é a integração de diferentes tipos de informação existentes em sistemas de informação, tanto com relação ao conteúdo quanto a natureza, endereçando estudos relacionados à interoperabilidade de sistemas. Para solucionar esse problema, é preciso uma forma de especificar, sem ambiguidade, os vocabulários subjacentes aos sistemas de informação. No âmbito da Ciência da Informação, surge dentre outros, os tesouros, terminologias, e ontologias para o tratamento da padronização semântica das informações. Na área biomédica, observa-se a existência de diversas terminologias e ontologias que focam na determinação de um padrão semântico, podem-se citar alguns como: Classificação Internacional de Doenças (CID), Medical Subject Headings (MeSH), Systematized Nomenclature of Medicine - Clinical Terms (SNOMED CT), Health Level Seven International (HL7), Open Electronic Health Records (openEHR) e a norma ISO 13606. A proliferação do número de ontologias biomédicas geralmente implica aos sistemas de informação de saúde a necessidade de empregar mais de uma ontologia, e conseqüentemente problema de integração no âmbito da interoperabilidade semântica. Muitas ontologias e terminologias biomédicas descrevem áreas informacionais semelhantes, mas com formalismos distintos, como por exemplo, o registro eletrônico em saúde que são foco tanto da ISO 13606 quanto da openEHR, o que acaba levando a ambiguidades e especificações deficientes. Neste sentido, é evidente a necessidade de existir maior formalidade e riqueza semântica nas ontologias biomédicas. Este artigo descreve uma pesquisa, no âmbito da Ciência da Informação, cujo propósito é aprofundar nas questões identificadas referentes ao problema de interoperabilidade semântica sobre o registro de informações do paciente na norma openEHR. Para tal, define-se interoperabilidade semântica; apresentam-se os principais conceitos no campo das ontologias e os seus diferentes níveis de formalidade; analisa-se como ontologias formais e ontologias informais podem atuar na busca por interoperabilidade; identifica-se o nível de formalismo adotado pela openEHR e busca-se analisar os mecanismos nela existentes, suas vantagens e desvantagens. Apresentam-se ainda resultados parciais de pesquisa relacionada em andamento. Conclui-se que ontologias podem desempenhar papel relevante na busca pela interoperabilidade semântica entre sistemas, mas que muito ainda está por ser feito para que essa possibilidade se torne real. A informalidade na definição de termos que vão ser

usados em vocabulários de sistemas de informação impossibilita a interpretação clara do significado pretendido e mina qualquer tentativa de interoperabilidade automática.

Palavras-chave: Interoperabilidade semântica, ontologia, openEHR.

SEMANTIC INTEROPERABILITY IN INFORMATION HEALTH SYSTEMS THROUGH FORMAL AND INFORMAL ONTOLOGY: A STUDY OF STANDARD OPENEHR.

Theme: Interoperability: Interoperability, policies and standards of metadata, networks, new technologies and tools, quality and standardization of metadata.

Abstract

The amount of medical information produced daily, the variety of information sources and the different formats in which medical information is found have generated challenges of interoperability between healthcare information systems. The major challenge faced by healthcare institutions is the integration of different types of information into existing information systems, in relation to content and the nature, addressing the interoperability of systems related studies. To troubleshoot this problem is needed a way to specify unambiguously the underlying vocabularies to information systems. In the context of Information Science emerges among others the thesauri, terminologies, and ontologies for the treatment of semantic standardization of information. In the biomedical domain is observed the existence of different terminologies and ontologies focused on determining a semantic pattern which may be mentioned a few like: International Classification of Diseases (ICD), Medical Subject Headings (MeSH), Systematized Nomenclature of Medicine - ClinicalTerms (SNOMED CT), Health Level Seven International (HL7), Open Electronic Health Records (openEHR) and standard ISO 13606. The proliferation of the number of biomedical ontologies usually involves for the health information systems the necessity of to employ more than one ontology, and consequently integration problem in the semantic interoperability scope. A lot biomedical terminologies and ontologies that describing similar informational areas but with different formalisms, such as the electronic health record that are the focus of both the ISO 13606 as the openEHR, leading to ambiguities in definitions and poor specifications. In this sense, it exist a clear necessity for greater formality degree and semantic richness in biomedical ontologies. This article describes a research in the scope of information science, whose purpose is to deepen the issues identified related to the problem of semantic interoperability on the registration of patient information in the openEHR standard. For this, it is defined semantic interoperability; are presented the main concepts in the field of ontologies and their different levels of formality; is analyzed how formal ontologies and informal ontologies can act in seeking for interoperability; is identified the level of formality adopted by openEHR and finally it seeks to analyze the mechanisms existing in it, their advantages and

disadvantages. Are still presented partial results of related research in progress. It is concluded that ontologies can play a relevant role in the search for semantic interoperability between systems, but is still much to be done so that this possibility becomes real. The definition informality of terms that will be used in vocabularies of information systems prevents a clear understanding of the intended meaning and undermines any attempt to automatic interoperability.

Keywords: semantic interoperability, ontology, openEHR.

1 Introdução:

As entidades médicas geram diariamente um grande volume de informações em formatos diversos e oriundos de fontes de informação diferentes. Além disso, é comum que uma entidade adote um sistema de informação (SI) para tratar e armazenar seus dados e outra entidade adote um SI completamente distinto. Uma das necessidades encontrada por estas instituições esta relacionada à integração destes SI's com seus parceiros internos e externos, e garantir a troca de informação entre eles. Esta integração de SI's é conhecida como interoperabilidade de sistemas. Dada à complexidade da atividade médica, percebe-se que tornar os sistemas de informação de saúde (SIS) interoperáveis é uma tendência mundial.

No entanto, a troca e compartilhamento de informações médicas entre SIS's é dificultada, pois as terminologias médicas e ontologias clínicas usadas nos SIS's são heterogêneas, impactando a recuperação unificada dos registros de saúde com problemas de interoperabilidade semântica, levando a necessidade de padronização das informações que são trocadas entre os SIS's.

Para solucionar problemas de heterogeneidade, é preciso uma forma de especificar, sem ambiguidade, os vocabulários subjacentes aos sistemas de informação. No âmbito da Ciência da Informação (CI), surge dentre outros, os tesouros, terminologias, e ontologias para o tratamento da padronização semântica das informações. Porém estes tipos de vocabulário da CI possuem diferentes níveis de formalismo sobre a expressividade das relações e do conteúdo conceitual, sendo que vocabulários informais tendem a gerar ambiguidade na recuperação da informação.

Na área biomédica, existem diversas terminologias e ontologias para determinar um padrão semântico, por exemplo: Classificação Internacional de Doenças (CID), *Medical Subject Headings* (MeSH), *Systematized Nomenclature of Medicine - Clinical Terms* (SNOMED CT), *Health Level Seven International* (HL7), *Open Electronic Health Records* (openEHR) e a norma ISO 13606.

Neste sentido, este artigo visa responder a questão: ***De que forma o nível de formalidade das relações e conceitos dos vocabulários biomédicos pode atuar na busca por interoperabilidade semântica?***

Para tal, inicialmente, revisitam-se aspectos relevantes para o entendimento da noção de interoperabilidade semântica (seção 2). Discorre-se brevemente sobre os principais conceitos relacionados à Ontologia (seção 3). Cabe destacar que não se pretende uma revisão exaustiva das iniciativas nacionais e internacionais, mas apenas o necessário para caracterizar o atual estado da arte nacional. Busca-se

ainda elucidar a aplicação de ontologias em interoperabilidade semântica e como o nível de formalidade influencia esta aplicação (seção 3.1). Apresenta-se uma análise do modelo openEHR indicando seu nível de formalidade e conseqüentemente como ele provê a interoperabilidade (seção 4). Esta análise foi baseada no estudo da arte de trabalhos realizados e de análise bibliográfica e documental. Finalmente, conclui-se que ontologias podem desempenhar um papel relevante na busca pela interoperabilidade entre sistemas e que apesar do modelo openEHR ser uma referência internacional para interoperabilidade ele se demonstra ainda limitado (seção 5).

2 Fundamentos da Interoperabilidade e Interoperabilidade semântica

Na literatura de Ciência da Informação e de Ciência da Computação (CC) encontram-se exemplos de referências que definem interoperabilidade, de forma simples, como a capacidade que um sistema possui de compartilhar e trocar informações e aplicações com outro sistema (BISHR, 1997; SHETH, 1999; SAYÃO e MARCONDES, 2008).

Neste sentido, Marcondes e Sayão (2001) refletem que a interoperabilidade é a possibilidade do usuário buscar por recursos informacionais heterogêneos, armazenados em diferentes locais de uma rede, utilizando-se de uma interface única e sem necessidade de conhecimento sobre como os recursos estão armazenados. Complementando Arms (2002) explica que a interoperabilidade tem como objetivo desenvolver serviços e soluções úteis para os usuários, a partir de recursos informacionais que são tecnicamente diversos, e muitas vezes gerenciados por instituições diferentes.

Na perspectiva de Ukoln (2005) e Miller (2000) a interoperabilidade é entendida como um processo contínuo focado em garantir que os sistemas, procedimentos e cultura de uma organização sejam conduzidos a fim de maximizar as oportunidades de intercâmbio e reutilização de informação, seja interna ou externamente. Considerando a amplitude de abrangência do termo interoperabilidade e sua definição, Ukoln (2005) e Miller (2000) se complementam, ao propor uma subdivisão a noção de interoperabilidade para tratar as diferentes formas. Ukoln (2005) e Miller (2000) definem os tipos de interoperabilidade a se buscar como:

- *Interoperabilidade técnica*: abrange padrões de comunicação, de transporte, de armazenamento e de representação de informações.
- *Interoperabilidade semântica*: refere-se ao significado da informação originada em diferentes sistemas.
- *Interoperabilidade organizacional*: relacionada ao contexto organizacional, busca alinhamento entre processos e informações presentes na arquitetura corporativa.
- *Interoperabilidade política e humana*: envolve a forma como a informação é disseminada, ou se torna disponível na organização.
- *Interoperabilidade intercomunitária*: aborda o acesso a informações originadas em diferentes fontes, por organizações, especialistas e comunidades de natureza distintas.

- *Interoperabilidade legal*: relacionada a exigências e implicações legais de tornar a informação livre e amplamente disponível.
- *Interoperabilidade internacional*: envolve a cooperação em escala internacional, onde o intercâmbio envolve uma grande diversidade de padrões e normas, além de problemas inerentes de comunicação por barreiras linguísticas.

Considerando os tipos de interoperabilidade e os possíveis problemas associados, Sheth (1999) sugere que os problemas podem estar relacionados a fontes de informação manipuladas pelos sistemas, as quais podem apresentar diferenças sintáticas, estruturais ou semânticas. A questão sintática diz respeito ao uso de diferentes modelos ou linguagens; a questão estrutural está relacionada a divergências entre as estruturas de dados adotadas por cada sistema; a questão semântica remete a adoção de interpretações divergentes para a informação intercambiada entre os sistemas.

Para o *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*¹ a interoperabilidade é a capacidade de um sistema ou produto, de funcionar com outros sistemas ou produtos, sem nenhum tipo de esforço especial por parte de um cliente. Segundo o instituto, a interoperabilidade é possível apenas a partir da aplicação de normas e do uso de padrões. Nesse sentido, a interoperabilidade está atrelada a cooperação, normalizada por especificações, políticas e padrões que viabilizem o intercâmbio integrado de informações.

Para mitigar esses diferentes tipos de problemas, Arms et al. (2002) estabelecem que o grau de cooperação entre sistemas deve ser diferenciado em pelo menos três níveis de acordo de cooperação: i) Técnico, busca promover interoperabilidade tecnológica; ii) Conteúdo, busca promover interoperabilidade semântica; e iii) Organizacional, associado à Interoperabilidade organizacional e intercomunitária. Ao se referirem aos níveis de cooperação propostos por Arms (2000) e Arms et al (2002), Sayão e Marcondes(2008) complementando ao acrescentar o acordo político que busca estabelecer grupos de discussão a fim de se estabelecerem as diretrizes e as políticas necessárias, como por exemplo questões de financiamento.

No Brasil, a preocupação com a interoperabilidade de sistemas médicos ficou evidente através da portaria 2.073 de 2011 do Ministério da Saúde. Uma das recomendações dessa portaria é justamente adotar ontologias e terminologias para lidar com a questão da interoperabilidade de SIs. (BRASIL, 2011).

Quando se pretende que dois ou mais SIs colaborem, é preciso que possam interoperar. Isso envolve capacidade de comunicação, de troca de informações, de uso de operações mutuamente, de forma independente das arquiteturas, plataformas e semânticas utilizadas.

Neste ponto que a Ciência da Informação pode contribuir. Algumas pesquisas na área de CI focam na recuperação da informação e em Sistemas de Organização de Conhecimento (SOC, ou em inglês *Knowledge Organization Systems - KOS*). SOC's são instrumentos de representação semântica, gerados por meio de interpretações relevantes de um conhecimento ou domínio de informação,

¹ Disponível na Internet em: <www.ieee.org/>. Acesso em: 14 de junho de 2013.

formalizados em sistemas de informação e documentos, visam o tratamento e a recuperação da informação. Estes instrumentos podem contribuir na desambiguação de vocabulário e das estruturas necessárias para se garantir a semântica e compreensão dos termos, podendo assim ser aplicado para solucionar problemas relacionados a interoperabilidade semântica (SOUZA; TUDHOPE; ALMEIDA; 2012; CARLAN; MEDEIROS; 2011; ALVARENGA; 2013).

São exemplos de SOC as ontologias, tesouros, taxonomias, pois são esquemas que organizam e representam o conhecimento (SOERGEL; 1999; ALVARENGA; 2013; CARLAN; MEDEIROS; 2011; SOUZA; TUDHOPE; ALMEIDA; 2010;2012).

3 Ontologias e seu papel na interoperabilidade

Conforme dito no final da seção anterior, as Ontologias são um tipo de sistema de organização do conhecimento que possibilita representação do conhecimento. Trata-se de assunto interdisciplinar que tem sido objeto de estudo em diferentes campos de pesquisa como Filosofia, Ciência da Computação e Ciência da Informação, sempre aplicadas a representar domínios ainda mais diversos como medicina, biologia, engenharia, geografia e direito (ALMEIDA; 2013).

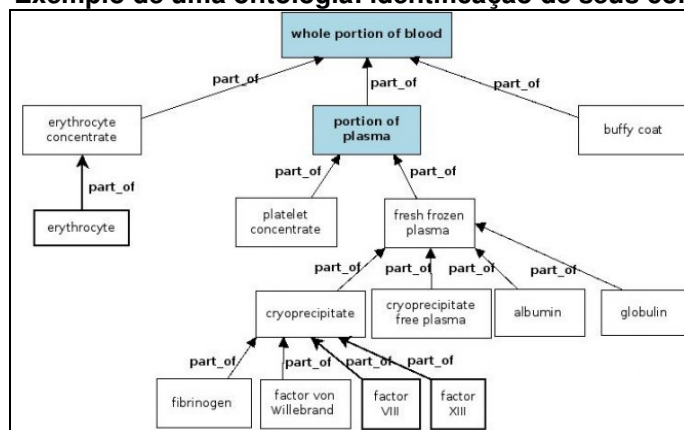
Para Guarino e Giaretta (1995) o estudo das ontologias se caracteriza pela coexistência de abordagens interdisciplinares, os autores citam sete interpretações disponíveis para o termo ontologia: i) uma disciplina filosófica; ii) um sistema conceitual informal; iii) um estudo relacionado à semântica formal; iv) uma especificação de uma conceitualização; v) uma representação de um sistema conceitual via teoria lógica; vi) um vocabulário usado por uma teórica lógica; vii) uma especificação (metanível) de uma teoria lógica.

No início dos anos 1990, ontologias passaram a ser amplamente aplicadas nas áreas de medicina e biomedicina como forma de estruturar o grande volume de dados gerados. Desde então, essas áreas têm abrigado pesquisa sobre interoperabilidade de SIs a partir de ontologias (SIMON; SMITH; 2004), como demonstram as inúmeras iniciativas internacionais produzidas com essa tecnologia.

Os elementos que compõem uma ontologia são citados por Gruber (1993; 1996) sendo os seguintes: i) classes – entidades organizadas em uma taxonomia; ii) relações – referem-se ao tipo de interação entre os conceitos de um domínio, são as relações entre as classes; iii) axiomas - usados para modelar sentenças sempre verdadeiras; iv) instâncias – utilizadas para representar elementos específicos, ou seja, os próprios dados.

A Figura 1 exemplifica os elementos de uma ontologia sobre os hemocomponentes e hemoderivados do sangue, a HEMONTO. Os retângulos coloridos são as entidades ou classes *FMA:whole portion of blood* e *FMA:portion of plasm*. As setas simbolizam as relações entre as classes, considerando a relação entre as classes coloridas, verifica-se uma relação de partonomias correspondendo à relação formal *part_of*. A Figura 2 refere-se ao axioma definido para esta relação.

Figura 1 - Exemplo de uma ontologia: identificação de seus componentes



Fonte: MENDONÇA e ALMEIDA(2013).

Figura 2 - Exemplo de axioma da relação part_of da HEMONTO

$C \text{ part_of } C1: \forall c, \forall t, \text{ se } c \text{ instance_of } C \text{ at } t \text{ então há algum } c1 \text{ tal que } c1 \text{ instance_of } C1 \text{ at } t \text{ e } c \text{ part_of } c1 \text{ at } t, \text{ onde } c \text{ part_of } c1 \text{ at } t \text{ é uma relação primitiva entre dois particulares continuantes, na qual um é parte do outro no tempo } t \text{ mencionado.}$

Fonte: MENDONÇA e ALMEIDA(2013).

Na literatura, são encontradas várias classificações para as Ontologias, no Quadro 1, é apresentada uma síntese das diversas classificações baseada nos seguintes trabalhos: Guarino (1998), Borgo et al. (2002) e Almeida, Mendonça e Aganette (2013).

Quadro 1 - Quadro sinóptico dos tipos ou classificações das ontologias

Classificação	Descrição
Ontologias de representação	Definem as primitivas de representação - como frames, axiomas, atributos e outros – de forma declarativa.
Ontologias de alto nível	Contêm definições abstratas necessárias para a compreensão de aspectos do mundo, como tempo, processos, papéis, espaço, seres, coisas, etc.
Ontologias de nível médio	Descrevem ramos de estudo de uma área e seus conceitos mais genéricos e abstratos.
Ontologias de domínio	Descrevem um domínio mais específico de uma área genérica de conhecimento, como direito tributário, microbiologia, etc.
Ontologias de aplicação	Descrevem um problema específico de um domínio que se voltam para a execução de atividades. Normalmente, ela referencia termos de uma ontologia de domínio.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em termos da quantidade de axiomas da ontologia, Hepp (2007, P. 15) discute que as ontologias se classificam como Pesadas (*heavyweight*) ou Leves (*Lightweight*). A primeira busca maior número de detalhes possíveis e apresentam muitos conceitos para evitar ambiguidades e más interpretações, são ricas no número de axiomas e relações. Já a segunda classificação, apresenta o mínimo de axiomas possíveis, diminuindo com isso seu nível de expressividade. Para

Giunchiglia e Zaihrayeu(2009), as ontologias leves são constituídas apenas por relações "é-Um". Eles se referem às ontologias leves como informais, e este é o conceito adotado por este trabalho.

Para Campos et al (2007, p. 5) as ontologias podem ser classificadas “pelo formalismo da expressividade das relações e do conteúdo conceitual de seus termos, onde podem ser formais, semi-formais e informais”. As ontologias informais ou ontologias leves representam vocabulários simples, organizados fundamentalmente por uma hierarquia de termos e relações básicas (do tipo *é-um* e *parte-todo*), e geralmente concebidas sem rigor.

Quanto ao nível de formalidade das Ontologias, Farinelli et al (2013) as classificam como formais ou informais. Em uma ontologia formal os termos e as relações entre os termos do vocabulário aparecem como variáveis, constantes e predicados de uma linguagem lógica formal. A fim de restringir o significado dos termos nela representados, são incluídos na ontologia axiomas lógicos para expressar relações entre entidades, desta forma aceitam-se certas interpretações e rejeitam-se outras. Assim a semântica de cada termo é definida explicitamente e sem ambiguidades (GUARINO, 1998; FARINELLI et al, 2013).

Os axiomas da ontologia podem ser usados, por exemplo, para explicar o sentido pretendido para importantes relações semânticas como a *é-um/é-uma* e *parte-todo*, estabelecendo suas propriedades.

Uma propriedade importante da relação parte-todo para fins de recuperação da informação é a transitividade, a qual se expressa da seguinte forma: se A é parte de B e B é parte de C, então A é parte de C. Entretanto, a transitividade das relações parte-todo não é totalmente consensual. Existem casos em que a transitividade é clara, como na cadeia transitiva apresentada por Winston et al. (1987) *apud* Farinelli et al (2013): O dedo de Simpson é parte da mão de Simpson; A mão de Simpson é parte do corpo de Simpson; O dedo de Simpson é parte do corpo de Simpson. Mas existem casos em que a transitividade não parece razoável, como no exemplo fornecido por Lyons (1977): A maçaneta é parte da porta; A porta é parte da casa; A maçaneta é parte da casa. Os axiomas da ontologia formal podem, nesse caso, especificar o significado da relação, sua semântica, rejeitando interpretações que estão em desacordo com o significado pretendido para termos e relações do vocabulário. Assim, os agentes nas duas pontas do processo de comunicação vão lidar com a mesma semântica.

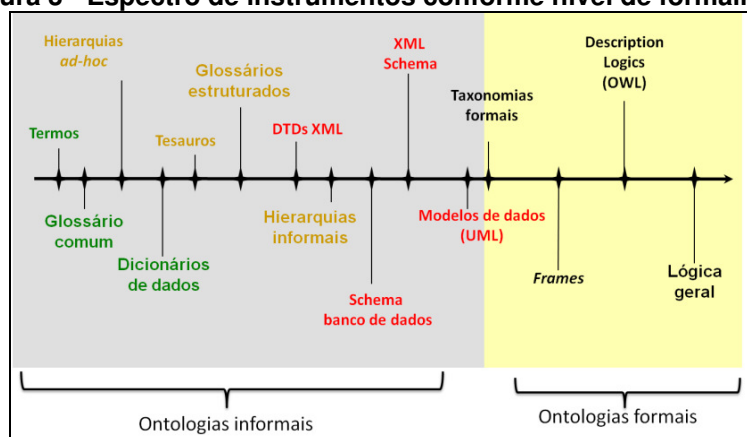
No caso da relação *é-um/é-uma*, ela pode ser expressa assim: se A é um B e B é um C então A é um C. Podemos citar como exemplo: Se Homem é um ser da Classe Mammalia e um ser da classe Mammalia é um ser do Filo Chordata, então Homem é um ser do Filo Chordata. Mas também existem casos em que a transitividade não parece razoável: Antonio é um primo de João; João é um primo de Maria; Mas Antonio não necessariamente é primo de Maria.

Já nas ontologias informais também são usadas para especificar a semântica dos vocabulários, porém não possuem riqueza de axiomas, apenas relações hierárquicas ou relação *é-um/é-uma*. O fato de não possuir axiomas impossibilita restringir o significado dos termos, ou seja, a eliminação da ambiguidade dos termos. Assim, a rejeição ou aceitação de certos significados de maneira

automática, em um ambiente computacional, não é possível. (FARINELLI et al, 2013).

Seguindo este raciocínio, observa-se que as ontologias podem ser construídas em diferentes níveis de detalhes ou de formalidade. A Figura 3 apresenta diversos tipos de instrumentos, classificados aqui como tipos de ontologias, essa classificação não é consensual, mas objetiva aqui apenas destacar o nível de formalidade dos instrumentos. Quanto mais a direita no gráfico, maior é a expressividade do instrumento e maior o nível de formalismo de suas relações e conceitos (FARINELLI ET AL; 2013).

Figura 3 - Espectro de instrumentos conforme nível de formalidade



Fonte: adaptado de Almeida, Souza e Fonseca (2011) apud Farinelli et al (2013)

Porém como as ontologias podem ser construídas em diferentes níveis de formalidade, formais ou informais, cabe então analisar como ontologias formais e ontologias informais podem atuar na busca por interoperabilidade, uma vez que o nível de formalidade vai impactar em sua capacidade de solucionar problemas de comunicação. Mas primeiro, é necessário entender o processo de comunicação ou troca de informação.

A comunicação ocorre a partir da troca de informação entre agentes, sendo que um agente envia e o outro recebe. A informação é comunicada em uma linguagem que consiste de um conjunto de símbolos organizados. Sozinhos, esses símbolos não tem significado. É preciso que os agentes envolvidos expliquem como eles devem ser interpretados (SHANNON; WEAVER; 1949).

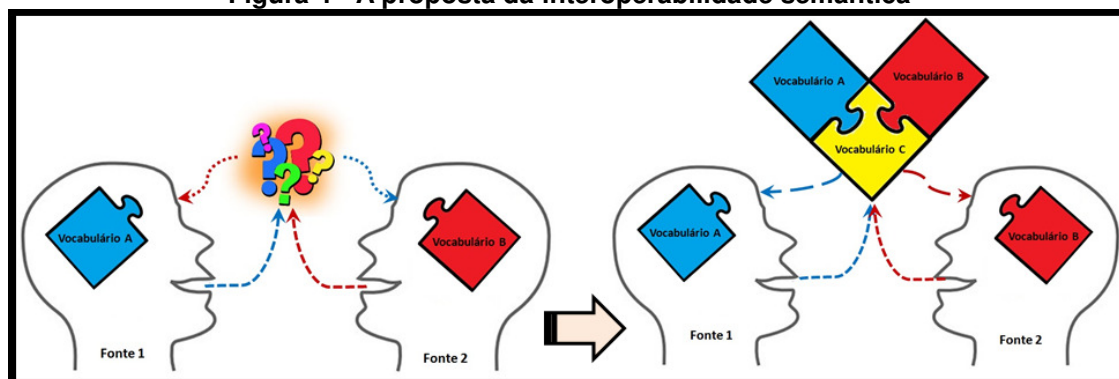
Uma classe de problemas na troca de informação ocorre porque o remetente e o receptor, por motivos diversos, usam diferentes semânticas. No âmbito dos SIs, o resultado é que o mesmo símbolo pode ter diferentes significados em diferentes linguagens. Essa questão básica, conhecida como polissemia, é assunto de pesquisa em Ciência da Informação e Linguística e inclui, além do caso do mesmo termo com diferentes significados, problemas causados por símbolos diferentes tem o mesmo significado. Existem ainda casos em que o significado dos símbolos não são iguais, mas também não são diferentes: eles se sobrepõem em alguma medida.

Quando a interação ocorre entre dois agentes humanos a polissemia é resolvida por interação recursiva, em linguagem natural, até que a questão seja

resolvida. Mas isso não é possível quando os agentes são sistemas computacionais que atuam sem intervenção humana. Nesse caso, não existe uma solução simples, que resolva a heterogeneidade semântica. Não existe forma de interpretar os símbolos ao longo da comunicação, pois sistemas computacionais não tem capacidade de interpretação.

Considere o esquema da Figura 4, dados duas fontes de informação 1 e 2, sendo que cada uma conhece dois vocabulários distintos A e B respectivamente, durante a comunicação entre estas duas fontes, existem um problema de identificação dos termos comunidos por cada fonte. A fonte 1 não compreende ou conhece o vocabulário B assim como a fonte 2 não compreende ou conhece o vocabulário A. O objetivo da interoperabilidade semântica é criar um padrão semântico que seja capaz de traduzir ou integrar os vocabulário A e B em um vocabulário C, de forma que as fontes 1 e 2 sejam capazes de compreender uma a outra.

Figura 4 - A proposta da interoperabilidade semântica



Fonte: Dos autores.

As ontologias são instrumentos aptos a especificar explicitamente a semântica de termos pertencentes a diferentes domínios, podendo ser aplicada para solucionar problemas de interoperabilidade no que tange a heterogeneidade semântica. Por isso podem proporcionar a troca de informação entre sistemas, e até mesmo entre pessoas (JASPER; USCHOLD; 1999). O nível de formalidade em que a ontologia é construída impacta sua capacidade de solucionar problemas de comunicação, ou seja, promover a interoperabilidade.

Finalmente, cabe sumarizar duas as possibilidades de interoperabilidade com o uso de ontologias em duas soluções principais, de forma a prover entendimento sobre seu alcance. Um primeiro tipo de solução adota ontologias informais. Nesse caso, todas as aplicações envolvidas no processo de comunicação compartilham uma terminologia comum. A semântica dessa terminologia compartilhada é em geral especificada por um padrão, ou melhor, um meta-padrão. Todas as aplicações que aderem a esse meta-padrão podem se comunicar usando a mesma terminologia, sem problemas com ambiguidades, num modelo que é normalmente denominado federativo (ARMS; 2000). No caso de uma aplicação X que usa outra terminologia, diferente da terminologia especificada no meta-padrão, será necessário estabelecer mapeamentos entre as duas terminologias. Se a terminologia da aplicação X tem

uma semântica bem definida, a questão da heterogeneidade semântica poderá ser resolvida por uma equipe de especialistas e programadores que criarão mapeamentos entre as duas terminologias. Essa é uma solução conhecida e resulta em esforço de programação para construir uma nova camada de *middleware* (LINTHICUM; 2002).

Em um segundo tipo de solução, as aplicações usam diferentes terminologias cuja semântica é especificada por ontologias formais. Uma terminologia genérica, cuja semântica também é especificada por uma ontologia formal, é usada como referência, como uma língua franca. Os mapeamentos entre as terminologias específicas dos sistemas envolvidos na comunicação, nesse caso, são indiretos: cada terminologia é mapeada para a terminologia de referência, ou a partir dela. Uma vez que a semântica das terminologias específicas é também especificada por ontologias formais, os mapeamentos podem então ser computados automaticamente (BECHHOFER; GOBLE; 2001). Essa abordagem que permite a geração de mapeamentos pelos sistemas envolvidos no processo de comunicação, ou seja, que permite que a tradução entre as semânticas das terminologias envolvidas seja feita automaticamente, é essencialmente a proposta da web semântica como concebida foi por Berners-lee et al. (2001).

4 O Modelo openEHR e seu nível de formalismo

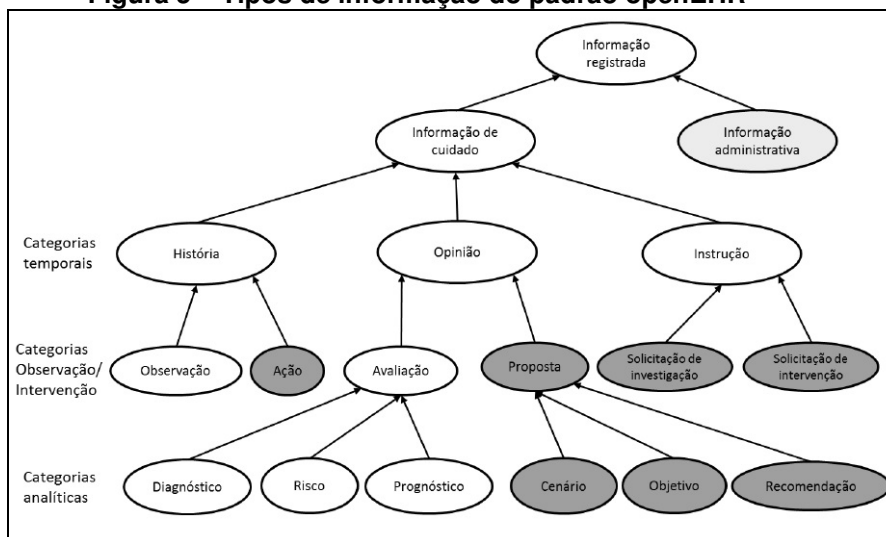
O Modelo openEHR propõe uma modelagem de dois níveis ou multinível dos registro eletrônico de saúde (RES). A arquitetura multinível do RES da fundação openEHR possui como principal característica a separação entre uma ontologia da realidade e uma ontologia de informação. A realidade ou ontologia da realidade é modelada por meio da representação do modelo de domínio (conhecimento) em em formato de arquétipos e templates, este modelo é conhecido como Modelo de Objetos de Arquétipos (MOA). Já a informação ou ontologia de informação, é modelada pelo Modelo de Referência (MR) que representa a visão da informação mais genérica para o domínio da saúde. O MR utiliza um conjunto pré-estabelecido de classes que modelam a estrutura genérica do registro eletrônico (Beale & Heard, 2007a).

Segundo Beale e Heard (2007a), o padrão openEHR define um MR com as classes de domínio invariante a ser instanciado por um MOA contendo informação clínica específica e suportando a interoperabilidade semântica. A relação entre o MR e o MOA no OpenEHR se dá por meio do modelo Clinical Investigator Record (CIR) (BEALE; HEARD, 2007b). Este modelo visa reconhecer, identificar e modelar os tipos de informação que podem ser criados para registro e uso em SIS, este modelo é a base para a modelagem das entradas clínicas no OpenEHR. O padrão OpenEHR reconhece cinco tipos de entrada de informação sobre o paciente, organizados taxonomicamente conforme Figura 5: Observação, Opinião, Instrução, Ação, Informação Administrativa (BEALE; HEARD, 2007b).

Na Figura 5 ainda é possível observar as entidades tratadas pela CIR (BEALE; HEARD, 2007a; BEALE; HEARD, 2007b): Informação de cuidado, Informação Administrativa, Observação, Opinião, Instrução, Ação, Proposta, Avaliação, Diagnóstico, Risco, Prognóstico, Cenário, Objetivo, Plano, Solicitação de

investigação e Solicitação de intervenção. Tanto os tipos de entrada de informação quanto as entidades são detalhadas em Beale et al (2008) e Andrade (2013).

Figura 5 – Tipos de informação do padrão openEHR



Fonte: Andrade (2013)

As entidades são relacionadas por setas que significam ligações do tipo é-Um pois relacionam classes a suas subclasses. Neste caso, Andrade e Almeida (2011) expõem que as entidades do nível mais alto não são formalmente definidas consequentemente não está claro que tipo de relação é-Um (*is_a*) é considerada.

Na pesquisa de Andrade (2013) foi realizada uma análise ontológica dos conceitos representados nos arquétipos do OpenEHR, considerando aspectos do realismo ontológico. Este trabalho revelou possíveis fontes de ambiguidade normalmente não são percebidas pelo especialista de domínio. Destaca-se como fontes de ambiguidade a separação entre informação e realidade e a separação entre o objeto e a interpretação sobre o objeto.

Uma das evidências destacada por Andrade (2013) esta presente nas definições dos conceitos. Um exemplo é citado para o conceito "*Modifying Factor*" que é definido como "*informação sobre um fator específico que altera o sintoma*" e sua subpropriedade "*Factor*" é definida como "*um evento ou atividade que modifica o sintoma*". Outra questão identificada foi o fato de cerca de 1/3 das classes definidas no padrão openEHR serem extremamente genéricas, o que sugere uma ausência de separação explícita entre informação e realidade durante sua construção. Isto pode ser evidenciado a partir do conceito "*Clinical Description*" que permite a entrada de qualquer valor que descreva o sintoma.

Andrade, Almeida e Schulz (2012) avaliam o padrão do ponto de vista ontológico e concluem que as relações no padrão openEHR não são tratadas via formalismo ontológico, o que não favorece a interoperabilidade. Por "formalismo ontológico" denomina-se aqui o entendimento da realidade e sua conceitualização através de premissas ontológicas (no sentido filosófico), mais a especificação dessa conceitualização via uma linguagem que permita restrições através de axiomas (no sentido lógico).

As relações entre as classes no Open EHR são determinadas, assim como na maioria das linguagens de modelagem, de forma ad-hoc. Tais relações não são determinadas por axiomas lógicos, de forma que não existe a possibilidade de restringir o significado dos termos a um significado pretendido, ou seja, de eliminar ambiguidade no nível necessário para tentativas efetivas de interoperabilidade automática entre máquinas. Dessa forma, ainda que algum nível de formalismo caracterize a criação do modelo openEHR, não se poderia caracterizar o modelo CIR do openEHR como uma ontologia formal, mas talvez como uma ontologia informal ou uma ontologia leve. Tem-se o mesmo resultado ao comparar um modelo UML com um modelo UML que usa a OCL, a linguagem de restrições da UML. Há muito já se sabe sobre o problema dos silos de informação, causados justamente por decisões de modelagem tomadas de forma ad-hoc e sem fundamentação ontológica (SMITH; WELTY, 2001). Desta forma, o modelo ou padrão openEHR pode contribuir para a interoperabilidade semântica de forma limitada. A especificação da semântica de vocabulários por meio de ontologias informais pode ser suficiente para comunicação humana, mas computadores não tem como lidar com contexto e com conhecimento de senso comum.

Por essa razão, para que a ontologia atue na comunicação entre máquinas é necessário especificar uma linguagem lógica formal que suporte inferências. Tal reflexão está em acordo com o argumento de Andrade e Almeida (2011) ao defenderem que o fundamento ontológico básico de arquétipos do openEHR poderia ser melhor representado por uma ontologia realista.

5 Considerações Finais:

O presente artigo definiu tipos de interoperabilidade e descreveu brevemente os conceitos fundamentais sobre Ontologias. Descreveu a aplicação de ontologias como alternativa para lidar com falta de interoperabilidade, distinguindo duas possibilidades: o uso de ontologias informais e o uso de ontologias formais. Apresentou uma análise do modelo openEHR com o intuito de verificar seu nível de formalismo. Cabe agora apresentar algumas considerações finais e conclusões.

Primeiramente conclui-se que ontologias podem desempenhar papel relevante na busca pela interoperabilidade semântica entre sistemas, mas que muito ainda está por ser feito para que essa possibilidade se torne real. A informalidade na definição de termos que vão ser usados em vocabulários de sistemas de informação impossibilita a interpretação clara do significado pretendido e mina qualquer tentativa de interoperabilidade automática.

O openEHR tenta a garantir interoperabilidade pela definição de modelos básicos para representar as informações em registros de saúde. Esses modelos consistem em um conjunto de informações comuns e variáveis clínicas que representam fielmente as informações de registro de saúde. Embora útil para resolver problemas de interoperabilidade por meio da definição de arquétipos, o modelo openEHR mostrou-se insuficiente a medida que não utiliza lógica formal ou axiomas para definir as relações entre as classes, levando a possíveis ambiguidades na definição.

Finalmente, conclui-se que para melhorar as definições do modelo openEHR seria necessário construir seus arquétipos por uma ontologia formal, onde seria possível incrementar o modelos via a axiomatização das relações.

Espera-se que este trabalho tenha lançado alguma luz sobre a importância da questão da interoperabilidade, sobre o que tem sido feito, sobre o que é necessário fazer e como a Ciência da Informação pode contribuir. Em pesquisas futuras, espera-se que dados empíricos possam comprovar a utilidade das soluções apresentadas aqui.

6 Referências bibliográficas:

ALMEIDA, M. B. Revisiting Ontologies: a necessary clarification. *Journal of the American Society of Information Science and Technology*. v. 64, n. 8. p. 1682-93. 2013.

ALMEIDA, Maurício Barcellos; MENDONÇA, Fabrício Martins; AGANETTE, Elisângela Cristina. **Interfaces entre ontologias e conceitos seminais da ciência da informação: em busca de avanços na organização do conhecimento**. 2013.

ALVARENGA, L. Representação do conhecimento em tempo e espaço digital na perspectiva da Ciência da Informação. **Encontros Bibli**, Florianópolis, v.8, n.15, 2003.

Andrade, André Queiroz de. **A linguagem médica utilizada em prontuários e suas representações em sistemas de informação: as ontologias e os modelos de informação**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Ciência da Informação, 2013. 210 f.

ANDRADE, A. Q.; ALMEIDA, M. B. A realism-based analysis of the OpenEHR entry model. **Proceedings of the MIXHS'11**, 2011, Glasgow, Scotland, UK. ACM. p.51-58.

ANDRADE, A. Q.; ALMEIDA, M. B.; SCHULZ, S. Revisiting ontological foundations of the OpenEHR Entry Model. **Proceedings of the 3rd International Conference on Biomedical Ontology (ICBO 2012)**, 2012, Graz, Austria.

ARMS, W. Y. **Thoughts about interoperability in the NSDL: draft for discussions**, 2000. Disponível em: <<http://www.cs.cornell.edu/wya/papers/NSDL-Interop.doc>>. Acesso em: 05 de junho de 2013.

ARMS, W.Y. et al. **A spectrum of interoperability: the site for science for prototype for the NSDL**, 2002. Disponível em: <<http://www.dlib.org/dlib/january02/arms/01arms.html>>. Acesso em: 05/06/2013.

CAMPOS, Maria Luiza de Almeida et al. Ontologias: representando a pesquisa na área através de mapa conceitual. **VIII ENANCIB**, Salvador, BA, 2007.

BEALE, T.; HEARD, S. **Architecture Overview**. OpenEHR Foundation, p.87. 2007a

BEALE, T.; HEARD, S. An ontology-based model of clinical information. **Stud Health Technol Inform**, v. 129, n. Pt 1, p. 760-4, 2007b. ISSN 0926-9630.

Beale, T. Heard, S. Kalra, D. Lloyd, D. The openEHR Reference Model - EHR Information Model. University College London, 2008.

BECHHOFER, S.; GOBLE, C. Thesaurus construction through knowledge representation. *Data & Knowledge Engineering*, v.37, p. 25-45, 2001.

BERNERS-LEE et al. **The Semantic Web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities**, 2001. Disponível em:

<<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=the-semantic-web>>. Acesso em 10 março 2010.

BRASIL, Ministério da Saúde Gabinete do Ministro. **Portaria nº 2.073, de 31 de agosto de 2011**. Disponível na Internet em: <<http://www.brasilsus.com.br/legislacoes/gm/109456-2073.html>>. Acesso em 30 de abril de 2013.

BISHR, Y. **Semantic aspect of interoperable GIS**, 1997. Disponível na Internet em: <<http://library.wur.nl/WebQuery/wda/947563>>. Acesso em 20 de julho de 2009.

CARLAN, Eliana; MEDEIROS, Marisa Brascher Basílio. Sistemas de Organização do Conhecimento na visão da Ciência da Informação. 2011.

FARINELLI, Fernanda; MELO, Stefane; ALMEIDA, Maurício Barcellos. O papel das ontologias na interoperabilidade de sistemas de informação: reflexões na esfera governamental. XVI ENANCIB, Florianópolis, SC, 2013.

GIUNCHIGLIA, Fausto; ZAIHRAYEU, Ilya. Lightweight ontologies. In: **Encyclopedia of Database Systems**. Springer US, 2009. p. 1613-1619.

GRUBER, T. **What is an ontology?** 1993. Disponível na Internet em: <<http://wwwksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>>. Acesso em: 20 de agosto de 2009.

GUARINO, N. Formal Ontology in Information Systems. **Proceedings of FOIS'98**, 1998. Amsterdam: IOS Press

GUARINO, N.; GIARETTA, P. Ontologies and KBs, towards a terminological clarification. In: MARS, N. (Ed.). **Towards a Very Large Knowledge Bases; Knowledge Building and Knowledge Sharing**. [S.l.]: IOS Press, 1995. p. 25-32.

HEPP, Martin. Ontologies: State of the art, business potential, and grand challenges. In: **Ontology Management**. Springer US, 2008. p. 3-22.

JASPER, R.; USCHOLD, M. **A framework for understanding and classifying ontology applications**, 1999. Disponível na Internet em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.39.6456>>. Acesso em: 20 de novembro de 2010.

LINTHICUM, D. S. **Enterprise Application Integration**. New York: Addison-Wesley Professional, 2002.

LYONS, J. **Semantics: 1**. Cambridge: Cambridge Press, 1977.

MENDONÇA, Fabrício; ALMEIDA, Mauricio Barcellos. Um Estudo de Caso na Construção de Ontologias Biomédicas: uma Ontologia de Domínio Sobre Hemoterapia. In: **ONTOBRAS**. 2013. p. 167-172.

MILLER, P. **Interoperability**. What is it and why should I want it? 2000. Disponível em: <<http://www.ariadne.ac.uk/issue24/interoperability/>>. Acesso em: 05/06/2013.

OPENEHR FOUNDATION. OpenEHR. 2007. Disponível em: < <http://www.openehr.org> >.

SAYÃO, L. F.; MARCONDES, C. H. O desafio da interoperabilidade e as novas perspectivas para as bibliotecas digitais. *TransInformação*, v. 20, n. 2, p.133-148, 2008.

SHANNON, C. E; WEAVER, W. The Mathematical Theory of Communication. Urbana: The University of Illinois Press, 1949.

SHETH, A. Changing Focus on Interoperability in Information Systems: from System, Syntax, structure to Semantics, 1999. Disponível na Internet em: <<http://lsdis.cs.uga.edu/lib/download/S98-changing.pdf>>. Acesso em: 17 de abril de 2011.

SIMON, J.; SMITH, B. Using Philosophy to Improve the Coherence and Interoperability of Applications Ontologies: A Field Report on the Collaboration of IFOMIS and L&C, 2004. Disponível na Internet em: <<http://ftp.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-112/Simon.pdf>>. Acesso em: 23 de setembro de 2010.

SOERGEL, D. The rise of ontologies or the reinvention of classification, 1999. Disponível na Internet em: <<http://www.dsoergel.com/cv/B70.pdf>>. Acesso em: 3 de março de 2008.

SOUZA, Renato Rocha; ALVARENGA, Lídia. A Web Semântica e suas contribuições para a ciência da informação. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 132-141, 2004.

SOUZA, Renato Rocha; TUDHOPE, Douglas; ALMEIDA, Mauricio Barcellos. The KOS spectra: A tentative typology of knowledge organization systems. **Paradigms and conceptual systems in knowledge organization/edited by Claudio Gnoli and Fulvio Mazzocchi.**—Wurzburg: Ergon Verlag, p. 122-128, 2010.

SOUZA, Renato Rocha; TUDHOPE, Douglas; ALMEIDA, Maurício Barcellos. Towards a taxonomy of KOS: Dimensions for classifying Knowledge Organization Systems. **Knowledge organization**, v. 39, n. 3, p. 179-192, 2012.

SMITH, B. Ontology and Information Systems, 2004. Disponível em: <<http://www.ontology.buffalo.edu/ontology/>>. Acesso em: 10 de junho de 2013.

UKOLN. Interoperability focus: looking at interoperability, 2005. Disponível na Internet em: <<http://www.ukoln.ac.uk/interop-focus/about/leaflet.html>>. Acesso em: 04 de junho de 2013.

WINSTON, M. E. et al. A Taxonomy of Part-Whole Relations. *Cognitive Science*, v.11, n. 4, p. 417-444, 1987.