

Projeto de Recursos Ontológicos (PRONTO): uma metodologia para planejamento e construção de ontologias

Mauricio B. Almeida¹

¹Escola de Ciência da Informação – Universidade Federal de Minas Gerais, B.R.

mba@eci.ufg.br

Resumo. *Ontologias são artefatos de representação do conhecimento adotados para enriquecer dados no formato digital através de sua classificação e axiomatização. Em muitos aspectos, ontologias são empreendimentos similares as iniciativas de classificação bibliográfica, mas possuem etapas um tanto técnicas que demandam conhecimento básico de lógica e tecnologia da informação. Para incrementar a construção de ontologias na Ciência da Informação, o presente artigo introduz uma metodologia para construção de ontologias denominada Projeto de Recursos Ontológicos (PRONTO). Trata-se de uma metodologia que objetiva ajudar a construir ontologias de todos os tamanhos e níveis de complexidade, pensada para ser prática, e concebida considerando aspectos orientados por necessidade de governança e por aspectos instrumentais. Além disso, a PRONTO objetiva atender ao pesquisador e profissional de Ciência da Informação em suas particularidades e necessidade de detalhamento técnico, uma vez que as metodologias tradicionais são voltadas para a cientistas da computação. A PRONTO é apresentada integrada ao mais popular editor de ontologia do mundo – o Protégé – desenvolvido na Stanford University e mantido pela universidade americana desde a década de 1990.*

Palavras-chave: *Ontologias; Metodologias para construção de ontologias; Organização do Conhecimento; Representação do Conhecimento*

Abstract. *Ontologies are knowledge representation artifacts adopted to enrich data in digital format through their classification and axiomatization. In many aspects, ontologies are similar to bibliographic classification initiatives, but they have somewhat technical steps that require basic knowledge of logic and information technology. To enhance the construction of ontologies in*

¹ Professor titular da Escola de Ciência da Informação da Universidade Federal de Minas Gerais. email> mba@eci.ufmg.br. ORCID 0000-0002-4711-270X

Information Science, this article introduces a methodology for building ontologies called Projeto de Recursos Ontológicos (PRONTO). This methodology aims to help build ontologies of all sizes and levels of complexity, designed to be practical and conceived considering aspects guided by governance needs and instrumental aspects. In addition, PRONTO aims to meet the needs of researchers and Information Science professionals in their particularities and their need for technical details., since the traditional methodologies are created for computer science. The methodology is presented integrated with the most popular ontology editor in the world – Protégé – developed at Stanford University and maintained by the American university since the 1990s.

Keywords: *Ontologies; Methodologies for building ontologies; Knowledge Organization; Knowledge Representation*

1. Introdução

O processo de construção de ontologias é trabalhoso e complexo. O falta de uso de um processo de desenvolvimento sistemático tem gerado um grande número de ontologias de baixa qualidade (Vigo *et al.*, 2014). Por esse motivo, é imprescindível o uso de uma metodologia bem estabelecida para *reduzir os erros* que normalmente ocorrem e *para orientar o ontologista* ao longo de todo o processo.

Com relação a redução de erros, é preciso primeiramente conhecê-los. A literatura da área indica erros comuns no desenvolvimento de ontologias, por exemplo: erros e padrões comuns (Rector *et al.*, 2004); anomalias ou *pitfalls* (Poveda, Figueroa e Perez, 2012); anti-padrões ontológicos (Sales e Guizzardi, 2015); erros nas definições (Ceusters *et al.*, 2004); sobrecarga de relações (Guarino e Welty, 2004), bem como listas de erros (Gómez-Pérez e Suárez-Figueroa, 2009). Tais erros podem ser reduzidos com um processo sistemático distinto dos processos usados de forma ad hoc até muito recentemente (Almeida, 2021).

Além de reduzir erros, as metodologias servem primariamente para orientar o ontologista no extenso processo de desenvolver a ontologia. Metodologias para construção de ontologias existem há cerca de 30 anos, mas nem sempre são simples ou de fácil uso para o profissional da informação. Exemplos dessas metodologias são: *Methontology* (Gómez-Pérez, Fernandez-Lopes e Vicente, 1996); Método 101 (Noy e McGuinness, 2001); *NeOn* (Suárez-Figueroa, 2008); *Up for ONtology (UPON)* (De Nicola, Missikoff e Navigli, 2009); *Systematic Approach to Build Ontologies (SABiO)* (Falbo, 2014); *OntofoInformationScience* (Mendonça, 2015).

Quase todas essas metodologias foram criadas e são usadas por pesquisadores e profissionais de ciência da computação. Dessa forma, impõem dificuldades para pesquisadores e profissionais da Ciência da Informação (CI), os quais necessitam de passos mais detalhados, em particular, aqueles mais técnicos. Exceção a esse padrão de metodologia é a já citada *OntofoInformationScience*, a qual foi originalmente criada para a CI (Mendonça, 2015). Entretanto, parece ter falhado em definir claramente e com o correto nível de profundidade justamente as etapas ditas técnicas, como a de formalização.

Nesse contexto, o presente artigo introduz a metodologia para construção de ontologias denominada *Projeto de Recursos Ontológicos (PRONTO)* que permite construir ontologias de todos os tamanhos e níveis de complexidade. Funciona integrada ao mais popular editor de ontologia do mundo – o *Protégé* – desenvolvido na *Stanford University* e mantido pela universidade americana desde a década de 1990. A PRONTO é produto de mais de 20 anos de experiência na pesquisa, ensino e construção de ontologias (Almeida, 2020, 2021, 2023).

A PRONTO é uma descrição dos passos metodológicos criada depois da experiência em planejar e desenvolver inúmeras ontologias nos mais diversos campos do conhecimento. Ainda assim, a metodologia pressupõe algum conhecimento do *Protégé* – bem como da *Web Ontology Language (OWL)* – o qual é usado para demonstrar passos metodológicos na prática. Para alcançar seus objetivos, o presente artigo apresenta primeiro uma visão geral dos passos (Seção 2.1), para depois detalhá-los (Seção 2.2).

2. Etapas metodológicas

Existem diferentes metodologias de desenvolvimento de ontologias (vide Seção 2), criadas desde o final dos anos 1990, apesar de que nem todas são simples. Uma metodologia brasileira que advoga clareza e sistematicidade, criada para a CI, é a metodologia *Projeto de Recursos Ontológicos* – PRONTO – que detalha os passos do ciclo de vida ontológico em linguagem adequada à profissionais da informação e especialistas diversos. Listam-se em seguida os passos e apresenta-se uma sinopse da metodologia PRONTO (Seção 3.1), cujas etapas são descritas em detalhe no restante da seção (Seção 3.2).

2.1. Descrição da metodologia PRONTO

Na etapa 1 – *especificação* – planeja-se a ontologia através de um *documento de especificação*, o qual contém informações, no mínimo, sobre: domínio e escopo,

propósito geral, público-alvo, cenários de aplicação, grau de formalidade, dentre outros. Em seguida, delimita-se a cobertura da ontologia, descrevendo-se os limites do domínio e *questões de competência*, as quais representam os requisitos da ontologia. Por exemplo, em uma ontologia da família, as questões de competência poderiam ser:

- Quais são os tipos de relacionamento de parentesco?
- Quais são os casamentos que ocorreram nessa geração?
- Estão inclusos relacionamentos não consanguíneos como cunhados, genros etc.?

A etapa 2 – *aquisição de conhecimento* – engloba atividades para seleção de materiais de referência no domínio e para a obtenção de conhecimento. Essas atividades são conduzidas de forma a combinar diferentes métodos como, por exemplo: entrevistas, acesso à referências, análise textual, extração terminológica automática e semiautomática, dentre outros. Destaca-se ainda a elicitación de conhecimento envolvendo diferentes visões do domínio a partir de consulta a especialistas diversos.

A etapa 3 – *Organização de termos representativos de entidades* – consiste em pesquisar por ontologias de alto nível que possam prover termos e um ponto de partida apropriado aos objetivos. Ao fazer tal escolha, considera-se a abordagem teórica subjacente da ontologia de alto-nível, a qual vai justificar decisões ontológicas de modelagem. A ontologia de alto-nível selecionada pode ser importada para um editor de ontologias quando da implementação, mas antes disso serve para fornecer o caminho a percorrer ao classificar entidades.

A etapa 4 – *Organização de termos representativos de relacionamentos* – funciona de forma similar a etapa 3, mas contempla a busca de termos que podem ser usados como relacionamentos entre entidades. Ontologias de alto nível, via de regra, trazem diversas sugestões de relacionamentos bem testadas.

A etapa 5 – *definição de entidades* – produz um formato mais próximo do produto final pois as definições são organizadas a partir de *differentias*, o que permite colocar cada termo no seu lugar correto na estrutura. As definições, nessa etapa, passam a outro nível de formalidade e são estabelecidas de forma fundamentada. Trata-se de atividade eminentemente intelectual, onde o profissional se envolve em um ir e vir característico da classificação, em um processo que dificilmente pode ser repetido de forma eficiente por uma ferramenta.

A etapa 6 – *formalização* – consiste em escrever a ontologia em linguagem lógica, produzindo-se a descrição formal do domínio a partir das definições da etapa anterior. O conhecimento do domínio, tratado até então apenas a nível informal, passa ao nível ontológico-formal. Isso implica em uma série de adaptações na estrutura para atender as restrições formais. Essa etapa inclui tarefas adicionais como:

- Atribuir propriedades à classes, além de rótulos, definições e anotações.

- Criar definições formais através da linguagem lógica a partir da definição textual.
- Definir propriedades dos dados como: tipo, cardinalidade etc.
- Definir propriedades de relacionamentos que incluem propriedades lógicas, faixa, domínio, dentre outras.

A etapa 7 – *avaliação* – é realizada a partir de um conjunto de critérios que permite a *validação*, ou seja, a adequação da ontologia ao domínio; e a *verificação*, ou seja, a análise da corretude do artefato. Exemplos de critérios de validação são: natureza ontológica dos termos, universalidade de classes, grau de representatividade no domínio, dentre outros. Exemplos de critérios de verificação são: a não recursividade nas definições, a especificação de tipos de relacionamentos canônicos, a definição de relações inversas, a criação de cardinalidades, dentre outras. Avaliações de rotina para verificar resultados são feitas via o *reasoner* (mecanismo de inferência) para ajustes e via consultas para resultados.

Finalmente, a etapa 8 – *Documentação* – é relevante, ainda que sejam amplamente negligenciada. A relevância deriva do fato de que, como já explicado, a ontologia é um artefato dinâmico, sujeito a alterações sempre que o conhecimento no domínio é alterado ou atualizado. Assim, gerar documentação adequada para ontologia ao final do processo de construção é uma providência que faz parte do desenvolvimento de um artefato bem fundamentado e de longo prazo.

A seção seguinte (Seção 2.2) descreve em mais detalhe cada etapa da metodologia listada acima. Antes disso, é a metodologia é apresentada em um sumário da lista de tarefas a realizar ao construir uma ontologia.

2.2. Detalhamento da metodologia PRONTO

A metodologia PRONTO não foi criada com base em outras metodologias, mas sim pela prática de construção de ontologias nos últimos 20 anos. Foi testada e refinada a cada projeto de construção de ontologias, e por isso traz um caráter essencialmente pragmático. Na presente seção, os passos da PRONTO são detalhados, bem como estabelecidos o que fazer, porque fazer e como fazer.

2.2.1. Especificação

Como já mencionado, a etapa de especificação objetiva estabelecer o propósito da ontologia a ser desenvolvida, os usos e usuários pretendidos, e o conjunto de requisitos que a ontologia deve satisfazer após ser formalmente implementada. A etapa de especificação pode ser dividida em três passos:

- a. Estabelecer questões de competência;

- b. Estabelecer conjunto de metadados;
- c. Produzir documento de especificação.

a- Estabelecer questões de competência

As questões de competência (QCs), em última instância, definem o escopo da ontologia. São questões para as quais os usuários desejam obter respostas ao consultar a ontologia. Por especificar o conhecimento a ser incluído em uma ontologia, as QCs podem ser consideradas requisitos de conteúdo.

Quadro 1 - Para estabelecer questões de competência

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Criar perguntas em linguagem natural com o objetivo de verificar se a ontologia atende aos requisitos planejados.
2	Porque fazer?	Porque é preciso direcionar o desenvolvimento: as QCs são os requisitos que guiam a construção do artefato ontológico.
3	Como fazer?	Não existe uma forma única e consensual de criar QCs. Pretende-se que elas registrem os requisitos da ontologia.

Fonte: os autores

São exemplos genéricos de QCs: qual domínio a ontologia vai abranger? Para quais propósitos, consultas e usos a ontologia está sendo projetada? Para quais tipos de perguntas a ontologia deve fornecer respostas? Quem usará e manterá a ontologia? São exemplos mais específicos de QCs (ontologia de ecologia): Quais espécies de insetos podem ser preservadas se uma parte da floresta com espécies de árvores X, Y e Z for preservado? Em ovos de quais espécies foi encontrada a espécie parasitoide X? Quais predadores comem a espécie X? Quais espécies Z de formigas picam humanos?

b- Estabelecer conjunto de metadados

Metadados são inseridos nas ontologias por meio de anotações nas classes com o objetivo de servir a leitura humana. Não são verificados pelo reasoner, mas podem ser úteis em vários contextos.

Quadro 2 - Para estabelecer metadados

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Criar metadados na forma de anotações.
2	Porque fazer?	Para fornecer informações aos desenvolvedores ou aos usuários durante o desenvolvimento e a manutenção.
3	Como fazer?	No Protégé, acessa-se a tela de metadados a partir da aba <i>Annotation Properties</i> , ou nas abas de classes e propriedades (Figura 1 a-b).

Fonte: os autores

Figura 2– Anotações no Protégé

Figura 2a– aba de anotações

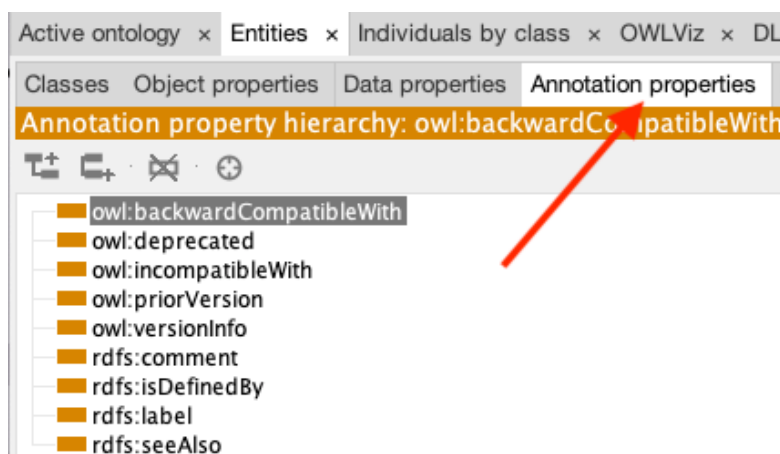
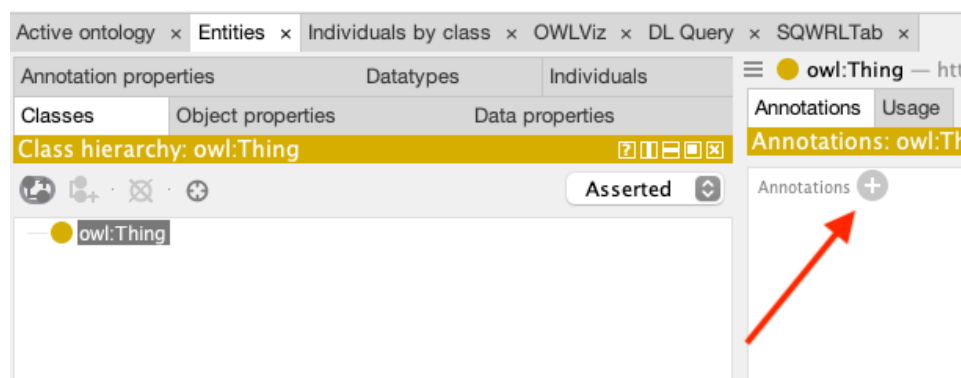


Figura 2b– anotações a partir da aba Classes

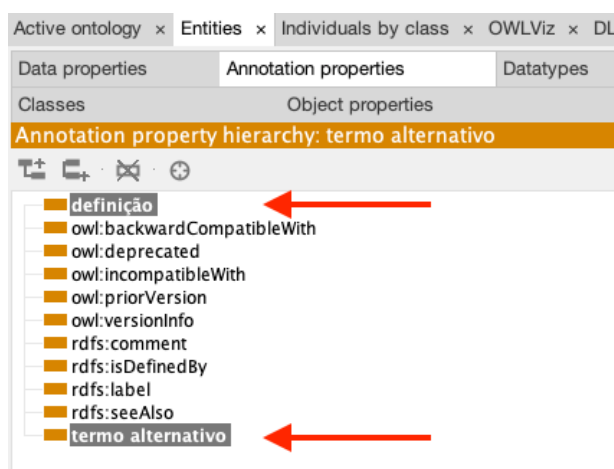


Fonte: tela do Protégé

Segue-se uma sugestão de *template* para metadados, incluindo alguns dos campos recomendados pela *Information Artifact Ontology* (OboFoundry, 2021):

- *Termo preferido*: nome conciso, significativo e simples de usar, o qual é o preferido pelos desenvolvedores para nomear uma classe ou propriedade da ontologia.
- *Definição*: definição oficial, explicando o significado da classe ou propriedade. Formalizada e normalizada, ainda que possa manter comentários como complementos.
- *Fonte da definição*: citação formal, ou identificador externo, para atribuir fonte(s). Texto livre indicando ou atribuindo fonte(s) para a definição, por exemplo: nome do autor, URI, URL da Wiki, etc.
- *Exemplo de uso*: uma frase que descreve como o nome de classe deve ser usado. Também pode incluir exemplos que facilitem a compreensão imediata da semântica da classe, como subclasses prototípicas conhecidas ou instâncias.
- *Termo alternativo*: um nome alternativo para a classe ou propriedade, com o mesmo significado do nome preferido ou equivalente semântico.

Figura 3– Exemplo dos metadados “termo alternativo” e “definição” na tela do Protégé



Fonte: tela do Protégé

c- Produzir documento de especificação

Um *documento de especificação* registra o resultado da atividade de coletar os requisitos que a ontologia deve atender como, por exemplo: razões para construir a ontologia, interessados, usos pretendidos, etc. Todos os itens alcançados, de preferência, através de um processo de consenso.

Quadro 3 - Para produzir documento de especificação

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Um documento que indique, no mínimo, por que a ontologia está sendo construída.
2	Porque fazer?	Para estabelecer os requisitos da ontologia a ser construída.
3	Como fazer?	Preencher e registrar campos especificados no <i>template</i> .

Fonte: os autores

Um *template* para documento de especificação pode incluir as seguintes tarefas:

- i. Identificar o propósito, o escopo e a linguagem de implementação.

- ii. Identificar os usuários finais.
- iii. Identificar os usos pretendidos.
- iv. Identificar requisitos.
- v. Requisitos do grupo.
- vi. Validar o conjunto de requisitos.
- vii. Priorizar requisitos, em grupos, por importância.
- viii. Extrair a terminologia e sua frequência, a partir das questões de competência.

2.2.2. Aquisição de conhecimento

A etapa de *aquisição de conhecimento* objetiva a obtenção de termos candidatos para ontologia através de técnicas e tarefas diversas. Pode-se listar nessa atividade pelos menos as seguintes tarefas:

- a. Extrair termos de outros artefatos.
- b. Extrair termos de documentos.
- c. Extrair termos elicitados de especialistas.
- d. Registrar termos obtidos.
- e. Criar modelo preliminar.

a- Extrair termos de artefatos de representação

A obtenção de termos de outros artefatos de representação (a) demanda inspeção manual dos artefatos – sejam ontologias, tesauros, glossários, etc. – e verificação da adequação dos termos a nova ontologia.

Quadro 4 - Para extrair termos de outros artefatos

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Obter termos candidatos a partir de outros artefatos de representação, sejam ontologias, tesauros, dicionários, etc
2	Porque fazer?	Para criar uma lista de termos relevantes que atendam as questões de competência e o documento de especificação.

3	Como fazer?	Por inspeção de outros artefatos de representação.
---	-------------	--

Fonte: os autores

b- Extrair termos de documentos

Com relação fonte de documentos (b), os termos podem ser extraídos de forma automática ou inspecionados visualmente. No primeiro caso, um exemplo de ferramenta útil é a *AntCont*²; no segundo caso, um exemplo de ferramenta é *Sketch Engine*³.

Quadro 5 - Para extrair termos de documentos

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Obter termos candidatos para a ontologia a partir de documentos que versam sobre o domínio ou estão a ele relacionados.
2	Porque fazer?	De forma a criar uma lista de termos relevantes para atender as questões de competência e o documento de especificação.
3	Como fazer?	Extração manual ou extração automática a partir de documentos.

Fonte: os autores

c- Elicitar conhecimento com especialistas

Para obter conhecimento com especialistas (c), utilizam--se em muitos casos os *protocolos verbais* (SCHMALHOFER e STEFAN BOSCHERT, 2009). Trata-se de uma forma de aquisição de conhecimento usada para conversas ou entrevistas em que obtêm dados a partir de narrativas associadas ao trabalho das pessoas. Ao trabalhar em uma tarefa específica, as pessoas pensam em voz alta à medida que os pensamentos lhes ocorrem, ou o fazem em intervalos especificados pelo entrevistador. Um entrevistador pode também pedir a pessoa para verbalizar pensamentos após a conclusão da tarefa. As

² Disponível em: <https://www.laurenceanthony.net/software.html>

³ Disponível em: <https://www.sketchengine.eu/>

verbalizações resultantes são gravadas, literalmente, e então codificadas de acordo com categorias pré-definidas.

Quadro 6 - Para elicitar conhecimento com especialistas

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Obter termos candidatos para a ontologia a partir de especialistas.
2	Porque fazer?	Para criar uma lista de termos relevantes para atender as questões de competência e o documento de especificação da ontologia.
3	Como fazer?	As técnicas de elicitação são diversas, por exemplo, os <i>protocolos verbais</i> , (vide “instruções complementares” adiante)

Fonte: os autores

Existe uma variedade de técnicas à disposição do ontologista para a elicitação de conhecimento. Levantar essas técnicas está além dos objetivos desse artigo, mas os interessados podem achar informações em Teixeira *et al.* (2021) e Mendonça, Cardoso e Almeida (2012).

d- Registrar aquisição de conhecimento

O registro da aquisição de conhecimento (d), por quaisquer das técnicas citadas, pode ser feito com possibilidades de automação. O ontologista pode optar também por formas mais sofisticadas de registro e um exemplo é o Protégé-Frames. Ao usar essa ferramenta para entrevistas com especialistas, é preciso construir um roteiro onde os *frames* são os campos para armazenar o conhecimento obtido (Figura 4.10).

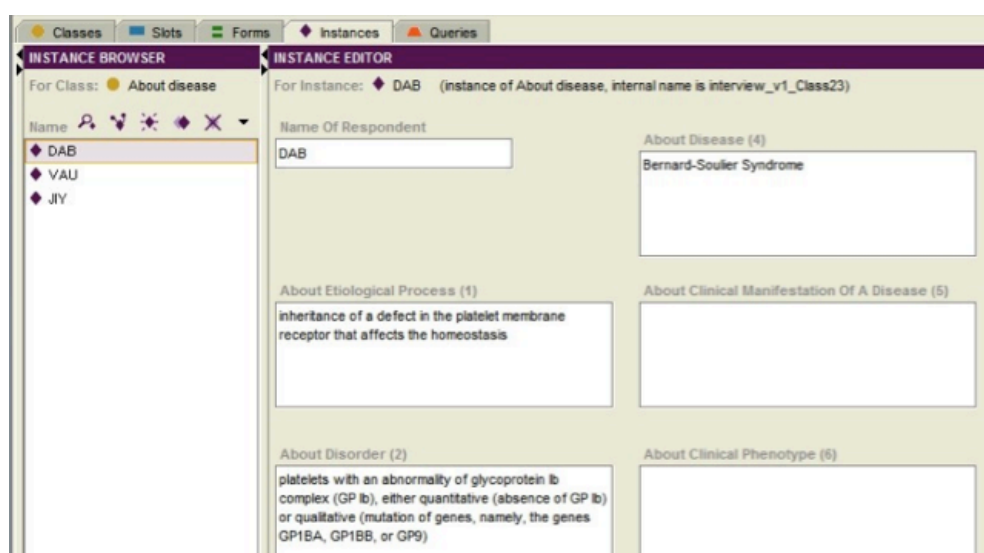
Quadro 7 - Para registrar conhecimento elicitado

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Registrar termos candidatos.

2	Porque fazer?	Para iniciar a construção do vocabulário subjacente a ontologia
3	Como fazer?	O registro pode ser feito de diversas formas. Uma opção é usar o Protégé <i>Frames</i> (Fig. 3).

Fonte: os autores

Figura 4 – Tela do Protégé *Frames* usado para aquisição de conhecimento



Fonte: tela do Protégé

O conhecimento também pode ser registrado em simples planilhas Excel, o que facilita o processo pela grande popularidade do pacote *Office* e similares. Na outra ponta, existem ferramentas e *plugins* para automatizar a importação do conteúdo das planilhas para ontologias.

e- Criar um modelo preliminar da ontologia

Ao inserir os termos e relacionamentos na ontologia – objeto da próxima etapa – os termos como que “se perdem” na ontologia por dos motivos principais:

- As classes importadas de outras ontologias de alto nível, de nível médio ou mesmo de domínio povoam as ontologia em construção e suas classes se tornam esparsas.

- O *Protégé* organiza classes e relacionamentos em ordem alfabética, o que pode não corresponder ao modelo que o ontologista tem em mente.

Por esses motivos, dentre outros, é bom estabelecer e manter um modelo gráfico (tipo círculos e arestas) do que se pretende obter ao desenvolver a ontologia.

Quadro 8 - Para criar modelo preliminar

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Esboçar um modelo da ontologia ou de partes dela.
2	Porque fazer?	Para manter em mente os termos e os relacionamentos da ontologia sob desenvolvimento.
3	Como fazer?	Pode ser feito com linguagens usuais da área de Sistemas de Informação, mas não necessariamente.

Fonte: os autores

2.2.3. Organização de termos representativos de entidades

A etapa de organização de termos representativos de entidades tem por objetivo produzir uma versão da estrutura da ontologia, num primeiro momento, uma estrutura apenas taxonômica.

a - Importar termos genéricos

Quadro 9 - Importação de termos

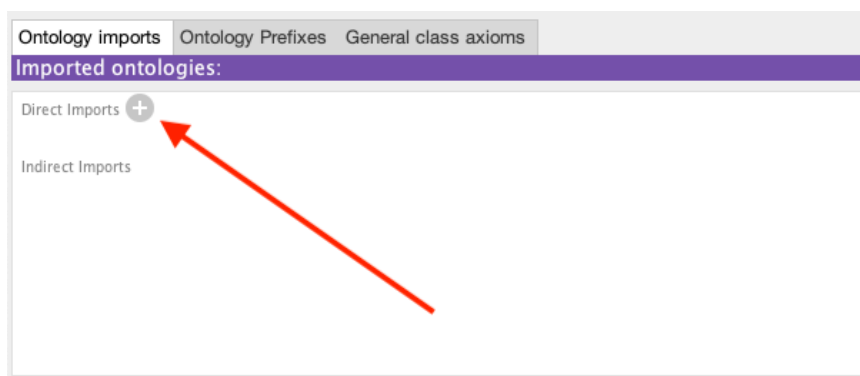
Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Importar ontologia(s) de alto nível e de nível médio selecionada (s) para uso.
2	Porque fazer?	Para reusar termos organizados em um esquema genérico.

3	Como fazer?	No Protégé, na aba “ <i>Active Ontology</i> ”, no <i>frame</i> inferior escolhe-se “ <i>direct imports</i> ” clicando no botão  (Fig.4a)
---	-------------	---

Fonte: os autores

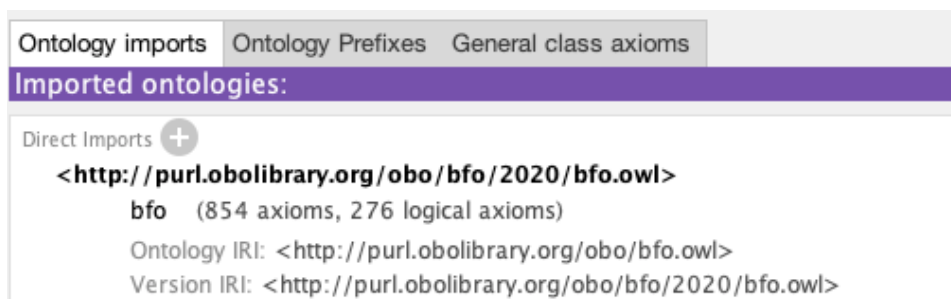
Figura 5– Importação

Figura 5a– Importação de outras ontologias



Fonte: tela do Protégé

Figura 5b– Tela com ontologia BFO depois de importada



Fonte: o autor

b - Inserir termos de domínio

Quadro 10 - Para utilizar termos

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Classificar os termos extraídos abaixo da ontologia de alto nível (Fig. 5)
2	Porque fazer?	Porque os termos da ontologia de alto nível são considerados como primitivas.
3	Como fazer?	No <i>Protégé</i> , a ferramenta aceita “arrastar e soltar”. A tarefa demanda algum conhecimento sobre a ontologia de alto nível.

Fonte: os autores

Figura 6 – Termos de ontologia industrial colocados abaixo da classe “função” da BFO



Fonte: tela do *Protégé*

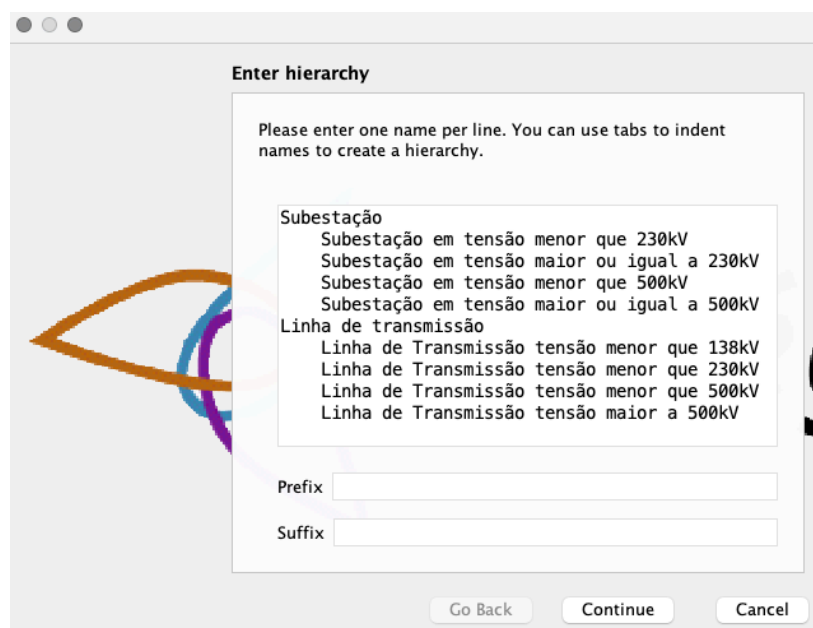
c - Organizar taxonomia preliminar

Quadro 11 - Para organizar taxonomia

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Organizar termos de domínio em uma taxonomia.
2	Porque fazer?	Para construir a espinha dorsal da ontologia.
3	Como fazer?	No menu do <i>Protégé</i> , em “Tools” depois “Create a class hierarchy” (Fig. 6).

Fonte: os autores

Figura 7 – A indentação gera hierarquia com as relações classe/subclasse



Fonte: tela do Protégé

2.2.4. Organização de termos representativos de relacionamentos

A etapa de *organização de termos representativos de relacionamentos* tem por objetivo produzir uma versão da estrutura da ontologia composta por relacionados taxonômicos e não-taxonômicos.

a - Selecionar e inserir relacionamentos padrão

Quadro 12 - Para organizar relacionamentos

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Inserir relacionamentos para conexão entre classes.
2	Porque fazer?	Para complementar a estrutura da ontologia.
3	Como fazer?	Usar relacionamentos da ontologia de alto nível (Fig. 6).

Fonte: os autores

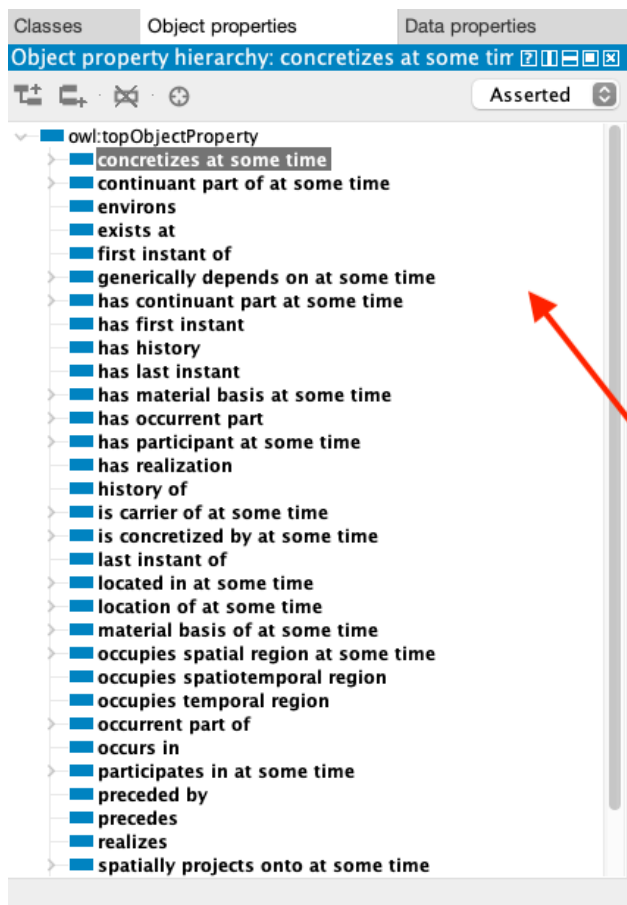
b - Criar e inserir relacionamentos adicionais

Quadro 13 - Para inserir mais relacionamentos

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Conectar classes com relacionamentos adicionais.
2	Porque fazer?	Para complementar a estrutura da ontologia.
3	Como fazer?	Usar relacionamentos criados de acordo com as necessidades, a partir de conhecimento do domínio (Fig. 7)

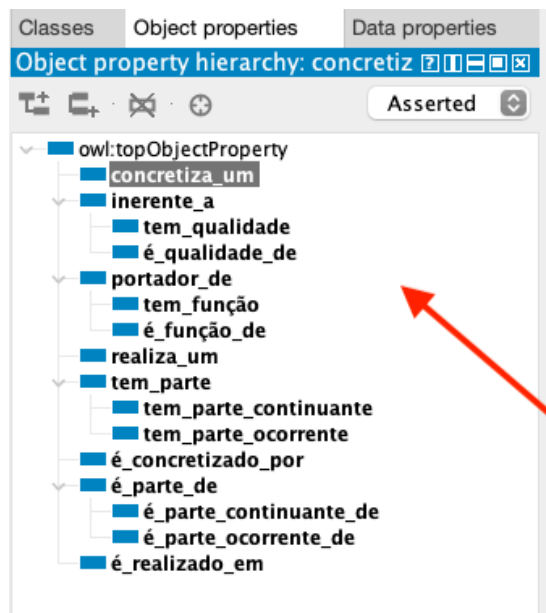
Fonte: os autores

Figura 8— Lista de relações da BFO no quadro da esquerda



Fonte: tela do Protégé

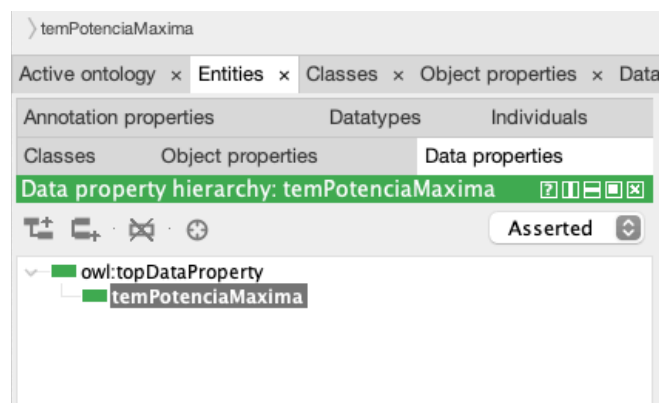
Figura 9 – Lista de relações da BFO mais subrelações inseridas no quadro da esquerda



Fonte: tela do Protégé

Cabe lembrar que o OWL e o *Protégé* aceitam *object properties* e *data type properties*. Os *data type properties* não são tão usados quando se está modelando ontologias como artefatos genéricos, mas podem ser úteis quando se precisa fazer restrições sobre instâncias em casos reais (Figuras 8 e 9).

Figura 10 – Criando *data type properties* para especificar a potência de um equipamento



Fonte: tela do Protégé

Figura 11 – Usando *data type properties* em uma instância


Fonte: tela do Protégé

2.2.5. Definição de entidades

a – Aplicar método de definições

Quadro 14 – para definir termos

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Definir as entidades constantes na ontologia em linguagem natural.
2	Porque fazer?	Para conhecer o significado da entidade e permitir sua correta classificação na estrutura.
3	Como fazer?	Usando o método aristotélico “S é um G que D”.

Fonte: os autores

A definição no formato aristotélico “S é um G que D” contém:

- S = entidade a definir;
- G = é termo pai (“G” de “*genus*” ou, categoria);
- D = *differentia* (propriedade da entidade que a diferencia).

Exemplos de entidades definidas dessa forma podem ser: i) uma lâmpada fluorescente (S) é uma lâmpada (G) que emite luz a partir da ionização de gases (D); ii) uma lâmpada incandescente (S) é uma lâmpada (G) que transforma energia elétrica em luz e calor (D).

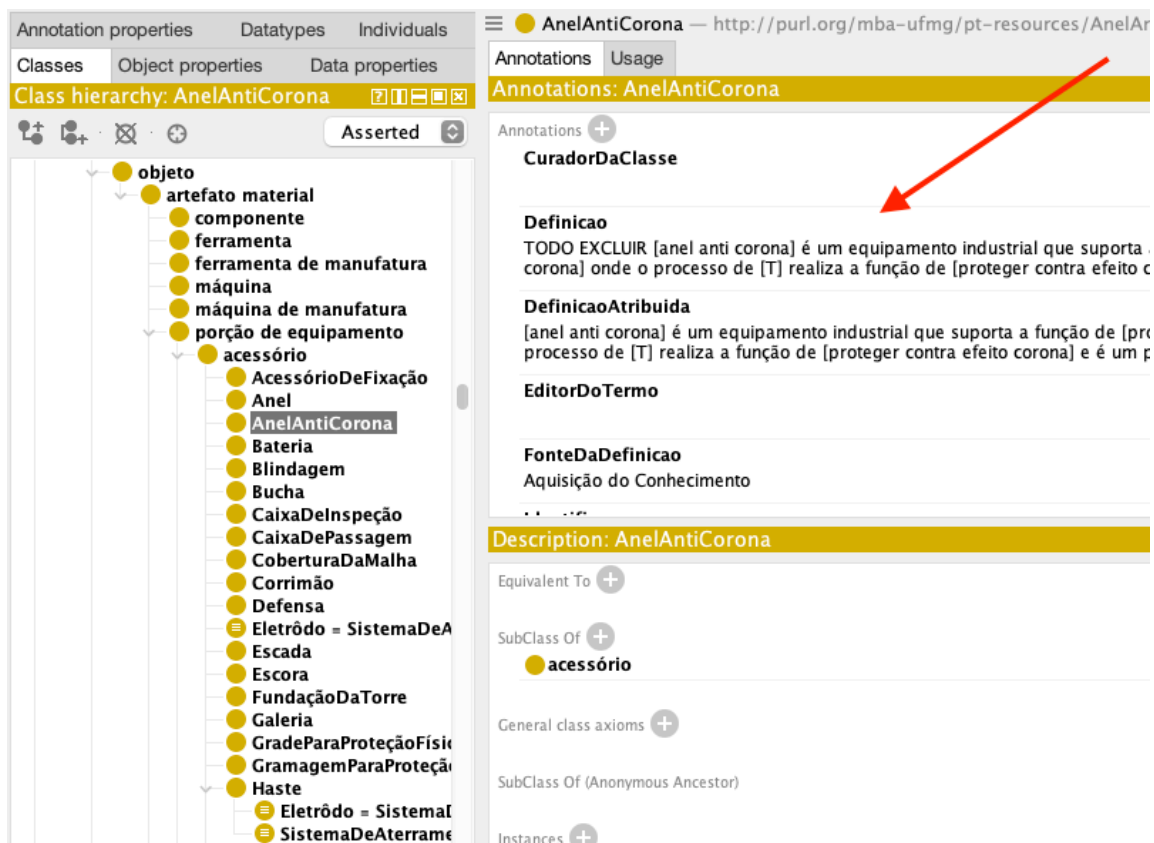
b – Registrar definições em linguagem natural

Quadro 15 - Para registrar definições

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Registrar as definições em linguagem natural obtidas pelo método aristotélico.
2	Porque fazer?	Para ter as definições da entidade para fins de produção de axiomas e posterior manutenção da ontologia.
3	Como fazer?	Usar um dos campos de metadados, por ex., o campo “ <i>comments</i> ” ou “ <i>definição</i> ” (Figura 10).

Fonte: os autores

Figura 12 – Atribuição de metadados a uma classe



Fonte: o autor

c - Registrar conjunto de metadados em linguagem natural

Quadro 16 - Para registrar metadados

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Registrar metadados para um termo como, por exemplo, aqueles listados no item I.b dessa metodologia.

2	Porque fazer?	Para guardar um histórico das atividades que têm lugar ao longo do desenvolvimento da ontologia.
3	Como fazer?	Usar os campos de metadados do <i>Protégé</i> , preenchendo o conteúdo dos campos de metadados inseridos (Fig. 10).

Fonte: os autores

2.2.6. Formalização

A etapa de formalização objetiva produzir axiomas, os quais são o lado formal das definições em linguagem natural. Axiomas são usados pelo *reasoner* nas tarefas de inferência automática.

a - Produzir axiomas

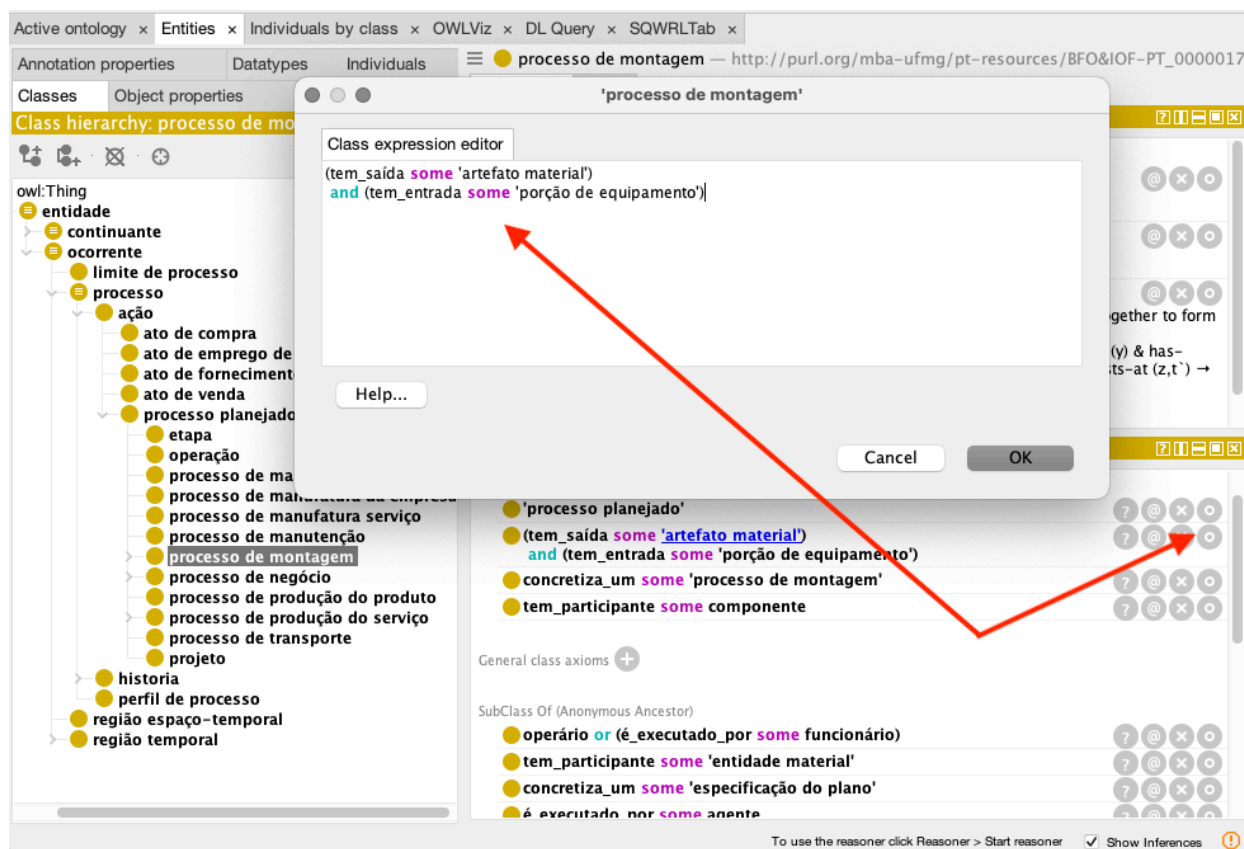
Quadro 17 - Para registrar metadados

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Formalizar definições em linguagem natural em axiomas OWL.
2	Porque fazer?	Para possibilitar o uso do <i>reasoner</i> para raciocínio automático.
3	Como fazer?	Usar a sintaxe de <i>Manchester</i> para preencher o editor de axiomas do <i>Protégé</i> (Fig. 11 a-b), clicando no botão que tem um círculo.

Fonte: os autores

Figura 13 – Manipulação de axiomas

 Figura 13a – Axiomas de uma classe no *frame* “Description”

 Figura 13b – Axiomas de classe no editor de axiomas (“*class expression editor*”)


Fonte: tela do Protégé

b - Classificar a ontologia

 Quadro 18 - Para usar o *reasoner*

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Iniciar o <i>reasoner</i> .

2	Porque fazer?	Para se valer dos benefícios de uma ontologia formal, principalmente, do raciocínio automático.
3	Como fazer?	No <i>Protégé</i> , depois de selecionado o <i>reasoner</i> , iniciar o mecanismo em “ <i>Reasoner > Start Reasoner</i> ” (Figura: 12a)

Fonte: os autores

Figura 14– Manipulação de axiomas com o *reasoner*

Figura 14a– iniciando o *reasoner*

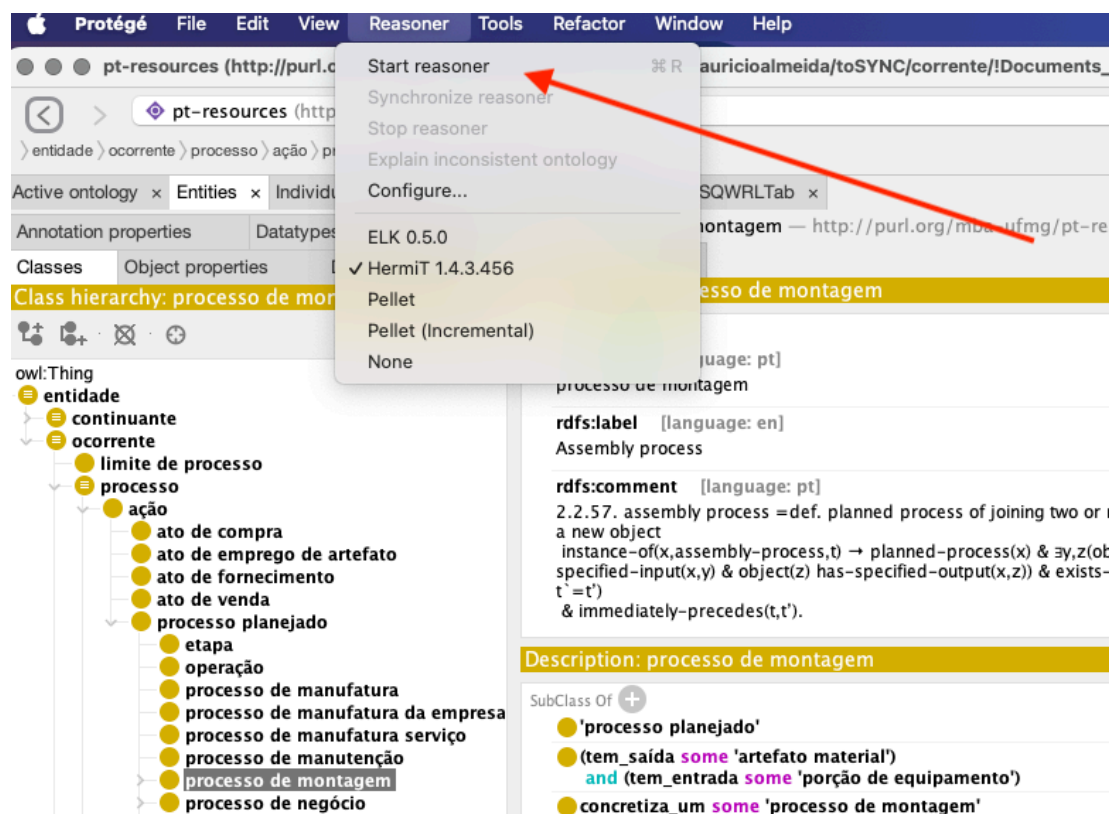
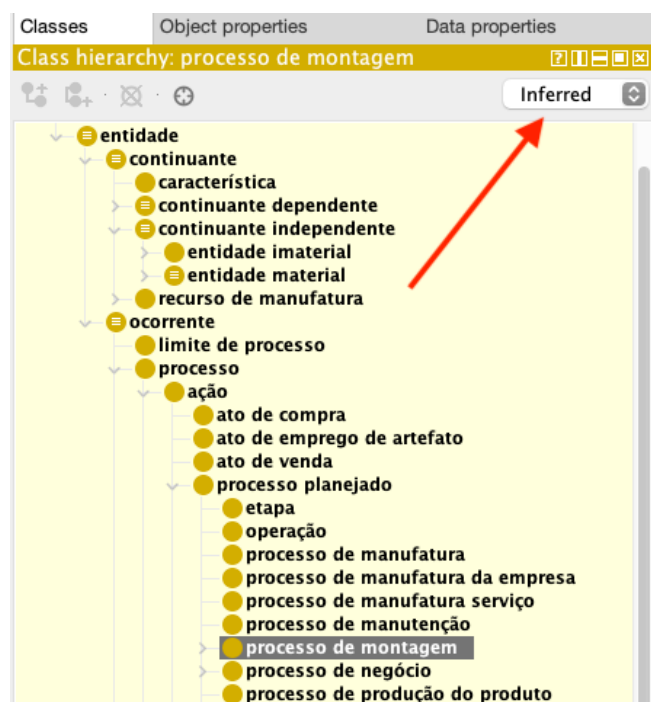


Figura 14b - versão inferida da ontologia gerada pelo *reasoner*, em amarelo



Fonte: tela do Protégé

A formalização é um dos processos que gera maiores dificuldades na construção de ontologias para pesquisadores e profissionais da informação. De fato, não se trata de uma etapa exatamente intuitiva, além de exigir conhecimento básico de lógica e de OWL. Dessa forma, as etapas básicas de formalização em OWL são descritas a seguir (Tabela 20). A descrição exige algum conhecimento básico de *Protégé* e do OWL. Detalhar cada etapa está além dos objetivos do presente artigo, mas a tarefa será considerada em trabalhos futuros.

Quadro 19 - Tarefas a realizar na etapa de formalização

#	Tarefas	Tópicos
1	Incluir as classes e seus relacionamentos básicos	↓
2		Classe-Subclasse
3		Equivalência
4		Disjunção
5	Incluir expressões de classe	↓
6		Classes anônimas e nós vazios
7		Expressões booleanas
8		Enumeração
9	Incluir propriedades de objetos	↓
10		Hierarquia de propriedades
11		Domínio e faixa
12		Inversos de propriedades
13		Cadeias de propriedades
14		Características de propriedades
15	Incluir propriedades de dados	-
16	Incluir indivíduos	-
17	Incluir propriedades de anotação	-
18	Incluir restrições de propriedades	↓
19		Restrições de equivalência e subclasse
20		Estrutura das restrições de propriedade
21		Restrição existencial
22		Restrição universal
23		Cardinalidade mínima
24		Cardinalidade máxima
25		Cardinalidade exata
26		Valor individual
27	Incluir restrições de dados	-

Fonte: os autores

2.2.7. Avaliação

A etapa de avaliação tem como principal objetivo avaliar se a ontologia é consistente e atende ao documento de especificação.

a - Avaliar para ajustes

Quadro 22 - Para avaliar a ontologia a partir da visão inferida

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Verificar se o <i>reasoner</i> classificou a ontologia adequadamente.
2	Porque fazer?	Para buscar erros e inconsistências.
3	Como fazer?	No <i>Protégé</i> , verificar resultados da “ <i>inferred view</i> ” (Fig.13 a-b).

Fonte: os autores

Figura 17– Avaliação da ontologia

Figura 17a– Classes inconsistentes no *Protégé*

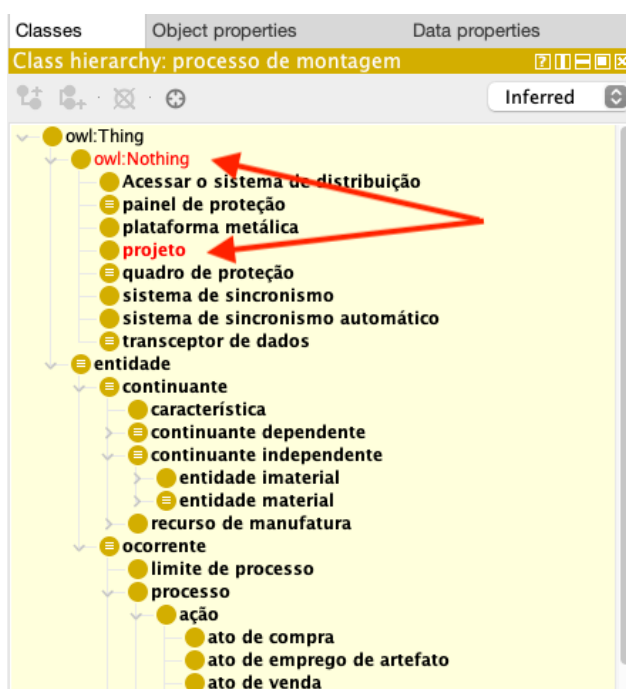
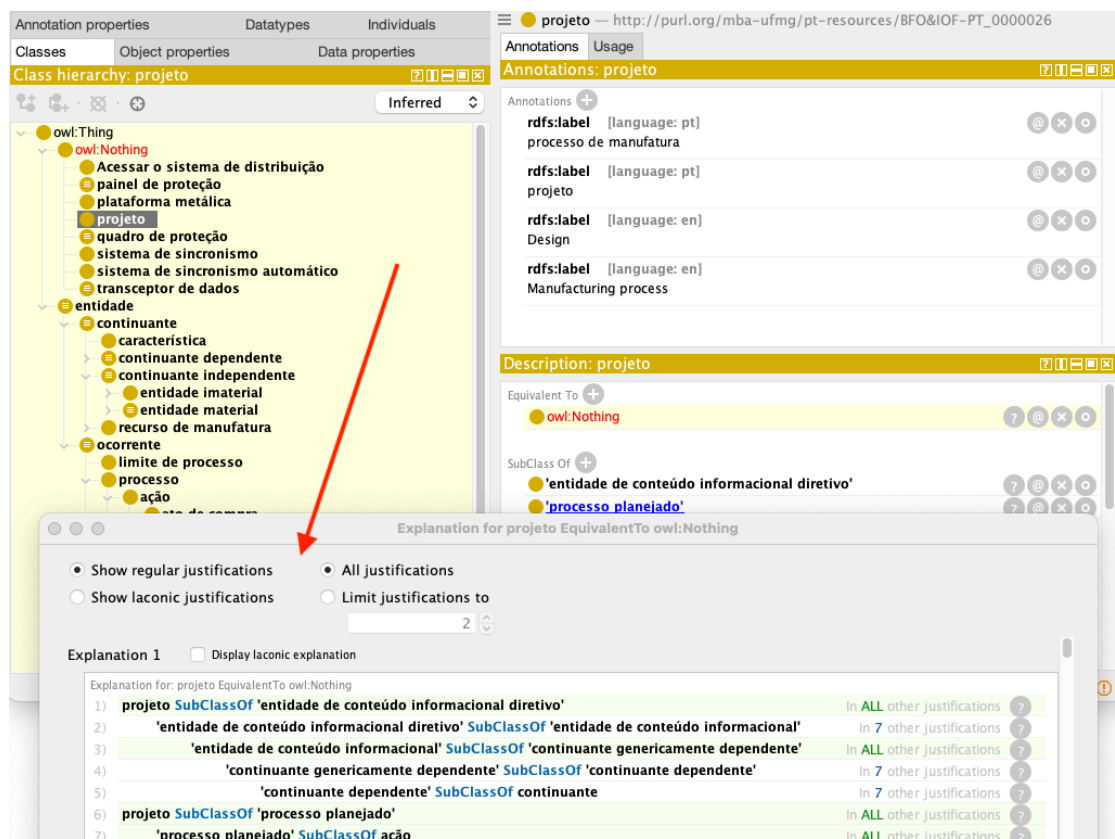


Figura 17b - Explicações do *Protégé* para inconsistência apontada pelo *reasoner*


Fonte: tela do Protégé

b - Avaliar para resultados

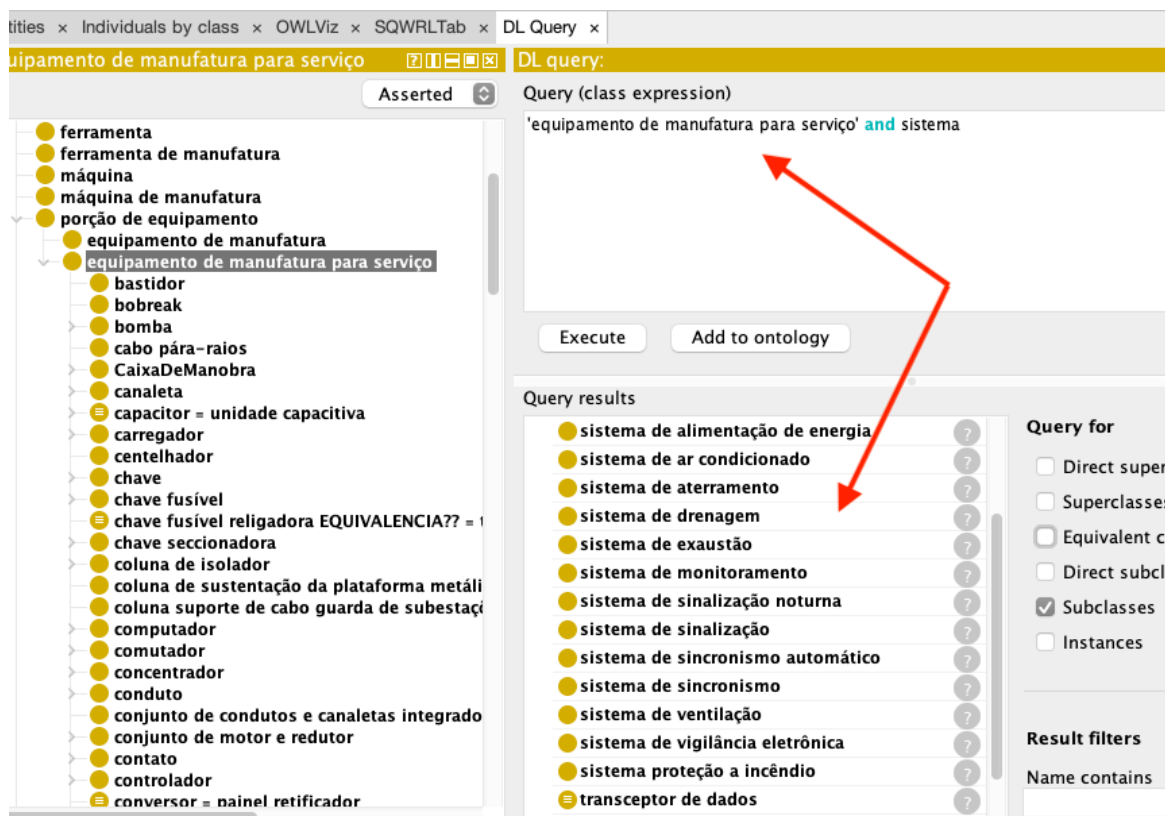
Quadro 23 - Para avaliar a ontologia quanto aos resultados

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Verificar se a ontologia atende as questões de competência.

2	Porque fazer?	Para certificar-se que a ontologia atende aos propósitos para os quais foi construída.
3	Como fazer?	No <i>Protégé</i> , realizar consultas que respondam as questões de competência (Fig. 14).

Fonte: os autores

Figura 18– Consulta na aba “DL Query”: quais equipamentos são sistemas?



The screenshot shows the Protégé DL Query interface. On the left, a tree view of the ontology is displayed, with 'equipamento de manufatura para serviço' selected. The main area shows a query: 'equipamento de manufatura para serviço' and sistema. Below the query, there are buttons for 'Execute' and 'Add to ontology'. The 'Query results' pane on the right lists various systems, including 'sistema de alimentação de energia', 'sistema de ar condicionado', 'sistema de aterramento', 'sistema de drenagem', 'sistema de exaustão', 'sistema de monitoramento', 'sistema de sinalização noturna', 'sistema de sinalização', 'sistema de sincronismo automático', 'sistema de sincronismo', 'sistema de ventilação', 'sistema de vigilância eletrônica', 'sistema proteção a incêndio', and 'transceptor de dados'. A red arrow points from the query text to the results list.

Fonte: tela do *Protégé*.

2.2.8. Documentação

A etapa de documentação objetiva reunir documentos usados e produzir a memória da ontologia construída. Trata-se de uma atividade muitas vezes negligenciada, mas relevante para a gestão do conhecimento e para a manutenção da ontologia. O conhecimento é dinâmico, no sentido de que a ciência e a atividade profissional constantemente evoluem e se alteram, de forma que a ontologia deve ser atualizada. Sem documentação das decisões tomadas durante sua construção, essa tarefa se torna mais difícil.

a - Reunir material usado

Quadro 24 - Para documentar o processo

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Organizar material utilizado ao longo do desenvolvimento.
2	Porque fazer?	Para permitir consultas sobre as decisões de modelagem, dentre outras, em manutenções futuras.
3	Como fazer?	Criar repositório com documentos diversos de cada fase: especificação, aquisição de conhecimento, organização, etc.

Fonte: os autores

b - Criar um documento resumo da ontologia

Quadro 25 - Para permitir acesso rápido

Item	Questão	Descrição
1	O que fazer?	Gerar uma forma de consulta rápida as diversas características da ontologia.

2	Porque fazer?	Para permitir aos usuários potenciais o entendimento da ontologia.
3	Como fazer?	Através de aplicativos específicos, como o Widoco (vide item equivalente adiante no capítulo 5).

Fonte: os autores

3. Discussão

A metodologia PRONTO foi concebida a partir de uma extensa trajetória prática no planejamento e construção de ontologias, e especialmente voltada às necessidades da CI. Diferentemente das metodologias existentes, originadas na Ciência da Computação, a PRONTO busca alinhar a construção ontológica com as especificidades conceituais, instrumentais e pragmáticas típicas da área da informação.

A proposta parte do entendimento de que muitas metodologias consolidadas mostram-se de difícil aplicação por profissionais que não possuem formação técnica em lógica. Por isso, a PRONTO adota uma linguagem mais acessível e propõe um detalhamento mais específico das etapas, especialmente na etapa de formalização. Esse esforço visa facilitar a atuação de pesquisadores da CI e de outras áreas afins, ampliando o alcance da engenharia ontológica.

Existem na PRONTO etapas que contemplam as atividades que o ontologistas precisam considerar na construção, executados no editor de ontologias e em OWL, para construir o artefato (vide Tabela 20). A etapa de formalização é uma delas. Ainda que essa etapa como descrita no presente artigo, não inclua todas as possibilidades da OWL, cobre aspectos da etapa da formalização adotados mesmo por ontologistas mais experientes. Por limitações de espaço, as sub-etapas da formalização foram resumidas, mas os interessados poderão ver material mais detalhado em breve em livro.

Cabe lembrar que a metodologia não foi ainda disseminada e amplamente testada por pesquisadores e profissionais no momento da publicação deste artigo. Ainda assim, sua estruturação foi pautada em experiências práticas acumuladas em diversos projetos de pesquisa e extensão ao longo de mais de duas décadas. Isso confere à PRONTO um caráter empírico e pragmático, ainda que a validação formal de sua eficácia seja um objetivo futuro.

Reconhece-se que a ausência de um teste prático sistemático limita, nesse momento, a avaliação de aspectos como: a eficiência dos passos propostos, a curva de aprendizado para novos usuários, o tempo necessário para a construção de uma ontologia completa, e o grau de completude e consistência alcançado com a aplicação da

metodologia. Entretanto, o detalhamento apresentado e o embasamento na prática já acumulada fornecem indícios sólidos de sua utilidade potencial.

4. Considerações finais

O presente artigo descreveu a metodologia Projeto de Recursos Ontológicos (PRONTO), desenvolvida a partir de uma trajetória prática no ensino e na pesquisa sobre ontologias. Diferente de outras metodologias conhecida, a PRONTO é voltada a pesquisadores e profissionais da CI, privilegiando clareza conceitual e detalhamento técnico, especialmente nas etapas críticas, como aquisição de conhecimento, definição de entidades e formalização.

A proposta busca preencher lacunas das metodologias existentes, oferecendo uma abordagem pragmática e orientada a tarefas, compatível com as demandas de governança e instrumentalização do conhecimento. Embora a metodologia ainda não tenha sido aplicada em um estudo de caso completo por outros pesquisadores, sua concepção se baseia em práticas reiteradas de construção ontológica em diferentes contextos, o que dá sustentação inicial à sua utilidade.

Com relação a trabalhos futuros, pretende-se aplicar a PRONTO na construção de ontologias em domínios diversos, com o intuito de avaliar sua eficácia, identificar pontos de melhoria e ajustar suas etapas conforme os resultados obtidos. Espera-se que, com essa validação, a metodologia possa contribuir de forma efetiva para o desenvolvimento de ontologias de maior qualidade, alinhadas com as necessidades da CI e áreas correlatas. Assim, será possível testar sua aplicabilidade, identificar pontos de melhoria e verificar sua adaptabilidade a contextos diversos.

Referências

Almeida, M. B. *Ontologia em Ciência da Informação: Teoria e Método*. Coleção Representação do Conhecimento em Ciência da Informação, vol. 1, CRV, 2020.

Almeida, M. B. *Ontologia em Ciência da Informação: Tecnologia e Aplicações*. Coleção Representação do Conhecimento em Ciência da Informação, vol. 2, CRV, 2021.

Almeida, M. B. *Ontologia em Ciência da Informação: Estudos Avançados*. Coleção Representação do Conhecimento em Ciência da Informação, vol. 3, CRV, 2023.

Almeida, M. B. *Ontologia na Prática: Modelagem e Recomendações*. Coleção: A Prática da Ontologia Aplicada, vol. 2, no prelo, 2025.

Ceusters, Werner, et al. "Mistakes in Medical Ontologies: Where Do They Come from and How Can They Be Detected?" *Studies in Health Technology and Informatics*, vol. 102, 2004, pp. 145–164.

De Nicola, Antonio, et al. "A Software Engineering Approach to Ontology Building." *Information Systems*, vol. 34, 2009, pp. 258–275.

Falbo, R. D. A. "SABiO: Systematic Approach for Building Ontologies." ONTO.COM/ODISE@ FOIS, 2014.

Gómez-Pérez, A., et al. "Towards a Method to Conceptualize Domain Ontologies." *ECAI Workshop on Ontological Engineering*, 1996, Budapest. Accessed 13 Mar. 2014. <http://citeseer.ist.psu.edu/483876.html>.

Gómez-Pérez, A., and Suárez-Figueroa, M. C. *NeOn Methodology for Building Ontology Networks: A Scenario-Based Methodology*. 2009. Accessed 7 Apr. 2020. http://oa.upm.es/5475/1/INVE_MEM_2009_64399.pdf.

Guarino, Nicola, and Chris A. Welty. "An Overview of *OntoClean*." Handbook on Ontologies, edited by Steffen Staab and Rudi Studer, Springer, 2004.

Mendonça, Fernanda Martins. *OntoForInfoScience: Metodologia para Construção de Ontologias pelos Cientistas da Informação – Uma Aplicação Prática no Desenvolvimento da Ontologia sobre Componentes do Sangue Humano (HEMONTA)*. Universidade Federal de Minas Gerais, 2015. Tese de Doutorado.

Noy, Natalya F., and Deborah L. McGuinness. *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, Mar. 2001.

OBO Foundry. *Information Artifact Ontology*. 2011.
<http://www.obofoundry.org/ontology/iao.html>. Accessed 30 Sept. 2024.

Poveda-Villalón, María, et al. “A Double Classification of Common Pitfalls in Ontologies.” *OntoQual 2010 - Workshop on Ontology Quality at the 17th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management (EKAW 2010)*, Lisbon, 2010, pp. 1–12.

Rector, Alan, et al. “Owl Pizzas: Practical Experience of Teaching OWL-DL: Common Errors and Common Patterns.” *Proc. of EKAW 2004*, Springer, 2004, pp. 63–81.

Sales, Tiago P., and Giancarlo Guizzardi. “Ontological Anti-Patterns: Empirically Uncovered Error-Prone Structures in Ontology-Driven Conceptual Models.” *Data & Knowledge Engineering*, vol. 99, 2015, pp. 72–101.

Schmalhofer, Franz, and Sabine Boschert. “*Differences in Verbalizations during Knowledge Acquisition from Texts, and Discovery Learning from Example Situations.*” *Text*, vol. 8, no. 4, 1988.
<https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/text.1.1988.8.4.369/html?lang=en>. Accessed 10 Apr. 2019.

Suárez-Figueroa, Mari Carmen, et al. *NeOn D5.4.1*. NeOn Methodology for Building Contextualized Ontology Networks. NeOn Project, Feb. 2008.
<http://www.neon-project.org>.

Vigo, Markel, et al. “Overcoming the Pitfalls of Ontology Authoring: Strategies and Implications for Tool Design.” *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 72, no. 12, 2014, pp. 835–845.