

GUIA PRÁTICO

CONSTRUÇÃO DE ONTOLOGIAS DE DOMÍNIO
FUNDAMENTADAS EM ONTOLOGIAS DE ALTO NÍVEL





Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia

GUIA PRÁTICO

CONSTRUÇÃO DE ONTOLOGIAS DE DOMÍNIO FUNDAMENTADAS EM ONTOLOGIAS DE ALTO NÍVEL

PRESIDENTE DA REPÚBLICA

Luiz Inácio Lula da Silva

VICE-PRESIDENTE DA REPÚBLICA

Geraldo José Rodrigues Alckmin Filho

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Luciana Santos

Ministra da Ciência, Tecnologia e Inovação

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Tiago Emmanuel Nunes Braga

Diretoria

Carlos André Amaral de Freitas

Coordenação de Administração - COADM

Ricardo Medeiros Pimenta

Coordenação de Ensino e Pesquisa em Informação para a Ciência e Tecnologia - COEPI

Henrique Denes Hilgenberg Fernandes

Coordenação de Planejamento, Acompanhamento e Avaliação - COPAV

Cecília Leite Oliveira

Coordenação-Geral de Informação Tecnológica e Informação para a Sociedade - CGIT

Washington Luís Ribeiro de Carvalho Segundo

Coordenação-Geral de Informação Científica e Técnica - CGIC

Alexandre Faria de Oliveira

Coordenação-Geral de Tecnologias de Informação e Informática - CGTI

Milton Shintaku

Coordenação de Tecnologias para Informação - COTEC



Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia

GUIA PRÁTICO

CONSTRUÇÃO DE ONTOLOGIAS DE DOMÍNIO FUNDAMENTADAS EM ONTOLOGIAS DE ALTO NÍVEL

Fernanda Farinelli



Coordenação de Tecnologias para Informação (COTEC)

Brasília

2025

EQUIPE TÉCNICA

Diretor do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia

Tiago Emmanuel Nunes Braga

Coordenador-Geral de Tecnologias de Informação e Informática – CGTI

Alexandre Faria de Oliveira

Coordenador do Projeto

Milton Shintaku

Autora

Fernanda Farinelli

Revisão

Flávia Furlan Granato

Rafael Teixeira de Souza

Normalização

Marcelle Costal

Raíssa da Veiga de Meneses.

Diagramação e projeto gráfico

Rafael Fernandez Gomes

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Bibliotecária: Marcelle Costal de Castro dos Santos -CRB-7-RJ-007517/O

F225g Farinelli, Fernanda

Guia prático para construção de ontologias de domínio fundamentadas em ontologias de alto nível / Fernanda Farinelli - Brasília, DF: Ibict, 2025.

90 p.: il. color.

ISBN: 978-65-89167-86-0

DOI: 10.22477/9786589167860

1. Sistemas de organização do conhecimento. 2. Ontologias. 3. Análise de domínio. 4. Documentos de governo. I. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. II. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. III. Farinelli Fernanda. V. Título.

CDU 025.4.06 (036)

Esta Guia é um produto do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (Ibict)

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia ou do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

Sumário

APRESENTAÇÃO	8
1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Linguagens Documentárias	9
1.1.1 <i>Folksonomia</i>	10
1.1.2 <i>Taxonomia</i>	10
1.1.3 <i>Tesouro</i>	11
1.1.4 <i>Ontologia</i>	11
1.2 Sistemas Baseados em Conhecimento	11
2. FUNDAMENTOS EM ONTOLOGIAS	13
2.1 Sistemas de Organização do Conhecimento.	13
2.2 Definição e conceitos básicos de ontologias	14
2.3 Universais e Particulares.	15
2.3.1 <i>Universais</i>	15
2.3.2 <i>Particulares</i>	16
2.3.3 <i>Relação entre universais e universais</i>	17
2.3.4 <i>Relação entre universais e particulares</i>	19
2.4 Correntes metafísicas: ontologias realistas e não realistas.	20
2.4.1 <i>Influência nas Ontologias</i>	21
2.5 Tipos de ontologias	22
2.5.1 <i>Por que usar uma ontologia de alto nível?</i>	24
2.6 Elementos de uma ontologia como artefato	25
2.7 Características essenciais e acidentais	27
2.8 Perspectivas na definição de entidades	28
2.8.1 <i>Existência no tempo</i>	28
2.8.2 <i>Dependência existência</i>	29
2.8.3 <i>Materialidade</i>	29
2.8.4 <i>Universalidade</i>	30
3. DIRETRIZES PARA CONSTRUÇÃO DE ONTOLOGIAS	31
3.1 Diretriz GoodOD (Good Practice Ontology Design Principles)	31
3.2 Ontology Design Patterns (ODPs)	32
3.3 Princípios FAIR	33
3.4 Metodologias para construção de ontologias	33
3.5 Princípios teóricos-complementares para o projeto de ontologias	34
3.6 Princípios conceituais e terminológicos	37
3.7 Princípios de definições aristotélicas	40
3.8 Ontologia como artefato fundamentada na disciplina filosófica	43
3.9 <i>Reuso de Ontologias e o Método MIREOT</i>	44
4. DESENVOLVENDO UMA ONTOLOGIA DE DOMÍNIO	45
4.1 Fase de conceituação	46
4.1.1 <i>Aquisição de conhecimento</i>	47

4.1.2	<i>Especificação de requisitos</i>	48
4.1.3	<i>Pesquisar artefatos para reuso</i>	51
4.2	Fase de Iniciação	52
4.2.1	<i>Documentação da ontologia</i>	52
4.2.2	<i>Planejamento da iteração</i>	53
4.2.3	<i>Elicitação de requisitos</i>	54
4.2.4	<i>Seleção da ontologia de alto nível</i>	55
4.3	Fase de Projeto	56
4.3.1	<i>Especificação da arquitetura de ontologia</i>	57
4.3.2	<i>Recuperação da ontologia</i>	58
4.3.2.1	<i>Preparação dos recursos para reuso</i>	58
4.3.3	<i>Localização do recurso</i>	59
4.3.4	<i>Conceituação da ontologia</i>	60
4.4	Fase de implementação	63
4.4.1	<i>Importação de ontologias em reuso</i>	64
4.4.2	<i>Anotação da ontologia</i>	64
4.4.3	<i>Formalização da ontologia</i>	65
4.4.4	<i>Avaliação da ontologia</i>	65
4.5	Fase de entrega ou disponibilização	65
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
	APÊNDICE 1: Referências sobre metodologias para desenvolvimento de ontologias	68
	APÊNDICE 2: Ontologia de alto nível: <i>Basic Formal Ontology</i> (BFO)	69
	APÊNDICE 3: <i>Template</i> do documento de especificação de requisitos da ontologia	79
	APÊNDICE 4: <i>Template</i> do documento de definição arquitetural da ontologia	83
	APÊNDICE 5: <i>Template</i> do documento de especificação de requisitos da iteração	85
	APÊNDICE 6: Modelos de Planilha de Preparação de Termos	86
	APÊNDICE 7: Lista de tesouros, taxonomias e vocabulários controlados brasileiros.	87
	REFERÊNCIAS	88
	SOBRE A AUTORA	92

O presente Guia faz parte da documentação resultado dos estudos do projeto de pesquisa desenvolvido no Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) com foco nos estudos de ontologias. Assim, trata não apenas do apoio na construção de um vocabulário controlado, mas inclui a capacitação para a manutenção e evolução desses instrumentos de representação do conhecimento.

Um Guia, como o próprio termo traduz, tem função de orientar e conduzir os usuários pelo caminho do fazer. Nesse sentido, sua finalidade é ser um material de apoio na construção de ontologias, conforme uma das metas do projeto. Com isso, se apresenta como documentação técnica resultado do projeto, da mesma forma que pode ser considerado como material didático e referencial.

Nesse contexto, este guia está organizado em três grandes capítulos voltados a apresentar a construção de ontologia, adicionando a introdução com alguns conceitos teóricos iniciais e, por fim, as considerações finais. O segundo, terceiro e quarto capítulos tratam exclusivamente da construção de ontologias, sendo o foco principal deste guia, servindo como condutor para orientar os usuários a atuarem de forma prática no desenvolvimento e manutenção de ontologias, mas ancorado-se em preceitos científicos.

O guia de práticas em construção de ontologias de domínio tem o objetivo de orientar qualquer pessoa nas técnicas e práticas necessárias para representar um domínio de conhecimento por meio de ontologias de domínio. Este guia foi cuidadosamente desenvolvido para capacitar os participantes a compreender os conceitos fundamentais, permitindo a construção de ontologias de domínio baseadas em estruturas de alto nível. O objetivo final é fornecer as ferramentas necessárias para aplicar tal conhecimento em projetos relacionados à área de atuação, proporcionando uma compreensão prática da construção e aplicação de ontologias. Dessa maneira, procura-se auxiliar nas atividades de organização e representação do conhecimento por meio de ontologias de domínio.

Por fim, este guia colabora com discussões sobre vocabulários controlados, apoiando a criação de instrumentos importantes em vários processos, como a classificação, representação e a recuperação da informação. Ao oferecer informações aplicáveis e facilitadas, procura-se atender a lacuna de documentação técnica sobre o assunto.

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade, os seres humanos se organizam em sociedades, em que cada indivíduo possui atividade própria. Com o passar do tempo e as especializações, tais atividades se tornaram profissões. Diante dessa evolução, a especialização das atividades humanas passou a ser espelhada na língua, o que propiciou a criação de formas de expressão próprias de cada grupo, ou seja, as chamadas linguagens de especialidade. A língua, como entidade viva e dinâmica, representa a sociedade em todos os seus aspectos, incluindo os grupos especializados e suas formas próprias do uso do idioma.

A linguagem de especialidade é um subconjunto da língua geral, composta por termos e conceitos, em uma relação monossêmica, em que um termo possui apenas um significado. Evidentemente, um termo pode estar em mais de uma linguagem de especialidade, com o seu significado exclusivo, quase como um homônimo homográfico. Por isso, termos e conceitos são consenso na linguagem de especialidade adotada e aceita pela comunidade.

Assim, um termo pode ser considerado como uma unidade conceitual composta por uma ou mais palavras para denominar, sem ambiguidades, um significado, dentro de uma linguagem de especialidade. Isso porque um termo pode assumir significados diferentes em linguagens de especialidade diferentes. Por exemplo, o termo “protocolo” possui conceito diferenciado em informática, medicina, economia etc. Entretanto, em cada uma dessas linguagens de especialidade há um conceito claro e único, diminuindo as ambigüações.

Na linguística, tanto o estudo dos termos quanto o conjunto de uma linguagem de especialidade são chamados de terminologia, podendo entender quais fenômenos ocorrem na linguagem de especialidade, como a criação de termos ou, mesmo, a apropriação de termos existentes. Na biblioteconomia, os termos são estudados em linguagens documentárias, em parte para organizar e facilitar a recuperação da informação. Assim, os estudos das duas disciplinas são complementares e embasam muitas das ferramentas informatizadas utilizadas para a recuperação da informação registrada digitalmente e gerenciada por softwares.

1.1 Linguagens Documentárias

Com a reunião de documentos, livros e outras obras em acervos, surgiu a preocupação em organizar e representar para facilitar a recuperação. Assim, criaram-se as chamadas linguagens documentárias, que podem ser consideradas como sistemas de organização do conhecimento para apoiar a representação padronizada de documentos em acervos voltados para a sua recuperação. Em muitos casos, essas linguagens documentárias fazem uso de terminologias a fim de evitar ambigüidades.

Assim, por estabelecer certa estrutura e normas para a sua criação, a linguagem documentária é construída com o uso de vocabulários controlados. Nesse sentido, entende-se vocabulário como o conjunto de termos de um determinado contexto, termos esses controlados e gerenciados sistematicamente. Como consequência, um vocabulário controlado muitas vezes representa uma linguagem de especialidade de forma restrita, com os

termos preferenciais a serem utilizados para a descrição ou organização dos documentos, de forma a facilitar a sua recuperação.

Uma das primeiras linguagens documentárias utilizadas para organizar e facilitar a recuperação de documentos foi a classificação, criada para gerenciar um acervo de documentos por assunto. Algumas das conhecidas são a Classificação Decimal Universal (CDU) e a Classificação Dewey, muito utilizadas em bibliotecas para organizar o acervo e indicar os livros nas estantes a fim de serem organizados por assunto.

Com a evolução tecnológica, outros formatos de vocabulários controlados foram criados, cada qual com suas características e finalidades. Os sistemas de classificação, por serem geralmente amplos, muitas vezes não contemplam particularidades de sistemas de informação restritos a determinada área de conhecimento.

1.1.1 *Folksonomia*

O termo *folksonomia* foi concebido por Thomas Vander Wal para a internet, com base na palavra inglesa *folk*, a qual diz respeito a pessoas, e o sufixo *-nomia*. Nesse sentido, estaria relacionado a regras populares da descrição de conteúdos, geralmente relacionadas às chamadas tags ou etiquetas. Assim, o produtor do conteúdo geraria etiquetas de forma livre, ou seja, socialmente, com representação dada pela própria autora.

Nesse contexto, o autor seleciona termos livres para descrever o seu conteúdo, a fim de criar formas de acesso (indexação) de modo mais natural. Com isso, espera-se que o conteúdo seja melhor classificado, podendo, no entanto, criar grandes variações sobre um mesmo tema. Alguns portais e sites utilizam as tags (etiquetas) para facilitar a navegação, recuperar conteúdos ou agregar os que possuem as mesmas etiquetas.

Em poucos casos, podem-se criar listas de etiquetas (vocabulário controlado) para selecionar as que podem ser utilizadas na descrição. Com isso, restringe-se a liberdade dos autores em criar etiquetas por meio de um vocabulário controlado, mas ganha-se na padronização das tags, facilitando a recuperação.

1.1.2 *Taxonomia*

Em resumo, taxonomia é um vocabulário controlado em forma de estrutura hierárquica, sendo a mais conhecida a da biologia, que descreve os seres vivos. Assim, é possível representar o conhecimento para manter a estrutura hierárquica existente, o que propicia o reflexo do conhecimento dos termos mais gerais para os mais específicos a fim de criar formas de refinamento.

Além disso, um termo geral pode ser refinado em diversos níveis, atribuindo a especificidade necessária à representação do conteúdo nos mais diversos níveis. taxonomias também são utilizadas para organizar documentos de forma hierárquica, facilitando a navegação e a recuperação, de maneira que um nível superior recupera todos os conteúdos contidos nos seus níveis inferiores.

A taxonomia pode atender a uma área de conhecimento e organizar seus termos, com relação hierárquica de refinamento (hiponímia) e os termos preferenciais, podendo indicar os termos não autorizados (sinonímia). Da

mesma forma, pode representar o conhecimento a fim de organizar conteúdos em formato digital, facilitando a navegação em sites comerciais, empresariais e governamentais.

1.1.3 *Tesouro*

O termo tesouros foi criado ainda no século XIII, com a designação enciclopédica de apresentar palavras e seus significados em determinado idioma. Posteriormente, passou a ser utilizado para descrever termos e seus descritores de uma área de conhecimento, de forma hierárquica, para indexação de documentos, facilitando a recuperação. Do mesmo modo, pode ser utilizado para disseminar a terminologia de uma área de conhecimento.

Ao apresentar os conceitos dos termos contidos em sua estrutura hierarquizada, os tesouros atendem a diversas funções, como a indicação do termo autorizado, cobrindo semanticamente uma área específica do conhecimento. Assim, converte-se num instrumento terminológico e bibliográfico, na medida em que torna-se útil na indexação e disseminação da terminologia de uma área.

Entretanto, sua construção se apresenta com maior complexidade ante as diversas funcionalidades que podem ser agregadas a um tesouros, como os termos não autorizados, definições em mais de um idioma, sinônimos etc. A sistematização da seleção dos termos a compor o tesouros garante sua completude e a normalização da sua estrutura hierárquica e semântica, dando-lhe a solidez necessária.

Assim, o tesouros é a ferramenta pela qual o profissional que atua na descrição dos documentos pode utilizar como apoio na descrição do conteúdo. Trata-se, portanto, de uma forma de ligar a livre expressão dos documentos em um descritivo estruturado e formal, normalizada e controlada, a fim de facilitar a sua recuperação em sistemas de informação.

1.1.4 *Ontologia*

A palavra “ontologia” tem suas raízes etimológicas na combinação de dois termos gregos: “**ontos**,” que significa “**ser**,” e “**logos**,” que pode ser traduzido como “**palavra**,” “**discurso**,” “**linguagem**,” ou “**estudo**”. Portanto, etimologicamente, ontologia se refere ao “**estudo do ser**”. Tem origem na filosofia aristotélica, em questão da classificação, nos estudos sobre os seres. Assim, filosoficamente, a ontologia é a ciência que estuda a natureza dos seres vivos, em muitos casos de modo mais abrangente.

De forma mais atual, principalmente nas linguagens documentárias, a ontologia é tratada como um vocabulário controlado de alto nível. Já na Ciência da Computação e na Ciência da Informação, é tratada como ferramenta ligada à Web Semântica, e na Inteligência Artificial para tratar informações e promover as inferências. Semelhante tema, que é o objetivo deste trabalho, será tratado nas outras seções deste guia.

1.2 **Sistemas Baseados em Conhecimento**

Os Sistemas Baseados em Conhecimento (SBCs) são programas de computador projetados para resolver problemas complexos em domínios específicos, comportando-se de maneira semelhante a um humano. Esses sistemas utilizam uma base de conhecimento, que é um conjunto de representações que modelam o problema

em linguagem específica. A importância dos SBCs reside na capacidade de preservar e aplicar o talento humano na tomada de decisões, capturando, organizando e disponibilizando conhecimento de especialistas em uma forma acessível. Ao acionar mecanismos de raciocínio, os SBCs realizam inferências sobre a base de conhecimento, contribuindo significativamente para resolver problemas que demandam expertise e experiência humanas. Essa abordagem sintetiza a essência dos SBCs, que desempenham papel crucial na ampliação do acesso ao conhecimento especializado e na automação de tarefas desafiadoras.

Os principais componentes de um SBC são a Base de Conhecimento e o Mecanismo de Inferência. A primeira serve como o repositório central de informações específicas do domínio, contendo representações estruturadas em uma linguagem específica que modela o entendimento do sistema sobre o problema a ser resolvido. Ela abrange o conhecimento adquirido, como regras, fatos e relações relevantes ao domínio. Por sua vez, o segundo é responsável por acionar estratégias de raciocínio e controle, processando as informações armazenadas na Base de Conhecimento para deduzir conclusões e gerar soluções. Esse componente desempenha um papel crucial na tomada de decisões, aplicando regras lógicas e inferindo novas informações com base no conhecimento previamente adquirido. A interação dinâmica entre tais elementos permite que o SBC resolva problemas complexos e tome decisões inteligentes em contextos específicos, emulando a expertise humana no processo.

Nesse sentido, a representação do conhecimento é fundamental para a eficácia dos SBCs, destacando-se como a espinha dorsal que interliga seus dois elementos essenciais. A qualidade da representação do conhecimento influencia diretamente na capacidade do sistema de inferir de maneira eficaz sobre o conhecimento de um domínio e suas regras de funcionamento, evidenciando a importância de uma modelagem precisa e abrangente. Assim, a relação intrínseca entre a representação do conhecimento, a Base de Conhecimento e o Mecanismo de Inferência é essencial para o desempenho inteligente e eficaz dos SBCs em contextos diversos.

Os Sistemas de Organização do Conhecimento, com destaque para as ontologias, desempenham um papel crucial na construção de bases de conhecimento robustas e eficientes. As ontologias são modelos de conhecimento que representam conceitos e relacionamentos entre eles. Elas são usadas em uma variedade de aplicações, incluindo recuperação de informação, Inteligência Artificial, Engenharia do Conhecimento e Ciência da Computação.

As ontologias, como elementos fundamentais no contexto dos SBC, oferecem uma representação formal e estruturada de conceitos, suas propriedades e as relações entre eles em um domínio específico. Essa capacidade de modelagem semântica não apenas organiza informações complexas, mas também proporciona uma compreensão mais profunda do conhecimento em um determinado domínio. Ao fornecer uma estrutura conceitual clara, as ontologias facilitam a categorização e a interconexão de informações, contribuindo para uma base de conhecimento coesa e compreensível. Além disso, as ontologias facilitam a inferência, fornecendo ao Mecanismo de Inferência regras lógicas e relações que aprimoram a capacidade do sistema de deduzir conclusões e tomar decisões inteligentes com base no conhecimento adquirido.

O uso de ontologias ajuda a evitar ambiguidades na interpretação de informações e promove uma compreensão mais precisa e compartilhada entre diferentes sistemas e usuários. Dessa forma, a utilização de ontologias na construção de bases de conhecimento amplia a capacidade de representação do conhecimento, tornando-se uma ferramenta essencial para sistemas que buscam compreender e resolver problemas em domínios específicos.

A aplicação de ontologias como SOC é particularmente proeminente na ciência da informação, destacando-se na representação e organização do conhecimento especializado em diversas áreas. A ontologia pode, de fato, ser tratada como um vocabulário controlado de alto nível em muitos contextos, principalmente ao se pensar na ontologia como um artefato de organização do conhecimento que lida com conceitos e estruturas de relacionamento.

2.2 Definição e conceitos básicos de ontologias

A utilização de ontologias como vocabulários controlados é uma abordagem comum para fornecer uma estrutura semântica compartilhada em diversos campos, como ciência da informação, web semântica e inteligência artificial. No entanto, vale ressaltar que a ontologia, em sua definição mais ampla, não se limita apenas a ser um vocabulário controlado. Nesta subseção vamos abordar em detalhes o que são ontologias, principalmente no âmbito da organização e representação do conhecimento.

Os estudos ontológicos datam da era clássica da filosofia grega, mais especificamente, na Metafísica, e o próprio Aristóteles, um dos filósofos mais influentes da época, desempenhou papel fundamental no desenvolvimento desse campo. Aristóteles considerava a ontologia como a “Filosofia Primeira” ou “Ciência do Ser”.

Na filosofia aristotélica, inicialmente a palavra usada era “categoria”, que se empregava para classificar entidades. Essas categorias, que servem como a base para a compreensão do ser, refletem a riqueza e complexidade da realidade. Elas serão detalhadamente exploradas em seções subsequentes, em que se oferecerá uma compreensão mais aprofundada de sua função como elementos fundamentais para análise filosófica e ontológica.

A ontologia, nesse contexto, é o estudo da natureza e organização da realidade em sua totalidade, considerando o ser enquanto tal. A **ontologia**, assim, emerge **como uma disciplina filosófica** autônoma que se dedica à reflexão sobre a existência e a natureza do ser. Ela busca compreender as categorias fundamentais da realidade, as relações entre essas categorias e as propriedades que definem a essência das entidades. Aristóteles contribuiu significativamente para o desenvolvimento dessas ideias, estabelecendo as bases para a compreensão ontológica. Ele é muitas vezes considerado o pai da ontologia devido ao seu profundo envolvimento na investigação da natureza do ser e da realidade.

A ontologia é uma disciplina fundamental para a filosofia, pois fornece uma base para entender a realidade. Os filósofos ontologistas buscam entender a estrutura fundamental do ser e a natureza das entidades que existem. Eles podem se envolver em debates sobre a existência de universais (ideias ou características que existem em todos os lugares e em todos os tempos), a distinção entre ser e aparência, a natureza do tempo e do espaço, entre outras questões metafísicas. Os filósofos exploram questões fundamentais, tais como:

- O que é a realidade?
- O que é o ser? O que significa existir?
- Qual a natureza do ser em si?

- Quais são as categorias básicas do ser?
- Quais são as relações entre as categorias básicas do ser?
- Quais são as características que determinam o ser?

No século XXI, a ontologia continua a ser uma ferramenta vital na Filosofia, mantendo seu papel na compreensão do mundo. No entanto, seu escopo expandiu-se significativamente, transcendendo as fronteiras filosóficas para influenciar campos diversos, especialmente na Ciência da Computação (CC) e na Ciência da Informação (CI). Assim, a ontologia deixou de ser apenas uma disciplina filosófica para se tornar um **artefato** prático na **Organização do Conhecimento**. Neste caso, a ontologia representa uma estrutura formal que visa organizar e representar informações de maneira coerente e interoperável, sendo vista como um componente essencial na construção da Web Semântica. Fornecendo uma base para a representação e o entendimento semântico dos dados que visa tornar os dados compreensíveis não apenas por humanos, mas também por máquinas. A ontologia, nesse contexto, é a espinha dorsal que permite a interoperabilidade e a compreensão semântica entre sistemas computacionais.

O conceito de ontologia na Ciência da Informação e na Ciência da Computação revela uma dualidade intrínseca, manifestando-se tanto como uma disciplina filosófica quanto como um artefato de representação do conhecimento. A compreensão desta dualidade conceitual constitui um elemento central na construção de conhecimento sólido sobre esse campo multifacetado.

2.3 Universais e Particulares.

Dentro do contexto de ontologias, a distinção entre **universais** e **particulares** desempenha papel fundamental na representação abrangente de conhecimento. A distinção entre universais e particulares é importante para a compreensão da lógica e da metafísica. Ela nos ajuda a compreender a diferença entre coisas que são gerais e coisas que são específicas.

2.3.1 *Universais*

Na teoria das categorias de Aristóteles, os universais são conceitos que se aplicam a vários indivíduos. Aristóteles argumenta que os universais são reais, mas não são coisas. Eles são formas ou essências que existem em indivíduos concretos. Por exemplo, a forma de “cachorro” existe em todos os cachorros, assim, o conceito de “cachorro” é universal, pois se aplica a todos os cachorros (Figura 2).

Figura 2- Exemplo de universal.



Fonte: Da autora (2025).

Os universais também são conhecidos como tipos, tipos naturais ou categorias. São abstrações de conjuntos de entidades com características similares que existem no mundo independentemente da mente humana, e que representam todas as entidades daquele tipo que existem, existiram ou vão existir (Almeida, 2020; Farinelli; Almeida, 2019).

Vamos explorar alguns exemplos de universais e discutir por que eles são considerados universais.

A categoria **“cor”** é universal, pois representa uma propriedade fundamental compartilhada por uma variedade de objetos. Seja o vermelho de uma maçã, o azul do céu ou o verde das folhas, a abstração da cor permite generalizar e compreender a diversidade de tonalidades existentes no mundo.

A categoria **“andar”** representa uma ação fundamental que transcende os indivíduos que andam, abrangendo uma ação inerente a uma variedade de indivíduos. A ação de “andar” é compartilhada por uma multiplicidade de entidades, desde seres humanos até animais terrestres. “Andar” transcende os detalhes específicos do modo como cada entidade realiza a ação. Seja um humano caminhando ereto, um quadrúpede se locomovendo de maneira quadrúpede ou uma ave deslocando-se pelo solo, a abstração de “andar” é independente das particularidades físicas.

O conceito universal de **“dia”** é uma abstração que representa uma unidade fundamental e recorrente no fluxo contínuo do tempo. A noção de “dia” é compartilhada por diversas culturas ao redor do mundo e por uma variedade de espécies. Ela encapsula a unidade básica de medida temporal ligada à rotação da Terra. A ideia de “dia” está intrinsecamente ligada à influência biológica e ambiental da luz solar. A abstração de “dia” é independente das particularidades locais, como fuso horário ou duração específica. Ao considerar o “dia” como um universal de tempo, percebemos sua relevância fundamental na nossa compreensão do tempo, na estruturação da vida diária e no impacto que exerce em diversas esferas da existência humana tanto social quanto biológica.

2.3.2 Particulares

Os particulares, também chamados de instâncias ou indivíduos, são as entidades ou coisas do mundo em si. Os particulares são indivíduos concretos que pertencem a uma categoria universal. Enquanto universal, tipo, categoria ou classe são entidades abstratas que reúnem coisas com características similares, o indivíduo, a instância ou particular é uma dessas coisas universais (Almeida, 2020; Farinelli; Almeida, 2019).

Por exemplo, o universal “ *pessoa* ” pode ser instanciado por *José* , ou por *Maria* ; o universal “ *instituição* ” pode ser instanciado por “ *Abin* ” ou “ *Ibict* ”. Temos ainda o cachorro “ *Marley* ” como um particular, pois é um indivíduo concreto que pertence à categoria universal de “ *cachorro* ” (Figura 3).

Figura 3- Exemplo de particular.



Fonte: Rodolfo N (2014)¹.

2.3.3 Relação entre universais e universais

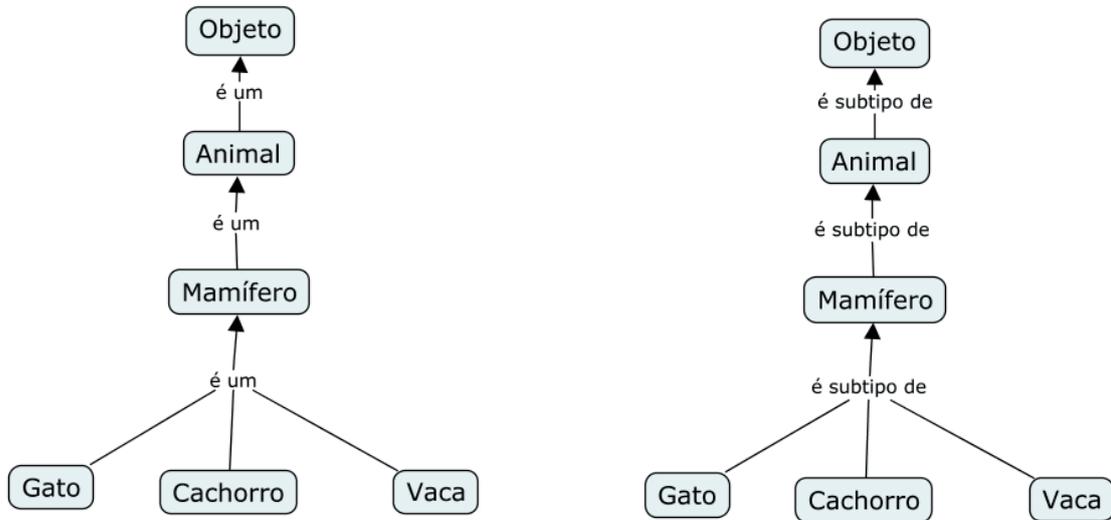
A relação entre universais e universais pode ser de subordinação, igualdade ou contradição.

Subordinação: Quando um universal está incluído em outro universal, temos uma relação de subordinação. Ela é expressa por “ *é um* ” ou “ *é subtipo de* ”, em inglês “ *is a* ” ou “ *is subtype of* ”. Por exemplo, o universal “ *gato* ” está incluído no universal “ *mamífero* ”. Isso significa que todos os gatos são mamíferos, mas nem todos os mamíferos são gatos. Existem outros mamíferos que não são gatos, por exemplo, o cachorro e a vaca (Figura 4).

Igualdade: Quando dois universais têm o mesmo significado, temos uma relação de igualdade. Ela é expressa por “ *classe equivalente* ” ou “ *é o mesmo que* ”, em inglês “ *equivalente class* ” ou “ *same as* ”. Em alguns casos, podemos tratar como termos sinônimos e não como duas entidades que representam a mesma coisa. Por exemplo, os universais “ *gato* ” e “ *felino* ” podem ser considerados entidades ou classes iguais se elas se referem à mesma coisa (Figura 5).

¹ Disponível em: <https://seriemaniacos.tv/marley-eu-vai-virar-serie-de-tv-pela-nbc/marley-e-eu/>. Acesso em: 20 nov 2023.

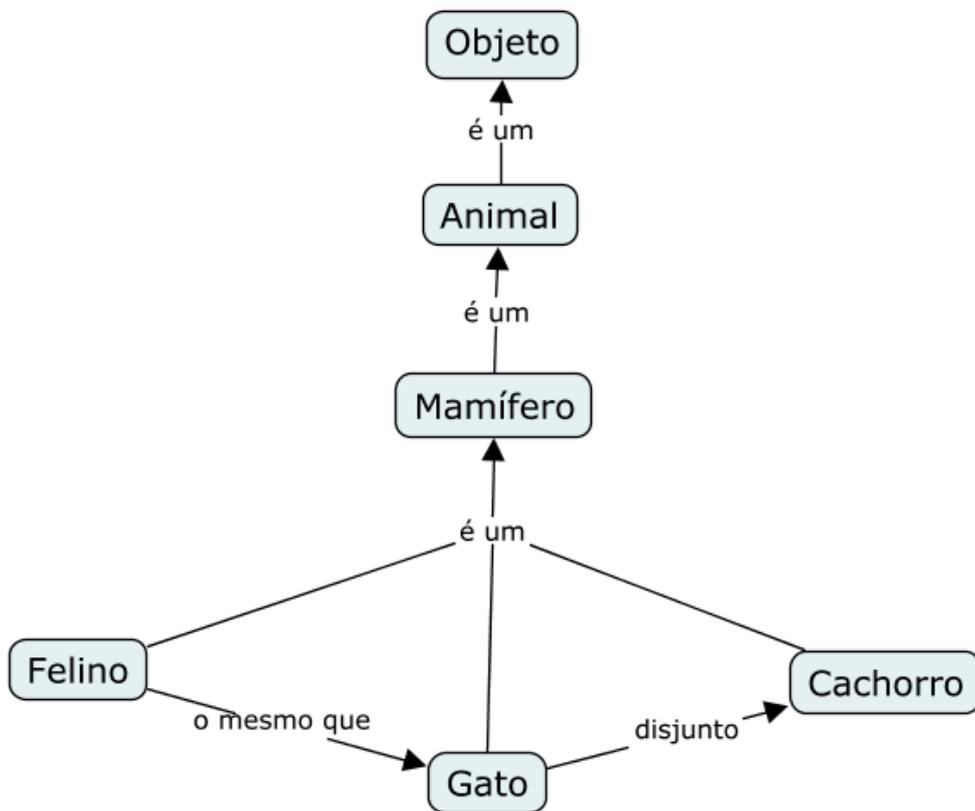
Figura 4- Exemplo de relação de subordinação entre universais.



Fonte: Da autora (2025).

Contradição: Quando dois universais têm significados opostos, temos uma relação de contradição. Ela é expressa por “*disjunto*”, em inglês “*disjoint*”. Por exemplo, os universais “gato” e “cachorro” são contraditórios. Isso significa que um gato não pode ser um cachorro ao mesmo tempo (Figura 5).

Figura 5- Exemplo de relação de igualdade e contradição entre universais.



Fonte: Da autora (2025).

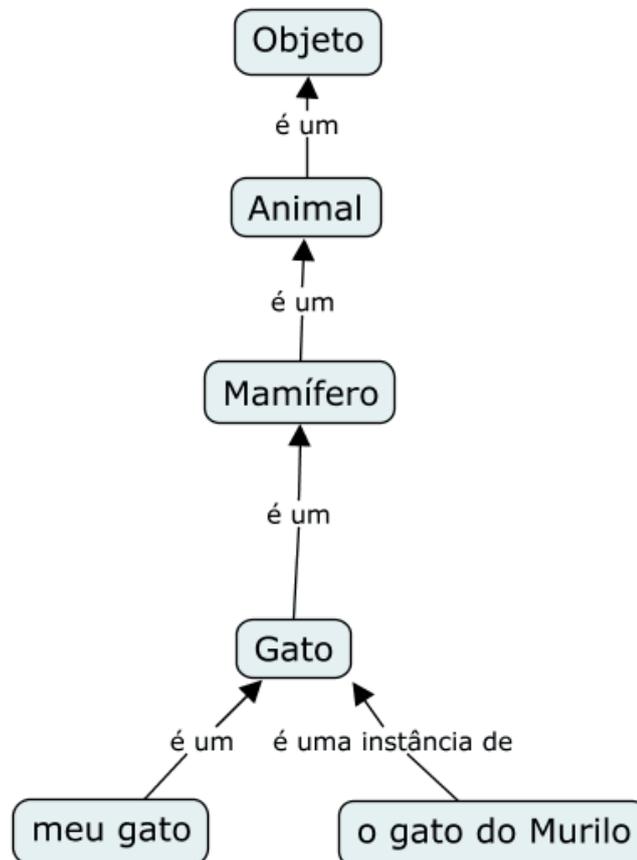
2.3.4 Relação entre universais e particulares

Em uma ontologia, a relação entre universais e particulares é frequentemente modelada por meio de hierarquias, mas nesse caso a relação difere da relação de subordinação entre universais, pois não visa expor uma hierarquia de tipos, e sim uma hierarquia de instanciação. Entidades ou classes universais ocupam níveis mais altos na hierarquia, abrangendo amplas categorias, enquanto classes particulares estão em níveis mais baixos, representando instâncias específicas.

Subordinação: A relação entre universais e particulares em uma relação de subordinação. Um universal é uma classe de coisas, e um particular é um membro dessa classe. A relação “**é um**” (*is a*), neste caso, pode ser usada para expressar subordinação, em que um particular é membro de uma classe/entidade universal. Por exemplo, podemos dizer que “**meu gato é um gato**”; isso significa que meu gato é um membro da classe de gatos (Figura 6).

Instanciação: A relação “**instância de**” ou em inglês “**instance of**” pode ser usada para expressar essa instanciação, ou seja, a ideia de materialização de um universal. Assim, a relação “**instância de**” é usada para indicar que um indivíduo específico pertence a uma classe ou categoria mais ampla. Por exemplo, podemos dizer que “**o gato do Murilo instância de gato**”. Isso significa que o indivíduo “gato do Murilo” é do tipo (universal) “gato”, ou seja, é uma instância da classe de gatos (Figura 6).

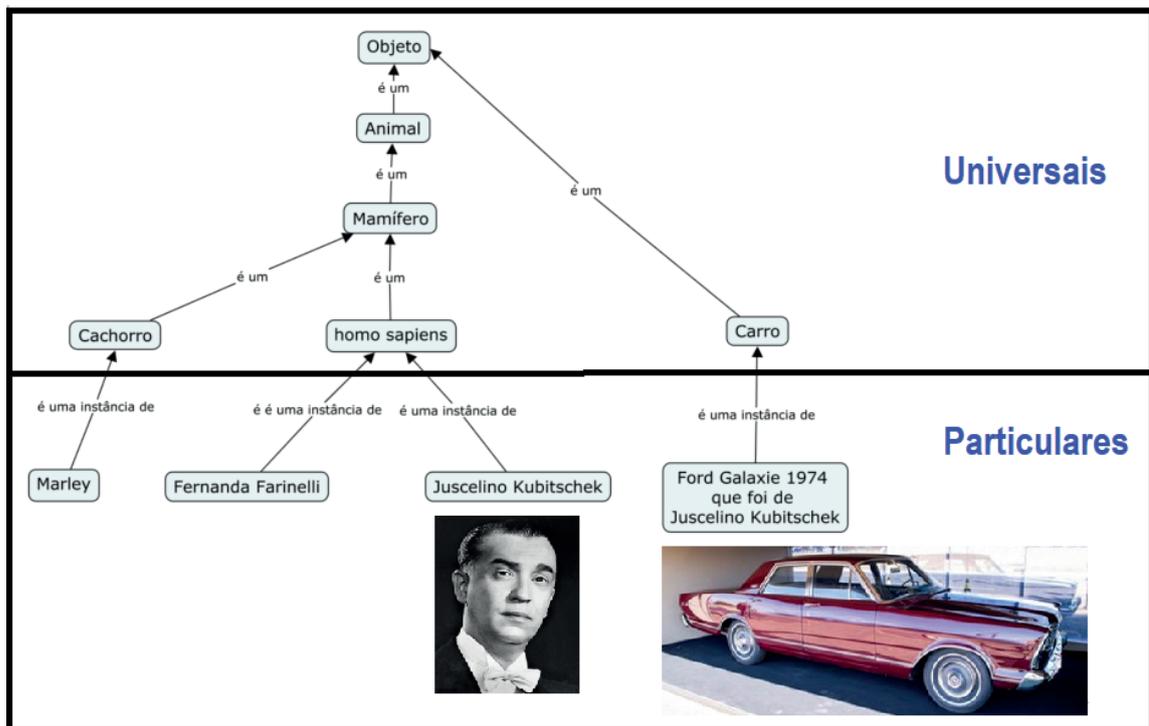
Figura 6- Exemplo de relação entre universais e particulares.



Fonte: Da autora (2025).

Para concluir, apresentamos mais um exemplo ilustrativo de universais, particulares e suas inter-relações. Na Figura 7, a seguir, observamos uma hierarquia cuidadosamente organizada, começando com a categoria abrangente “Objeto”, que se desdobra em subtipos mais específicos, tais como “Animal” e “Carro”. A entidade “Mamífero” é, por sua vez, um subtipo de “Animal”, com dois desdobramentos adicionais representados por “Cachorro” e “Homo sapiens”. Além disso, destacamos três casos particulares ou indivíduos. “Marley” é uma instância específica do universal “Cachorro”, personificando a diversidade da categoria. “Juscelino Kubitschek” é uma instância distinta do universal “Homo sapiens”, representando singularidades da espécie humana. Por fim, o “Ford Galaxie 1974 que foi de Juscelino Kubitschek” constitui uma instância particular da categoria mais ampla “Carro”.

Figura 7- Exemplo de universais, particulares e suas relações.



Fonte: Da autora (2025)

Esse exemplo ilustra como a modelagem de hierarquias de universais, subtipos e instâncias pode ser aplicada para organizar conceitos e objetos em uma estrutura lógica. A relação entre universais, subtipos e instâncias é fundamental para representar e compreender a diversidade de entidades em um domínio específico.

2.4 Correntes metafísicas: ontologias realistas e não realistas.

Ao longo da história, três teorias filosóficas — realismo, nominalismo e conceitualismo — têm sido discutidas na tentativa de resolver o Problema dos Universais. Cada uma dessas posições oferece uma abordagem diferente para entender a natureza das entidades universais e sua relação com os objetos individuais.

O **realismo** aborda a **existência e independência das entidades em relação à mente humana**. Algumas entidades existem a despeito da mente humana, ou seja, elas existem de modo objetivo, independentemente de serem pensadas ou observadas por alguém. Já outras dependem da mente para existir, como no caso de

construções linguísticas ou conceitos abstratos. Na perspectiva realista, a categoria “Animal” é considerada uma entidade real e objetiva, existindo independentemente das percepções individuais. Por exemplo, o fato de que o gelo é frio independe de quaisquer práticas linguísticas ou intervenções das pessoas. Em contrapartida, a afirmação de que “um quadro é belo” depende da mente, uma vez que a percepção de beleza está sujeita a interpretações individuais e preferências estéticas. A apreciação da beleza de um quadro é influenciada pela subjetividade humana e varia de pessoa para pessoa.

O **realismo** postula que certas verdades sobre o mundo existem independentemente de nossas crenças. Universais, como categorias e conceitos, são vistos como explicações para nossa capacidade psicológica de reconhecer e classificar objetos particulares (Almeida, 2020).

Em suma, os realistas sustentam a crença de que as categorias e conceitos que empregamos para descrever o mundo têm correspondência com entidades objetivas e **universais que realmente existem na realidade**. Nessa perspectiva, entidades e propriedades são consideradas como existindo de forma real e objetiva no mundo, em oposição a serem meras construções mentais ou convenções linguísticas.

O **nominalismo** nega a existência real de universais, argumentando que o conhecimento começa com particulares. O problema dos universais pode ser resolvido refletindo sobre indivíduos específicos. A crítica nominalista ao realismo destaca a dificuldade de explicar como podem existir entidades únicas que, ainda assim, são agrupadas por características gerais (Almeida, 2020).

Para os nominalistas, os universais não existem na realidade; são apenas conceitos que os humanos criam para agrupar coisas semelhantes. As coisas que parecem ser semelhantes apenas compartilham algumas propriedades. Tais propriedades não são entidades abstratas, mas sim características concretas. No nominalismo, a palavra “Cachorro” é vista como uma convenção linguística útil para se referir a uma coleção de objetos particulares, sem implicar a existência de uma entidade universal chamada “Cachorro”.

O **conceitualismo sugere** que categorias genéricas do esquema conceitual humano são impostas pela mente às coisas. O conceitualismo adota ideias para explicar o Problema dos Universais, compartilhando algo que os indivíduos têm em comum, sem recorrer a universais. No entanto, enfrenta desafios, incluindo a questão de aplicação equivocada de conceitos pelas pessoas (Almeida, 2020). O conceitualista propõe que as categorias são imposições mentais sobre a realidade, dependendo da mente para sua existência. Um exemplo conceitualista seria a categoria “Beleza”, que existe como um conceito mental dependente da interpretação individual de cada pessoa.

As correntes metafísicas, cada uma com suas nuances, oferecem diferentes perspectivas sobre a natureza das entidades e propriedades, influenciando métodos de classificação e ontologias. Cada abordagem busca responder ao desafio filosófico do Problema dos Universais de maneiras distintas.

2.4.1 *Influência nas Ontologias*

A distinção entre realismo e não realismo está relacionada à representação de entidades e à interpretação da realidade. O realismo promove a representação exclusiva de entidades que existem na realidade objetiva, excluindo-

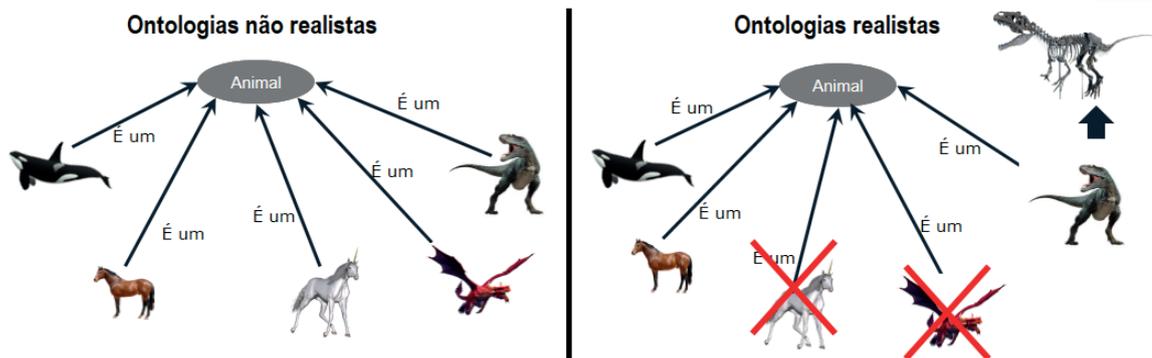
do interpretações subjetivas ou representações mentais das pessoas. Por outro lado, o não realismo permite a representação de conceitos, interpretações e representações mentais das pessoas, aceitando a validade desses elementos na construção do conhecimento.

Ontologias realistas são estruturas conceituais que adotam uma perspectiva filosófica realista em relação à existência de entidades universais e particulares. Essas ontologias buscam representar o mundo de maneira fiel à realidade objetiva, considerando que as categorias, propriedades e relações entre entidades são intrinsecamente presentes no próprio tecido do mundo. As ontologias realistas argumentam que os universais existem porque os particulares existem.

Ontologias não realistas adotam perspectivas filosóficas que negam a existência de entidades universais como entidades objetivas e independentes da mente humana, ou seja, essas ontologias geralmente veem categorias, propriedades e relações como construções mentais, convenções linguísticas ou produtos de processos cognitivos, em oposição a características intrínsecas e objetivas do mundo.

A presença de unicórnios serve como exemplo ilustrativo dessa distinção (Figura 8). Do ponto de vista do realismo, unicórnios não têm existência no mundo espaço-temporal, sendo considerados entidades fictícias, assim, não poderiam ser consideradas como um subtipo de uma entidade real "Animal". Em contraste, o não realismo reconhece que unicórnios podem existir como conceitos, interpretações ou representações mentais nas mentes das pessoas, mesmo que não tenham uma existência tangível no mundo objetivo.

Figura 8- Exemplo de universais, particulares e suas relações.



Fonte: Da autora (2025).

O mesmo raciocínio se aplica à ideia da entidade "Dragão". Tanto o Unicórnio quanto o Dragão não são animais reais, e sim fabulosos. Ninguém viu ou registrou a existência deles. Para ser considerada uma entidade real, não necessariamente ela deve existir nesse exato espaço-temporal; basta haver uma evidência de sua existência, como é o caso dos dinossauros, que temos registros de sua existencias p O uso de uma ontologia de alto nível oferece div or meio de fósseis por exemplo.

2.5 Tipos de ontologias

Na construção de ontologias, diferentes tipos são delineados para atender a propósitos específicos. Cada tipo tem função única na organização e representação do conhecimento.

Ontologias De Alto Nível: São ontologias que representam conceitos gerais e abstratos que são comuns a muitos domínios diferentes, ou seja, são ontologias de domínio neutro. Elas também são conhecidas como “ontologias formais”, “ontologias fundamentais”, “ontologias de fundamentação”, “ontologias de nível superior”, “ontologias de topo” ou “ontologias de domínio neutro”. Elas são usadas para fornecer uma base comum para a representação de conhecimento em diferentes domínios. Descreve conceitos gerais como objeto, processo, local, etc.

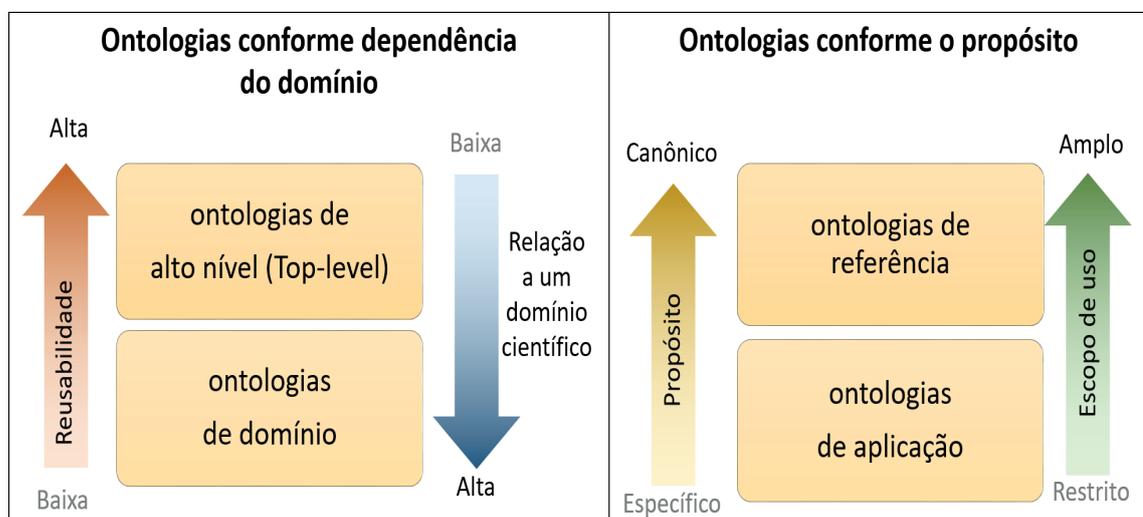
Ontologias De Referência: São ontologias que representam conceitos mais gerais, servindo como referência para a representação de conhecimento em domínio específico. Elas são criadas por especialistas no domínio e são usadas para garantir a consistência e a interoperabilidade da representação de conhecimento. Elas oferecem um conjunto de conceitos e relações comuns que podem ser utilizados como base para ontologias mais especializadas.

Ontologias De Domínio: São ontologias que são criadas para representar o conhecimento. Elas são usadas para apoiar aplicações que se concentram em um domínio específico. Incluem termos, conceitos e relações relevantes para um campo particular de conhecimento, proporcionando uma estrutura mais detalhada e específica.

Ontologias De Aplicação: São ontologias que são usadas para apoiar uma aplicação específica. Elas são criadas para atender às necessidades específicas da aplicação.

Conforme o tipo de ontologia, podemos avaliar sua dependência de domínio considerando aspectos como a reusabilidade das definições e o acoplamento a um domínio de conhecimento específico, além do propósito e escopo de uso, conforme sintetizado na Figura 9, a seguir. Quanto mais reutilizáveis e abstratas forem as definições, maior a capacidade de aplicar a ontologia em diferentes contextos, aumentando sua versatilidade.

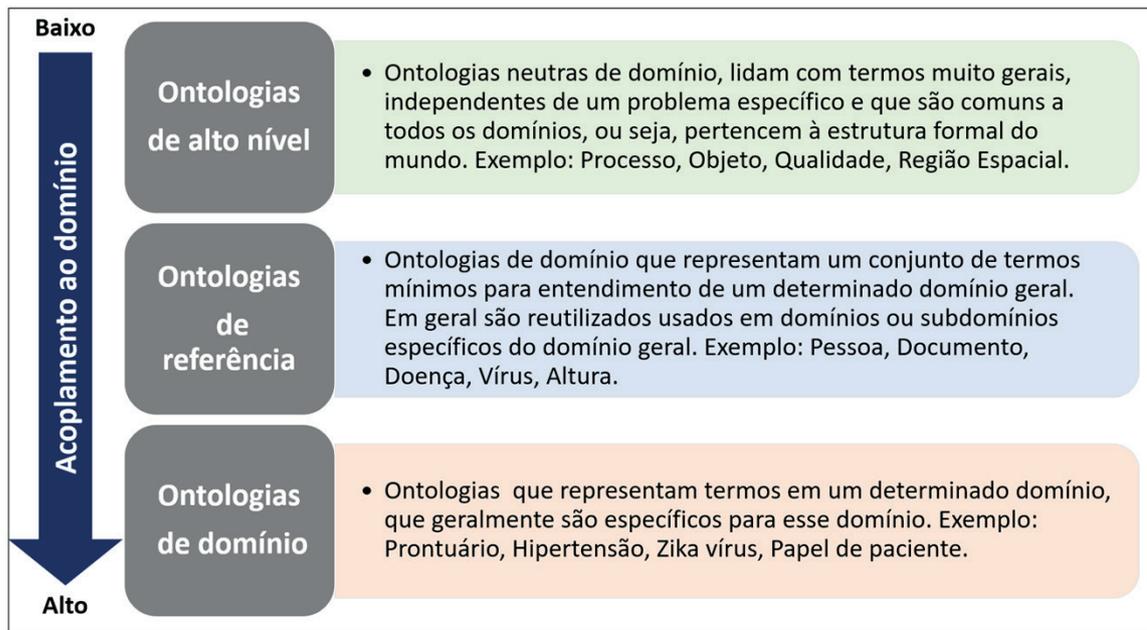
Figura 9- Tipos de ontologia versus dependência de domínio e propósito.



Fonte: Da autora (2025), baseado em Guarino, (1997); Arp, Smith e Spear, (2015).

Em virtude das variadas terminologias e da nomenclatura acerca dos tipos de ontologias existentes presentes na literatura, além das referências seminalmente estabelecidas nos estudos sobre ontologias como artefatos de representação, a nomenclatura empregada no guia é delineada na Figura 10, abaixo.

Figura 10- Síntese dos tipos de ontologias.



Fonte: Traduzido de Farinelli (2017).

Essas tipologias de ontologias permitem uma representação estruturada do conhecimento em diferentes níveis de generalidade e especialização. As ontologias de alto nível estabelecem os princípios fundamentais, enquanto as ontologias de referência orientam a criação de ontologias específicas de domínio e aplicação, contribuindo para a organização e interpretação eficaz dos dados.

2.5.1 Por que usar uma ontologia de alto nível?

Conforme a norma ISO/IEC PRF 21838-1, as ontologias de alto nível desempenham papel crucial na promoção da interoperabilidade entre ontologias específicas de domínio. Elas oferecem uma compreensão semântica que facilita a troca, recuperação, descoberta, integração e análise de dados entre diferentes sistemas e contextos (International Organization for Standardization, 2020a, p. 1).

O uso de uma ontologia de alto nível oferece diversas vantagens significativas na construção e aplicação de sistemas de representação de conhecimento. Em suma, o uso de uma ontologia de alto nível pode promover a interoperabilidade, a reutilização de conceitos e a consistência conceitual em sistemas de representação de conhecimento, contribuindo para a construção de sistemas mais flexíveis, integrados e compreensíveis (Farinelli; Souza, 2021).

2.6 Elementos de uma ontologia como artefato

Ao construir uma ontologia como artefato, é essencial compreender os elementos que a compõem. Esses elementos fornecem a estrutura fundamental para representar conceitos, relações e entidades dentro de um domínio específico. Baseado em Farinelli (2017), alguns desses elementos são:

Entidade: Refere-se a uma coisa ou objeto do mundo real que pode ser distinguido e identificado. Pode ser concreta ou abstrata. São naturais e existem independentemente de convenções sociais ou culturais. Exemplos: Uma pessoa, uma pedra, uma árvore. Essas entidades existem no mundo independentemente de qualquer construção humana.

Classe: Refere-se a categorias de coisas no mundo real, mas sua origem é artificial, muitas vezes ocasionada por convenções sociais, culturais ou construções humanas. Exemplo: um estacionamento é uma classe, pois representa uma categoria de lugar destinado ao estacionamento de carros. O estacionamento, como entidade, é uma instância dessa classe. O conceito de estacionamento surge de necessidades humanas e convenções sociais para organizar o espaço onde os carros podem ser estacionados.

Propriedades: São as características que descrevem uma entidade ou classe. Tais propriedades podem ser implementadas ou traduzidas como outros elementos, tais como relacionamentos, anotações e atributos.

Atributos de Entidade ou Classe: Representa uma característica ou propriedade que descreve uma entidade ou classe. Esses atributos podem ser usados para especificar informações importantes sobre as entidades ou classes em questão. Por exemplo, se "Pessoa" é uma entidade, seus atributos podem incluir informações como "Nome", "Idade", "Altura" e "Peso". Tais indicadores descrevem uma pessoa, e podem ser implementados também como uma entidade ou classe.

Anotação: Informações adicionais ou metadados associados a elementos da ontologia. Anotações usadas em ontologia podem ser de padrões já existentes, como, por exemplo, o *RDF Schema (Resource Description Framework Schema)* e o *Dublin core*. Exemplo: adicionar uma anotação ou metadado à entidade "Pessoa" indicando o criador e a data da inclusão da entidade na ontologia, e usando, respectivamente, os metadados *Creator*² e *Date*³ do *Dublin Core*.

Relacionamento: Descreve como entidades e/ou classes estão conectadas ou interagem entre si. Relacionamentos têm direções, cardinalidades e propriedades. Um exemplo pode ser a relação partitiva da entidade "Carro" com suas partes, ou seja, *Carro tem parte Motor* ou *Motor é parte de Carro*. Nesse exemplo, a relação partitiva "tem parte" expressa como um carro é composto por diferentes partes, como o motor. Ao mesmo tempo, temos a

2 Disponível em: <http://purl.org/dc/terms/creator>. Acesso em: 28 nov. 2023.

3 Disponível em: <http://purl.org/dc/terms/date>. Acesso em: 28 nov. 2023.

relação “*é parte de*”, que expressa que o motor é parte, ou compõe, o carro. Essas relações bidirecionais ajudam a modelar as complexas interações entre partes e o todo em ontologias.

Instância ou Indivíduo: Uma ocorrência específica ou um particular de uma entidade ou classe. Por exemplo, se “Pessoa” é uma entidade, então “Você”, “eu”, “Ivete Sangalo”, “Taís Araújo” são instâncias dessa entidade.

Atributo de Instância: Similar aos atributos de classe ou entidade, mas aplicados a instâncias específicas, ou seja, são instâncias dos atributos de entidade. Por exemplo, considerando a entidade “Pessoa”, seus atributos podem incluir informações como “Idade” e “Altura”. Os atributos de instância fornecem detalhes particulares sobre a instância específica da entidade, como “João”. Assim, “João” tem idade, altura e peso específicos, por exemplo, respectivamente “50 anos” e “170 cm”.

Cardinalidade: Define o número de elementos de uma entidade/classe em relação à outra entidade/classe em um relacionamento. Ela ajuda a definir as restrições e o escopo das associações. Exemplo: um relacionamento “*Possui*” entre as entidades “Pessoa” e “Carro”, podendo ter uma cardinalidade de “1 para muitos”, indicando que uma pessoa pode possuir muitos carros. Já a relação inversa “*Pertence*” pode ter uma cardinalidade de “1 para 1”, indicando que um carro pertence a apenas uma pessoa. Tal conceito reflete diretamente na instanciação das entidades e relacionamentos. Por exemplo, a instância de Pessoa “João” pode ter múltiplas instâncias de relacionamentos para cada carro que possui. Assim, considerando as instâncias de carro “Carro1” e “Carro2”, podemos dizer que “João possui Carro1” e que “João possui Carro2”.

Axiomas: São declarações ou proposições fundamentais consideradas como verdadeiras, sem necessidade de prova dentro de um sistema lógico ou teoria formal. Ajudam a estabelecer as relações fundamentais e as propriedades essenciais entre os conceitos dentro de um domínio específico. Eles servem como alicerce ou base sobre a qual outras verdades ou teoremas podem ser deduzidos. Axiomas são especialmente importantes em matemática e lógica, pois estabelecem regras básicas que governam o sistema. Exemplo: suponha que tenhamos uma ontologia que modela o domínio de animais, com entidades como “Mamífero” e “Felino”. Um axioma poderia ser definido da seguinte forma: “*Todo felino é um mamífero*”. Isso estabelece uma relação hierárquica entre as classes e fornece uma regra fundamental na ontologia. A implementação de axiomas em ontologias depende da linguagem de ontologia usada. No entanto, em geral, os axiomas são implementados como declarações lógicas que são verdadeiras em todos os mundos possíveis. Por exemplo, o axioma “*Todos os seres humanos são mortais*” pode ser implementado na linguagem de ontologia OWL como segue:

`Axiom(forAll(x, SubclassOf(x, Class(Mortal))), [OWL2-Axioms])`

Essa declaração lógica afirma que, para todo indivíduo x, x é um membro da classe Mortal. Essa afirmação é verdadeira em todos os mundos possíveis, pois é uma propriedade fundamental da humanidade.

Esses elementos são fundamentais para a criação de ontologias que representam conhecimento de domínio. Ao combiná-los e definir suas relações, podemos criar estruturas que capturam a complexidade e as relações no mundo real, facilitando a compreensão e o processamento de informações em sistemas computacionais.

2.7 Características essenciais e acidentais

Na construção de ontologias que buscam representar formalmente o conhecimento de um domínio específico, a definição clara e precisa das características das entidades ou classes é crucial. Inspirado nas categorias propostas por Dahlberg (1978), que por sua vez são inspiradas na metafísica de Aristóteles, podemos identificar distintos tipos de características que contribuem para a compreensão e delimitação das entidades.

A primeira distinção fundamental recai sobre as *Características Essenciais* e as *Características Acidentais* das entidades ou classes. Essa diferenciação estabelece a base para a definição precisa e abrangente das propriedades que delimitam a identidade e a natureza das entidades em um domínio específico.

- **Características Essenciais:** São características fundamentais, sem as quais o conceito não existiria. São atributos ou qualidades intrínsecas à entidade que são imperativas para definir a essência, a identidade e a natureza de um ente ou conceito. A presença ou ausência dessas características determina se um indivíduo é reconhecido como instância de determinada entidade. São características que, se ausentes, resultam na perda da essência ou transformação do indivíduo em algo completamente diferente. Por exemplo, em um círculo, a característica "*possuir todos os pontos de sua circunferência equidistantes do centro*" constitui uma característica essencial de um círculo. As *características essenciais* podem ser divididas em dois subtipos:

» **Características constitutivas da essência** são aquelas que compõem a natureza essencial ou a identidade de uma entidade. Elas são necessárias para que a entidade exista e, sem elas, a entidade não seria o que ela é. Se uma característica constitutiva for removida, o indivíduo deixa de ser o que é e se transforma em algo completamente diferente. Por exemplo, a característica "*ter quatro patas*" é constitutiva da essência de um *quadrúpede*, pois contribui para a definição do que é ser um quadrúpede. Outro exemplo seria o conjunto de características constitutivas de um quadrado que é "*ter quatro lados iguais e quatro ângulos internos retos*". Sem elas, uma figura não seria um quadrado. Outras figuras, como o losango e o retângulo, têm quatro lados e não são quadrados. O retângulo também tem quatro ângulos retos, mas seus lados não são iguais, assim, não é um quadrado. Um losango quadrado tem os quatro lados iguais mas não tem os ângulos retos, assim, não é um quadrado.

» **Características consecutivas da essência** são necessariamente verdadeiras sobre a entidade, mas não contribuem para a sua definição essencial. Embora não essenciais para definir a identidade da entidade, são características que decorrem da sua natureza essencial, ou seja, elas são consequência da existência da entidade, mas não são necessárias para a sua existência. Por exemplo, a característica constitutiva da essência de ser um aluno é "*estar matriculado em um curso*", as características "*fazer exames*" ou "*apresentar trabalhos*" podem ser consideradas consequências da essência de ser "estudante". Outro exemplo é a característica "ser mortal", que é consequência da essência de um ser humano, pois é uma consequência da existência de um ser humano como um ser vivo.

- **Características Acidentais:** São não essenciais para a definição da identidade da entidade. Elas podem variar, ser adicionadas ou removidas sem afetar a natureza essencial da entidade. Além disso, não são essenciais para definir o indivíduo em questão, mas ajudam a descrevê-lo. Por exemplo, em um círculo, as características “*cor do contorno ou da circunferência*” ou “*tamanho do raio*” não afetam a essência de ser um círculo. Outro exemplo é falar da estatura de um ser humano. “*Ser alto*” ou “*ser baixo*” não define a essência de ser um “ser humano”, mas ajuda a descrevê-lo. As características acidentais podem ser:

- » **Características Acidentais Gerais** são aquelas características que podem ser verdadeiras sobre uma pluralidade de entidades. Por exemplo, as características “*cor dos olhos*”, “*altura*” e “*peso*” são acidentais para os seres humanos. Isso significa que todos os seres humanos possuem tais características, mas elas não são necessárias para que um ser humano seja um ser humano.

- » **Características Acidentais Individualizantes ou Individuais** são aquelas que distinguem uma instância de entidade de todas as outras. Por exemplo, a característica “*cor castanha dos meus olhos*” é acidental e individual, pois “eu” sou uma instância de ser humano e tal característica é só minha. Outro exemplo: impressão digital é uma característica acidental individual, pois cada pessoa possui a sua, que a distingue das demais.

A distinção entre características essenciais e acidentais desempenha um papel crucial na construção de ontologias, proporcionando uma estrutura conceitual robusta para a definição de entidades dentro de um domínio específico. Compreender esses conceitos é essencial para capturar a verdadeira essência das entidades, destacando aquilo que é intrínseco e fundamental para sua identidade. Ao discernir entre características que são necessárias para definir uma entidade e aquelas que são adicionais ou contingentes, os modeladores de ontologias conseguem criar representações mais precisas e abrangentes do conhecimento em um domínio. Essa clareza conceitual não apenas facilita a interoperabilidade entre sistemas e a comunicação semântica, mas também aprimora a capacidade de extrair significado e inferências valiosas a partir das ontologias. Em última análise, a compreensão desses conceitos é a chave para estabelecer ontologias que capturam fielmente a natureza das entidades, enriquecendo assim a representação formal do conhecimento em diversos campos de aplicação.

2.8 Perspectivas na definição de entidades

A caracterização de entidades é um tópico importante em várias áreas, incluindo a filosofia, a lógica e a ciência da computação. Podemos tratar quatro eixos de caracterização que podem ser usados para entender as entidades: existência no tempo, dependência existencial, materialidade e universalidade. Esses eixos nos ajudam a entender as características das entidades e como elas se relacionam com o mundo.

2.8.1 Existência no tempo

A “*existência no tempo*” de uma entidade refere-se à sua presença ao longo de diferentes momentos temporais. Tal concepção pode ser abordada considerando se a entidade é espacial ou não espacial, sua localização em diferentes regiões do espaço-tempo, e se é persistente (existindo em vários instantes) ou não persistente (exis-

tindo em apenas um instante). Na teoria das categorias de Aristóteles, as categorias podem ser divididas em duas classes: perdurantes e endurantes, também conhecidas como continuantes e ocorrentes.

Continuantes são categorias que se referem a coisas que existem por si mesmas e não mudam. São entidades que existem em mais de um momento temporal. Em outras palavras, são objetos que persistem ao longo do tempo. Por exemplo, a substância "**cachorro**" é uma **continuante**, uma vez que existe um cachorro, o Marley, por exemplo, ele persiste enquanto for vivo e mantém sua característica essencial de ser cachorro. Se você considerar uma *cadeira*, ela é um *continuante* porque existe não apenas em um instante específico, mas ao longo de vários momentos. A cadeira mantém sua identidade ao longo do tempo, mesmo que suas propriedades possam mudar (por exemplo, se for consertada ou pintada).

Ocorrentes são categorias que se referem a coisas que existem em relação a outras coisas e que mudam. São entidades que existem em um único momento temporal. Elas não persistem ao longo do tempo. Por exemplo, a ação "**latir**" é uma **ocorrente**, pois o latido de um cachorro não existe constantemente, apenas durante um período de tempo. O cachorro pode latir em vários períodos de tempo, sendo assim, cada vez que ele late é uma ocorrência distinta do latir. Se você considerar um evento específico, como a explosão de um foguete, esse evento é uma ocorrência. Ele acontece em um momento específico e não persiste ao longo do tempo. Após a explosão, você não tem mais a ocorrência desse evento.

Aristóteles argumenta que as categorias perdurantes ou continuantes são mais fundamentais do que as categorias endurantes ou ocorrentes, uma vez que as ocorrentes existem apenas em relação às continuantes.

2.8.2 Dependência existência

A "*dependência existencial*" de uma entidade refere-se à sua necessidade ontológica de contar com o suporte de outras entidades. **Entidades independentes**, ou substâncias, existem por conta própria, mantêm identidade ao longo do tempo, aceitam acidentes em diferentes momentos, participam de relações causais e se originam em processos naturais, sem possuir partes que, por si só, sejam também substâncias. Em contraste, **entidades dependentes** requerem o suporte de outras para existir. Elas não podem existir sem a existência de outras entidades. Por exemplo, um eclipse é um evento natural que ocorre quando a Lua se posiciona entre a Terra e o Sol, bloqueando a luz solar. O eclipse depende da existência da Terra, do Sol e da Lua, bem como da sua posição relativa no espaço. Se qualquer um desses elementos não existisse ou se sua posição relativa fosse diferente, o eclipse não ocorreria.

2.8.3 Materialidade

A "*materialidade*" de uma entidade refere-se à sua natureza física e pode ser categorizada em material ou imaterial. **Entidades materiais** ocupam e são proprietárias da região onde estão localizadas, possuem partes materiais e, em geral, são continuantes e ocorrentes. Por outro lado, **entidades imateriais** não ocupam a região que compartilham, não são proprietárias desse espaço e não possuem partes materiais. Exemplos incluem o espaço interno de uma bota ou o local onde os ovos são depositados em um ninho. Artefatos, como sapatos, ninhos, sofás podem apresentar partes positivas e negativas (imateriais), enquanto limites e locais demarcam ou são

demarcados por entidades materiais. Entidades continuantes, como uma pedra, podem ser materiais, enquanto pensamentos representam entidades continuantes imateriais. A compreensão dessa distinção contribui para uma visão abrangente da diversidade ontológica e da representação conceitual de entidades no universo.

2.8.4 *Universalidade*

A “*universalidade*” de uma entidade se refere a seu alcance e distingue entre entidades ***particulares*** e ***universais***. Já falamos mais detalhadamente na subseção 2.3. Coisas como uma pedra exposta em um museu ou a beira de um rio é um particular; todas as pedras existentes constituem o universal Pedra.

3. DIRETRIZES PARA CONSTRUÇÃO DE ONTOLOGIAS

Ontologias são representações formais de um domínio do conhecimento. Elas são utilizadas em ampla gama de aplicações, incluindo inteligência artificial, ciência da informação, engenharia de software e filosofia. O desenvolvimento de ontologias é um processo complexo que requer uma metodologia bem definida. Existem várias abordagens que podem ser consideradas na construção de uma ontologia de domínio, cada uma com suas próprias vantagens e desvantagens. A seguir, apresentamos sinteticamente algumas abordagens relevantes.

3.1 Diretriz GoodOD (*Good Practice Ontology Design Principles*)

O GoodOD (*Good Practice Ontology Design Principles*) é uma diretriz que orienta a construção de bons artefatos ontológicos a partir de três princípios fundamentais (Schulz *et al.*, 2012):

- **Formalismo:** As ontologias devem ser formais, ou seja, suas entidades (termos) devem ser representadas sem ambiguidade de significado e a especificação das relações entre os termos deve incluir axiomas lógicos. Isso permite a automatização tanto da recuperação quanto do raciocínio.
- **Adequação ao domínio:** As ontologias devem ser adequadas ao domínio da representação. Isso significa que a ontologia construída deve representar a realidade e o conhecimento presentes no domínio desejado.
- **Expliciticidade:** As ontologias devem usar especificações explícitas, permitindo que as pessoas raciocinem e entendam o domínio representado pela ontologia. Isso significa que as ontologias devem ser bem documentadas e que as relações entre os termos devem ser claramente definidas.

Além desses princípios fundamentais, a GoodOD também apresenta algumas diretrizes específicas para o desenvolvimento de ontologias, incluindo:

- **Seleção de entidades:** As entidades que devem ser incluídas em uma ontologia devem ser selecionadas com base no escopo da ontologia e na realidade do domínio a ser representado.
- **Metadados:** As ontologias devem incluir metadados para descrever as entidades e relações representadas. Tais metadados podem ser úteis para a compreensão e o uso da ontologia. É necessário também distinguir entre metadados que se referem ao artefato representacional como um todo (RA) e metadados que se referem às unidades representacionais (RU) dentro do artefato.
- **Convenções de nomenclatura:** As entidades, classes e relações de uma ontologia devem ser nomeadas de forma consistente e clara. Isso facilita a compreensão e o uso da ontologia.

- **Projetar um taxonomia de subordinação:** Taxonomias ontológicas são estruturas hierárquicas que identificam as relações de subordinação entre as classes em uma ontologia. Essa organização facilita a compreensão e o uso da ontologia, tornando-a mais eficaz na representação e busca de informações.
- **Definição de relações:** A modelagem ontológica rica envolve mais do que apenas a criação de uma taxonomia de classes. As relações entre as entidades de uma ontologia devem ser definidas de forma clara e concisa. Essas relações podem envolver descrições de classe complexas com propriedades de objetos. Isso permite a compreensão e o uso da ontologia.

Ao seguir seus princípios e diretrizes GoodOD, os ontologistas podem criar ontologias que são formais, explícitas, adequadas ao domínio e fáceis de usar.

3.2 *Ontology Design Patterns (ODPs)*

Os padrões de projeto (*Design Patterns*) foram criados na área de Engenharia de Software como uma abordagem padronizada para solucionar problemas específicos em modelagem orientada a objetos. Esses padrões representam o aprendizado, a expertise e as soluções aplicadas por desenvolvedores em diferentes contextos (Gangemi *et al.*, 2007).

No campo das ontologias, os **Padrões de Projeto de Ontologias** ou *Ontology Design Patterns (ODPs)*⁴, originalmente propostos por Gangemi (2005) e Blomqvist e Sandkuhl (2005), são um conjunto de práticas padronizadas e reutilizáveis para problemas recorrentes na construção de ontologias. Eles fornecem uma maneira de estruturar e organizar o conhecimento de um domínio de forma consistente e eficiente. Os ODPs são organizados em seis famílias, de acordo com o seu uso pretendido:

- **Estrutural:** Os ODPs estruturais fornecem soluções para a organização do conhecimento em uma ontologia. Eles incluem padrões para a criação de classes, relações, propriedades e outros elementos ontológicos.
- **Correspondência:** Os ODPs de correspondência fornecem soluções para a integração de ontologias diferentes. Eles incluem padrões para mapeamento de conceitos e relações entre ontologias.
- **Conteúdo:** Os ODPs de conteúdo fornecem soluções para a representação de conceitos e relações específicos em uma ontologia. Eles incluem padrões para a representação de tempo, espaço, eventos etc.
- **Raciocínio:** Os ODPs de raciocínio fornecem soluções sobre o conhecimento representado em uma ontologia. Eles incluem padrões para a inferência de novos conhecimentos a partir do conhecimento existente.

4 O catálogo oficial de padrões de projeto de ontologia (*ontology design patterns*) está disponível no site <http://ontologydesignpatterns.org/>. Acesso em: 17 nov. 2023.

- **Apresentação:** Os ODPs de apresentação fornecem soluções para a apresentação do conhecimento representado em uma ontologia. Eles incluem padrões para a visualização de ontologias e a geração de relatórios.
- **Léxico-sintático:** Os ODPs léxico-sintáticos fornecem soluções para a representação de conceitos e relações em uma ontologia usando uma linguagem formal. Eles incluem padrões para a representação de sintaxes e semânticas de linguagens naturais.

Os ODPs podem ser usados para melhorar a qualidade e a eficiência do desenvolvimento de ontologias. Eles fornecem uma base para o desenvolvimento de ontologias consistentes e reutilizáveis.

3.3 Princípios FAIR

Os princípios do FAIR (acrônimo para *Findable, Accessible, Interoperable, e Reusable*) são um conjunto de diretrizes criadas em 2016 para tornar os dados mais localizáveis, acessíveis, interoperáveis e reutilizáveis (Wilkinson *et al.*, 2016). Tais princípios FAIR são descritos a fim de que sejam independentes de tecnologia e de domínio e são aplicáveis àqueles que desejam maximizar o reuso de seus dados. Os princípios FAIR são os seguintes:

- **Encontráveis (*Findable*):** Os dados devem ser facilmente encontrados por humanos e computadores. Isso pode ser feito usando identificadores únicos e persistentes para os dados, bem como metadados descritivos.
- **Acessíveis (*Accessible*):** Os dados devem ser acessíveis e podem ser obtidos e baixados por meio de uma rede de comunicação, por meio de protocolos de comunicação padronizados, com o mínimo de barreiras técnicas ou legais. Isso garante que os dados possam ser acessados por qualquer pessoa, independentemente do software ou hardware que esteja usando.
- **Interoperáveis (*Interoperable*):** Os dados devem ser interoperáveis com outros dados, o que implica que eles podem ser integrados e combinados com outros dados de forma eficaz, facilitando a análise conjunta. Isso pode ser feito usando uma linguagem de metadados comum.
- **Reutilizáveis (*Reusable*):** Os dados devem ser projetados de maneira que possam ser reutilizados para diferentes fins, possibilitando sua aplicação em contextos diversos. Isso pode ser feito fornecendo licenças claras e fornecendo informações sobre a origem dos dados.

A adoção dos princípios FAIR pode ajudar a melhorar a qualidade e a utilidade dos dados. Os princípios aplicados a ontologias buscam tornar as representações de conhecimento mais fáceis de encontrar, acessar, interoperar e reutilizar, promovendo a eficácia na gestão e utilização de modelos e dados ontológicos (Poveda-Villalón *et al.*, 2020). Ontologias FAIR são mais fáceis de encontrar, acessar e usar, o que pode levar a uma maior colaboração de conhecimento e a descobertas mais significativas.

3.4 Metodologias para construção de ontologias

O desenvolvimento de ontologias é um processo complexo que envolve uma série de etapas, desde a definição dos objetivos e escopo da ontologia até a sua implantação. Para auxiliar os ontologistas nesse processo, foram desenvolvidas diversas metodologias, que agrupam um conjunto de boas práticas. Atualmente, não existe consenso sobre qual metodologia é a mais adequada para o desenvolvimento de ontologias. A escolha da metodologia mais adequada depende de uma série de fatores, como os objetivos do projeto, o domínio da aplicação e o nível de experiência do ontologista. Algumas das metodologias mais conhecidas para desenvolvimento de ontologias são: *Ontology Development 101*; *Toronto Virtual Enterprise (TOVE)*; *Methontology*; Metodologia NeOn; *Systematic Approach for Building Ontologies (SABIO)*; *Up for ONtology (UPON)*; Metodologia do realismo ontológico; *OntoForInfoScience* (Farinelli, 2017).

Cada uma dessas metodologias oferece uma abordagem estruturada para o desenvolvimento de ontologias, e a escolha entre elas dependerá dos requisitos específicos do projeto, do domínio de aplicação e das preferências da equipe de desenvolvimento. A iteração e a adaptação ao longo do processo são comuns, permitindo ajustes conforme a compreensão do domínio evolui. Neste guia, não focamos em seguir restritivamente uma metodologia, mas trazemos práticas que são de alguma forma detalhadas em várias delas. Para saber as referências principais sobre cada metodologia, veja o Apêndice 1 deste guia.

3.5 Princípios teóricos-complementares para o projeto de ontologias

A partir do conhecimento trazido da ontologia como disciplina, existem princípios teóricos-complementares para o projeto de ontologias, são eles: realismo, perspectivismo, falibilismo, adequatismo, reutilização, utilidade, atualização e facilidade (Arp; Smith; Spear, 2015; Almeida, 2020).

- **Princípio do Realismo:**

- » Descreve que uma ontologia deve buscar **representar a realidade**, mantendo um “compromisso ontológico”⁵. Termos na ontologia devem ter referentes na realidade, independentes de estados mentais e práticas humanas, sejam linguísticas, conceituais, ideológicas, ou culturais.
- » Enfatiza a importância da ciência como meio para alcançar a verdade sobre a realidade, representada por universais que tenham um referente (particular) na realidade e relacionamentos observados e testados por métodos científicos.

- **Princípio do Perspectivismo:**

- » Reconhece a complexidade e a **variedade da realidade**, defendendo que existem várias descrições igualmente precisas da mesma.

⁵ O compromisso ontológico refere-se à ideia de que, ao desenvolver uma ontologia, há um compromisso em representar conceitos e entidades de maneira que reflita, da melhor forma possível, a realidade do domínio em questão. Em outras palavras, é o compromisso assumido para garantir que os termos e conceitos na ontologia tenham correspondência com entidades ou aspectos reais do mundo.

- » Entende que a realidade é multifacetada e que diferentes teorias científicas podem oferecer representações precisas, ainda que diferentes, da mesma realidade.
- » Na ontologia, isso sugere uma **abordagem modular**, onde diferentes perspectivas são representadas por módulos distintos, permitindo a coexistência e manutenção por especialistas em disciplinas específicas.
- » Em vez de buscar uma ontologia abrangente, o perspectivismo valoriza a diversidade de interpretações para uma representação mais flexível e abrangente da realidade.

- **Princípio do Falibilismo:**

- » Sustenta que ontologias, assim como teorias científicas, são falíveis, **sujeitas a erros e revisões**, e devem ser revisadas em face de novas descobertas.
- » Reconhecendo que nosso entendimento da realidade é sempre incompleto, o falibilismo destaca a necessidade de estratégias para monitorar e atualizar o conhecimento do domínio em sucessivas **versões da ontologia**.
- » Exige mecanismos para corrigir erros e incorporar novas informações, promovendo assim um design ontológico flexível e adaptável ao progresso do conhecimento. Sugere-se adotar o uso de ferramentas como Git⁶ para controle de versão e acompanhamento de alterações.

- **Princípio do Adequadismo:**

- » Defende que em uma ontologia, as entidades de um domínio específico devem ser consideradas em seus próprios termos, sem redução simplista a entidades mais simples.
- » Para o adequadismo, uma ontologia deve ser projetada de forma a representar tipos de entidades em diferentes níveis de granularidade, permitindo a vinculação a outras ontologias que cobrem domínios vizinhos. Por exemplo, uma ontologia da biologia abrangerá desde moléculas e células até organismos e ecossistemas. O objetivo é abranger a diversidade de tipos de entidades existentes no mundo, evitando ignorar ou explicar de forma diferente categorias específicas de entidades.
- » Na prática, isso significa que as ontologias não devem ser desenvolvidas de forma isolada, mas em conjunto com outras ontologias com as quais precisam interoperar. A ideia é criar uma representação abrangente e interconectada da realidade, considerando a riqueza e variedade de

⁶ O *Git* é um sistema de controle de versão distribuído, gratuito e de código aberto, projetado para lidar com projetos de pequeno a grande porte com rapidez e eficiência. Disponível para download em: <https://git-scm.com/>. Acesso em: 25 nov. 2023.

entidades em diferentes disciplinas científicas e níveis de detalhe. Promovendo uma visão holística que reconhece a complexidade e a interconexão das entidades no mundo.

- **Princípio da Utilidade:**

- » Destaca a importância de **equilibrar utilidade e realismo** no design de ontologias. Preconiza que, embora a utilidade local seja crucial, **não** se deve **sacrificar princípios realistas** a fim de atender a considerações de curto prazo.

- » O processo de design deve encontrar um equilíbrio entre a representação precisa da realidade e a utilidade prática para um propósito específico.

- » Mesmo ao adaptar uma ontologia para fins práticos imediatos, a integridade e fidelidade à realidade devem ser preservadas, evitando comprometimentos que possam comprometer a qualidade global da representação ontológica.

- **Princípio da Atualização:**

- » Destaca que as ontologias devem ser projetadas para serem dinâmicas, passíveis de expansão, modificação e ajuste ao longo do tempo e à medida que avanços científicos ocorrem.

- » Projetar uma ontologia é apenas o início de um processo contínuo de manutenção, avaliação, atualização e correção, levando em consideração os avanços tanto no conhecimento científico quanto nas tecnologias lógicas e computacionais associadas às ontologias.

- » Esse princípio reflete a necessidade de uma abordagem adaptativa para garantir a relevância e precisão contínuas das ontologias à medida que o conhecimento evolui e novas descobertas são feitas.

- **Princípio da Facilidade (*Principle of Low-Hanging Fruit*):**

- » Sugere que começar com recursos do domínio mais fáceis de entender e definir é uma estratégia razoável para o desenvolvimento de projetos de ontologia.

- » Propõe uma abordagem gradual e acessível para garantir a compreensão e eficácia no desenvolvimento da ontologia.

» Essa abordagem visa construir uma base sólida e compreensível, começando com informações essenciais, mesmo que triviais, e aquelas que tenham um consenso de entendimento, para facilitar a construção da ontologia.

- **Princípio da Reutilização:**

» Advoga pelo reuso de recursos existentes desde os primeiros passos do projeto ontológico, destacando a importância de incorporar recursos já existentes para promover a interoperabilidade e evitar a criação de sistemas totalmente novos.

» Em vez de criar sistemas de representação totalmente novos a partir do zero, a reutilização de recursos já existentes é preconizada para promover eficiência e evitar a duplicação desnecessária de esforços.

» Este princípio reconhece que as ontologias servem para conectar diferentes fontes e disciplinas, e ignorar recursos já existentes dificilmente é a solução ideal para resolver o problema ontológico.

» Existem vários exemplos de recursos que podem ser reutilizados ao projetar ontologias, especialmente aqueles que são bem estabelecidos e amplamente aceitos na comunidade. Alguns exemplos incluem: Ontologias de fundamentação, de referência e de domínio; Glossários, terminologias, tesouros, taxonomias e vocabulários controlados; padrões e *schemas* de metadados; *Ontology Design Patterns*; Padrões e normas relacionados ao domínio de conhecimento.

Esses princípios fornecem uma base teórica abrangente para orientar o projeto de ontologias, considerando aspectos como fidelidade à realidade, flexibilidade diante de perspectivas diversas, revisão contínua, versionamento, representação adequada, reutilização eficiente, utilidade prática, atualização constante e abordagem acessível.

3.6 Princípios conceituais e terminológicos

A aquisição e organização de conhecimento de um domínio do conhecimento é uma tarefa complexa, que requer um cuidadoso planejamento e execução. Para garantir que o resultado desse processo seja um artefato ontológico de qualidade, é importante considerar uma série de princípios conceituais e terminológicos. Alguns destes princípios têm sua base na ciência da informação, e seus princípios terminológicos, taxonômicos e de definições (Almeida, 2020).

- **Princípios terminológicos:**

» São responsáveis por garantir a precisão e a consistência na utilização de termos em um domínio do conhecimento, buscando assegurar a coesão, clareza e consistência do artefato, evitando ambiguidades e mantendo fidelidade aos fatos da realidade. Eles incluem os seguintes aspectos:

- ◊ *Definição*: Cada termo deve ter uma definição clara e concisa, que estabeleça seu significado e distinga-o de outros termos.
- ◊ *Especificidade*: Os termos devem ser específicos o suficiente para serem distinguíveis entre si, mas não tão específicos a ponto de serem redundantes ou confusos.
- ◊ *Precisão*: Os termos devem ser precisos, evitando ambiguidades ou interpretações errôneas.
- ◊ *Objetividade*: As definições devem ser objetivas, evitando opiniões ou julgamentos pessoais.
- ◊ *Atualização*: As definições devem ser atualizadas periodicamente, para refletir as mudanças no significado dos termos.

- **Princípios taxonômicos**

» Orientam a organização hierárquica dos conceitos em uma ontologia, estabelecendo uma estrutura classificatória eficaz. Esses princípios incluem:

- ◊ *Rigor*: A estrutura taxonômica deve ser rigorosa, evitando ambiguidades ou interpretações errôneas.
- ◊ *Exaustividade*: A estrutura taxonômica deve ser exaustiva, incluindo todos os conceitos relevantes do domínio.
- ◊ *Semânticos*: A estrutura taxonômica deve ser semântica, refletindo as relações de significado entre os conceitos.
- ◊ *Consistente*: A estrutura taxonômica deve ser consistente, evitando contradições ou conflitos.

- **Princípios para definições:**

» As ontologias devem conter definições em linguagem natural para as pessoas, mas também em lógica para interpretação por máquinas. Essas definições devem ser:

- ◊ *Completas*: As definições devem incluir todas as informações necessárias para compreender o significado do termo.
- ◊ *Precisas*: As definições devem ser precisas, evitando ambiguidades ou interpretações errôneas.

◊ *Objetivas*: As definições devem ser objetivas, evitando opiniões ou julgamentos pessoais.

◊ *Atualização*: As definições devem ser atualizadas periodicamente, para refletir as mudanças no significado dos termos.

A seguir, no Quadro 1, sintetizamos alguns princípios práticos apresentados por Almeida (2020) que orientam o trabalho de construção de ontologias bem definidas, consistentes e estruturadas.

Quadro 1- Resumo dos princípios conceituais e terminológicos

Princípio	Descrição
Seleção de termos	<p>Incluir termos usados por grupos de cientistas ou profissionais influentes para representar universais;</p> <p>Buscar consenso de cientistas ou profissionais para o uso de termos, o que envolve a discussão entre grupos de especialistas;</p> <p>Identificar regiões de sobreposição interdisciplinar e verificar onde o uso dos termos não é consistente;</p> <p>Manter tanto quanto possível os termos usados por especialistas, fazendo uso de recursos existentes.</p>
Formatação de termos	<p>Usar substantivos singulares;</p> <p>Usar minúsculas para substantivos comuns;</p> <p>Evitar acrônimos;</p> <p>Associar cada termo a um identificador alfanumérico único;</p> <p>Garantir a univocidade dos termos;</p> <p>Garantir a univocidade das expressões de relacionamentos;</p> <p>Evitar substantivos incontáveis.</p>
Definições de termos	<p>Fornecer todos os termos com definições exceto o raiz;</p> <p>Usar definições no formato aristotélico;</p> <p>Usar características essenciais para definir termos;</p> <p>Iniciar pelos termos mais gerais do domínio;</p> <p>Evitar circularidade ao definir termos;</p> <p>Ao definir, usar termos mais simples que o termo sob definição;</p> <p>Evitar criar termos para universais por combinação lógica.</p>

Princípio	Descrição
Criação de taxonomias	Fundamentação ontológica: classificação por características; Estrutura: níveis, é um consistente e herança única; Disjunção: entidades no mesmo nível são disjuntas; Exaustividade: classificar tanto quanto possível do domínio; Rigor conceitual: não adotar termos ambíguos; Uniformidade: critérios de classificação consistentes; Clareza e precisão: não adotar termos ou categorias vagas; Meta-categorias: não adotar as que dependam de si mesmas.

Fonte: Da autora (2025), baseado nas tabelas 9.2, 9.3, 9.4 e 9.5 de Almeida (2020).

Ao seguir tais princípios, é possível construir ontologias que sejam precisas, consistentes e úteis para os usuários.

3.7 Princípios de definições aristotélicas

As definições das entidades são essenciais para as ontologias, pois fornecem uma compreensão clara e concisa do que significa cada entidade. As entidades ou conceitos que elas representam são designadas por termos. Os termos são usados para representar conceitos, e os conceitos podem ser designados de diversas formas, dependendo da língua. As definições são essenciais para a compreensão clara e concisa do significado dos termos (Almeida, 2020).

Neste guia, adota-se a seguinte convenção de conceitos:

- **Conceito** é uma ideia abstrata ou geral;
- **Termo** é uma palavra ou expressão que representa um conceito;
- **Definição** é uma declaração a respeito do significado de um conceito;
- **Definiendum** é o termo a ser definido;
- **Definiens** é a definição do termo.

Para Aristóteles, uma definição é como uma declaração de condições necessárias e suficientes para a existência de um objeto ou fenômeno. Para ele, uma definição deve ser universal, o que significa que deve se aplicar a todos os objetos ou fenômenos da categoria que está definindo.

Aristóteles identificou dois componentes essenciais para uma definição: o gênero e a diferença.

- **Gênero (Genus)** é a classe mais ampla à qual um objeto ou fenômeno pertence. Por exemplo, o gênero do *homo sapiens* é *animal*.

- **Diferença (*Differentia*)** é a característica que distingue um objeto ou fenômeno de outros objetos ou fenômenos da mesma classe. Por exemplo, a diferença do *homo sapiens* para outros animais é ser *bípede*.

De acordo com Aristóteles, no contexto da ontologia, uma definição é sempre dada por meio de uma superclasse próxima (o gênero) e da diferença específica (característica) que distingue a classe a ser definida de todas as outras classes da hierarquia (Farinelli; Souza, 2021).

A definição aristotélica é expressa na forma: $\alpha = \text{def. } \beta$

onde:

α é o objeto ou fenômeno a ser definido (*Definiendum*)

β é a combinação do gênero e da diferença de α (*Definiens*)

Por exemplo, a definição aristotélica de “*homem sapiens*” é:

homem sapiens = def. é um animal bípede

Nesta definição, o gênero é “animal” e a diferença é “bípede”.

Desta forma, as definições em ontologias devem seguir a estrutura de Gênero + Diferença na teoria da definição aristotélica que ainda se desdobram em um conjunto de princípios (Farinelli; Souza, 2021): princípio da herança única, princípio das condições necessárias e suficientes, princípio da não-circularidade, princípio da intangibilidade.

O **princípio de herança única** considera a definição a partir das características comuns entre os termos, cuja definição do termo anterior irá enriquecer a definição do posterior. A herança múltipla deve ser evitada para não gerar ambiguidades e problemas de entendimento. Assim, a definição origina em um ponto de partida na hierarquia – termo pai (gênero) em relação ao qual o termo filho (espécie) possa ser definido, utilizando-se para isso a relação “*é um (is a)*” para significar “é um subtipo de”.

Exemplo: *Árvore Frutífera = def. é uma árvore que dá frutos.*

De acordo com o **princípio de condições necessárias e suficientes** uma definição é de fato uma declaração de condições necessárias e suficientes. Resgatamos aqui o conceito das características essenciais e acidentais. Entende-se como uma condição necessária para uma entidade ocorrer, aquela condição que deve estar obrigatoriamente presente para que tal entidade ocorra (características essenciais). No caso da condição suficiente, é uma condição que quando presente pode indicar a ocorrência de uma entidade de um determinado tipo, mas nem sempre que ocorre uma entidade tal tipo, ela possui tal condição (características acidentais).

Assim, postula-se o seguinte:

- Se a condição a' é uma *condição necessária* para uma entidade ser considerada do tipo A, então, toda entidade que for do tipo A sempre terá a condição a' , e toda entidade que tem a condição a' é considerada uma entidade do tipo A.

» Exemplo: Se considerarmos o tipo A como “triângulos equiláteros”, a condição necessária seria “ter os três lados com medidas iguais”. Todas as entidades (triângulos) que possuem os três lados com medidas iguais são consideradas entidades do tipo A (triângulos equiláteros). Por outro lado, se um triângulo não possui os três lados com medidas iguais, ele não pode ser considerado um triângulo equilátero.

- Se a condição a' é uma condição suficiente para ser uma entidade do tipo A, sempre que uma entidade possui a condição a' implica que tal entidade é uma entidade do tipo A. Entretanto, o fato de uma entidade não possuir a condição a' não implica que ela não seja uma entidade do tipo A.

» Exemplo, a condição “ser bípede” é uma condição suficiente para ser um ser humano. No entanto, o fato de uma entidade não ser bípede não implica que ela não seja um ser humano. Um ser humano que perdeu as duas pernas ainda é um ser humano.

O **princípio da não circularidade**, postula que se deve evitar que a definição utilize seus próprios termos para definir a si mesma. Este princípio prevê que definições sejam escritas de forma compreensível a respeito de seu real significado. Uma definição circular usa o termo definido, ou um sinônimo próximo, na própria definição, tornando assim a definição pouco informativa. Definições circulares não fornecem nenhuma informação nova sobre o conceito que estão definindo, o que pode causar confusão e ambiguidade.

Exemplos de uma definição circular:

- 1. “mulher grávida” = *def.* é “Uma mulher que está grávida.”
- 2. “mulher grávida” => *def.* é “Uma mulher em gestação.”
- 3. “mulher não grávida” => *def.* é “Uma mulher que não está grávida.”

Nestes exemplos, foram utilizados os próprios termos para elaborar a definição textual e com isso não houve acréscimos de novas informações.

O **princípio da inteligibilidade**, postula que a definição deve usar termos inteligíveis, termos que sejam de fácil compreensão para que a definição possa ser compreendida por todos e não somente por especialistas de domínio. Na formulação da definição evita-se o uso de termos figurativos, termos incompreensíveis, intangíveis, códigos, jargão técnico ou informações que não esclarecem o significado. Exemplo de uma definição intangível:

“mulher grávida” => *def.* é “Uma mulher que fez o exame ou teste de gravidez (CID 10 - Z32) e seu resultado foi equivalente a Z32.1.”

Ao definir por meio do uso de um código da CID-10, a definição torna-se intangível à medida que o usuário não especialista desconhece esta codificação. Neste caso, somente o especialista em CID-10 poderá compreender a definição textual.

Ao seguir tais diretrizes, é possível garantir que as definições sejam únicas, precisas, objetivas e atemporais. A estrutura de gênero + diferença e os princípios aristotélicos são ferramentas valiosas para a criação de definições textuais claras, precisas e informativas. No contexto da criação de glossários de termos, a importância dessas diretrizes é ainda maior. Um glossário é um recurso fundamental para a comunicação e a compreensão de conceitos em uma determinada área de conhecimento. Já ao seguir as diretrizes aristotélicas, é possível garantir que o glossário seja preciso, informativo e útil para os usuários.

3.8 Ontologia como artefato fundamentada na disciplina filosófica

A utilização da ontologia como um artefato de organização e representação do conhecimento, segundo perspectiva fundamentada na ontologia como disciplina filosófica, condiz em aplicar os princípios filosóficos sobre a natureza do ser e da existência para a modelagem e estruturação do conhecimento. Nesse contexto, a ontologia não é apenas um instrumento prático, mas também reflete considerações filosóficas mais amplas sobre a natureza da realidade e do conhecimento (Almeida, 2020).

Alguns aspectos dessa abordagem incluem:

- Reflexão sobre a Natureza do Ser: A ontologia, enquanto disciplina filosófica, convida à reflexão profunda sobre o significado e a natureza do ser. Isso implica considerações sobre o que constitui a existência e as relações fundamentais entre entidades.
- Identidade e Características Essenciais: Examina a singularidade e as propriedades fundamentais que definem a identidade de uma entidade. Destaca as características essenciais que conferem identidade única, influenciando sua representação e compreensão ontológica.
- Identidade e Características Acidentais: Avalia atributos não essenciais que podem mudar sem alterar a identidade fundamental da entidade. Essa análise distingue entre atributos centrais e características circunstanciais, proporcionando uma visão mais abrangente da identidade ontológica.
- Existência no Tempo: Examina como as entidades perduram e evoluem ao longo do tempo. Considera a temporalidade como um fator crucial na compreensão da existência, reconhecendo mudanças e continuidade ao longo de períodos, permitindo estabelecer o ser como continuante ou ocorrente.

- **Dependência Existencial:** Avalia as inter-relações entre entidades, explorando como sua existência pode depender de outras. Essa análise destaca a interconectividade das entidades, revelando dependências que influenciam sua existência.
- **Materialidade:** Aborda a substancialidade das entidades, questionando sua natureza material ou imaterial. Essa consideração filosófica examina a base física ou conceitual das entidades, influenciando sua representação ontológica.
- **Universalidade:** Explora até que ponto as características de uma entidade são aplicáveis de maneira geral ou restrita. Analisa como certas características podem transcender contextos específicos, contribuindo para a compreensão sobre os conceitos de universais e particulares.

3.9 Reuso de Ontologias e o Método MIREOT

O **reuso de ontologias** é uma prática fundamental no desenvolvimento ontológico, pois permite a incorporação de conceitos e relações já estabelecidos em modelos existentes, garantindo interoperabilidade, consistência semântica e economia de tempo (Grüninger & Fox, 1995). A reutilização de ontologias reduz a redundância na modelagem do conhecimento e promove a padronização terminológica, facilitando a integração de sistemas e bases de dados heterogêneas (Smith *et al.*, 2005).

Há diferentes formas de reutilização de ontologias (Farinelli, 2017). A importação direta é um método comum, no qual uma ontologia externa é referenciada integralmente, tornando-se parte do modelo em desenvolvimento (Hastings, 2017). Outra abordagem consiste na cópia seletiva de elementos, onde apenas conceitos específicos são replicados no novo modelo, permitindo personalizações sem estabelecer dependência total da ontologia original (Mungall *et al.*, 2009).

A reutilização de ontologias é uma prática essencial para promover padronização terminológica e integração entre diferentes domínios. No entanto, a importação integral de ontologias externas pode gerar sobrecarga semântica, aumentando a complexidade do modelo e introduzindo dependências desnecessárias. Para aprimorar a reutilização sem comprometer a modularidade e a manutenção da ontologia, foi desenvolvido o método MIREOT (*Minimum Information to Reference an External Ontology Term*), que possibilita a importação seletiva de termos de ontologias externas, sem a necessidade de incorporar toda a estrutura ontológica associada (Courtot *et al.*, 2009). Criado no contexto do OBO Foundry, esse método permite a incorporação de termos específicos mantendo seus identificadores (*IRIs*) e definições, garantindo interoperabilidade e controle semântico no desenvolvimento ontológico.

O método O MIREOT baseia-se em três princípios fundamentais. O primeiro é a **importação controlada**, na qual apenas os conceitos essenciais são incorporados, evitando a inclusão de elementos irrelevantes para o novo modelo. O segundo princípio é a **preservação do identificador original**, garantindo que os termos importados mantenham seus *IRIs*, permitindo a rastreabilidade e evitando conflitos semânticos. O terceiro princípio refere-se à **redução de dependências externas**, evitando que a ontologia desenvolvida fique vinculada a atualizações e mudanças estruturais da ontologia original (Courtot *et al.*, 2009).

4. DESENVOLVENDO UMA ONTOLOGIA DE DOMÍNIO

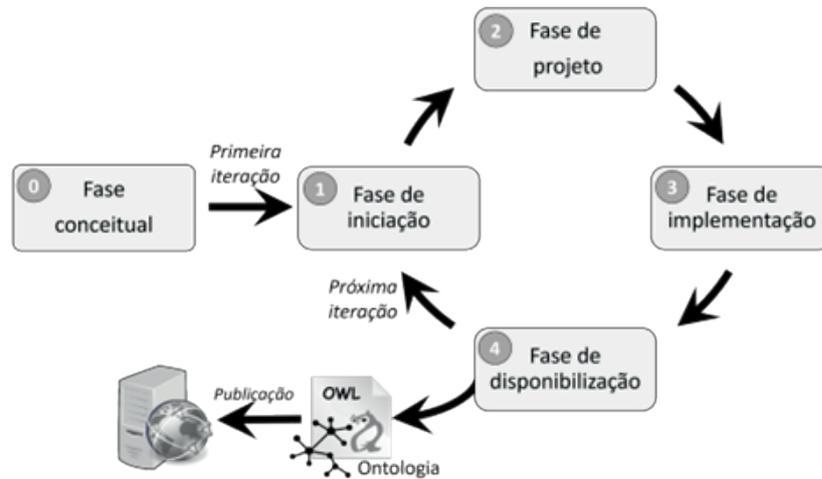
A criação de ontologias de domínio é uma tarefa complexa que requer tanto a compreensão do domínio quanto dos fundamentos da ontologia. Este capítulo apresenta um conjunto de etapas, técnicas, boas práticas e ferramentas para o desenvolvimento de ontologias de domínio OntONeo⁷, fundamentada na ontologia de alto nível *Basic Formal Ontology* (BFO)⁸. A estruturação da OntONeo, apresentada neste capítulo, foi baseada em uma metodologia chamada de ReBORM (*Realism-Based Ontology engineerRing Methodology* - em português Metodologia de Engenharia de Ontologias Baseada no Realismo) que combina a metodologia NeOn (Suárez-Figueroa, 2010) e a metodologia do realismo ontológico (Smith; Ceusters, 2010), promovendo coerência semântica e incorporando as melhores práticas da engenharia de ontologias. Enquanto a NeOn fornece um arcabouço de processos e atividades para a construção de ontologias bem documentadas e formalizadas, o realismo ontológico garante que a ontologia represente a realidade do domínio de forma precisa e consistente. Na prática, a metodologia ReBORM combina os cinco passos da metodologia do realismo ontológico com os cenários e atividades da metodologia NeOn. Além da combinação dessas metodologias, o desenvolvimento da OntONeo também seguiu orientações da iniciativa OBO Foundry (Smith *et al.*, 2007) e da diretriz GoodOD (Schulz *et al.*, 2012).

O desenvolvimento de uma ontologia de domínio adere a um ciclo de vida iterativo-incremental conforme previsto em ambas as metodologias mencionadas. A abordagem incremental oferece a vantagem de alinhar-se com a premissa de falibilismo no desenvolvimento de ontologias. O fluxo de trabalho segue cinco fases principais (Figura 11): conceitual, iniciação, projeto, implementação e disponibilização. A fase 0 marca o início do desenvolvimento da ontologia o resultado desta fase orienta as demais fases, 1 a 4, que fazem parte do ciclo de vida iterativo-incremental, ocorrendo em cada iteração do desenvolvimento.

7 A Ontologia Obstétrica e Neonatal é um vocabulário controlado e estruturado para fornecer uma representação dos dados provenientes dos registros eletrônicos de saúde (EHRs) envolvidos no cuidado da mulher grávida e de seu bebê. O site do Projeto OntONeo está disponível em: <https://ontoneo.com/>. Acesso em: 23 nov. 2023.

8 Acesse o site oficial da BFO para conhecer mais detalhes sobre este projeto. O site oficial com toda documentação sobre esta ontologia está disponível em: <https://basic-formal-ontology.org/>. Acesso em: 23 nov. 2023.

Figura 11- Fases da metodologia ReBORM.



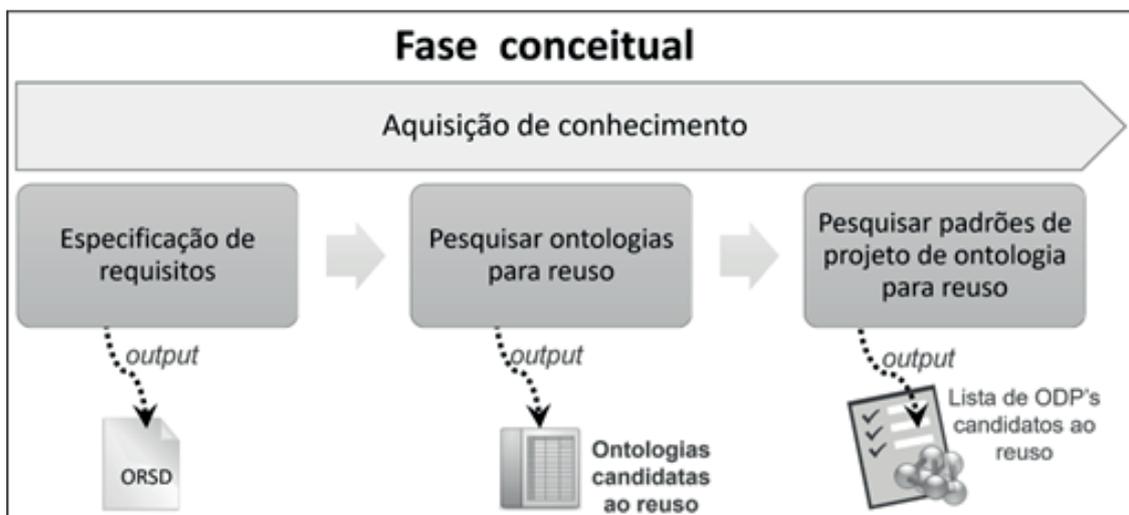
Fonte: Farinelli (2020, Figura 11.1).

Esse processo iterativo permite refinamentos contínuos à medida que a ontologia evolui, promovendo uma construção mais precisa e adaptada ao domínio em questão. As próximas subseções descrevem cada uma das cinco fases em detalhes.

4.1 Fase de conceituação

A fase conceitual visa identificar o propósito da ontologia, o conjunto de requisitos que deve satisfazer e as questões de competência utilizadas para validá-la. Ao final dessa fase, é esperado o documento de especificação de requisitos da ontologia, conforme modelo apresentado no Apêndice 3. As atividades realizadas nessa fase são ilustradas na Figura 12 e explicadas a seguir.

Figura 12- Esquema sintético da fase conceitual da ReBORM.



Fonte: Farinelli (2020, Figura 11.2).

4.1.1 Aquisição de conhecimento

A aquisição do conhecimento é uma atividade realizada durante todo o processo de construção da ontologia, pois é necessária para a compreensão, a definição e a representação correta desse domínio. É nessa etapa que os seus desenvolvedores coletam, de várias fontes de informação, o conhecimento do domínio que a ontologia deve representar. Essas fontes podem ser documentais (livros didáticos, documentos, relatórios, artigos científicos etc.) ou especialistas do domínio (entrevistas, observação, grupos de discussão etc.).

As técnicas de aquisição de conhecimento referem-se aos métodos e abordagens utilizados para obter informações e compreender o conhecimento relevante em um determinado domínio. Algumas técnicas comuns de aquisição de conhecimento incluem:

- **Revisão de Literatura:** Exploração sistemática de livros didáticos, trabalhos acadêmicos, artigos científicos e outras fontes literárias para obter uma visão abrangente e atualizada do conhecimento existente no domínio.
- **Análise de Documentos:** Revisão e análise de documentos relevantes, como normativos, protocolos, padrões, relatórios, artigos, manuais, e outros materiais que contenham informações valiosas sobre o domínio em questão.
- **Entrevistas:** Realização de conversas diretas com especialistas, *stakeholders* ou indivíduos com conhecimento profundo no domínio, visando coletar informações específicas e *insights* relevantes.
- **Grupos de Discussão:** Envolvem a reunião de um conjunto de participantes que representam diferentes pontos de vista ou expertise em um determinado domínio. Durante a discussão em grupo, os participantes compartilham suas experiências, opiniões e conhecimentos, permitindo a coleta de informações mais abrangentes e a identificação de nuances no domínio em questão.
- **Grupos Focais:** Semelhantes aos Grupos de Discussão, os Grupos Focais reúnem participantes com experiência relevante no domínio, mas com um foco mais específico. Esses grupos são conduzidos por um facilitador que guia a discussão, permitindo aprofundamento em áreas de interesse específicas.
- **Brainstorms:** São sessões criativas destinadas a gerar uma ampla variedade de ideias em um curto período. Os participantes são encorajados a expressar livremente suas ideias, sem críticas iniciais, promovendo a criatividade e a geração de soluções inovadoras para desafios específicos no domínio.
- **Observações:** Observação direta de atividades, processos ou fenômenos no contexto do domínio, proporcionando uma compreensão prática e detalhada.
- **Questionários e Pesquisas:** Elaboração e distribuição de questionários estruturados para coletar dados quantitativos ou qualitativos sobre o domínio, suas características e requisitos.

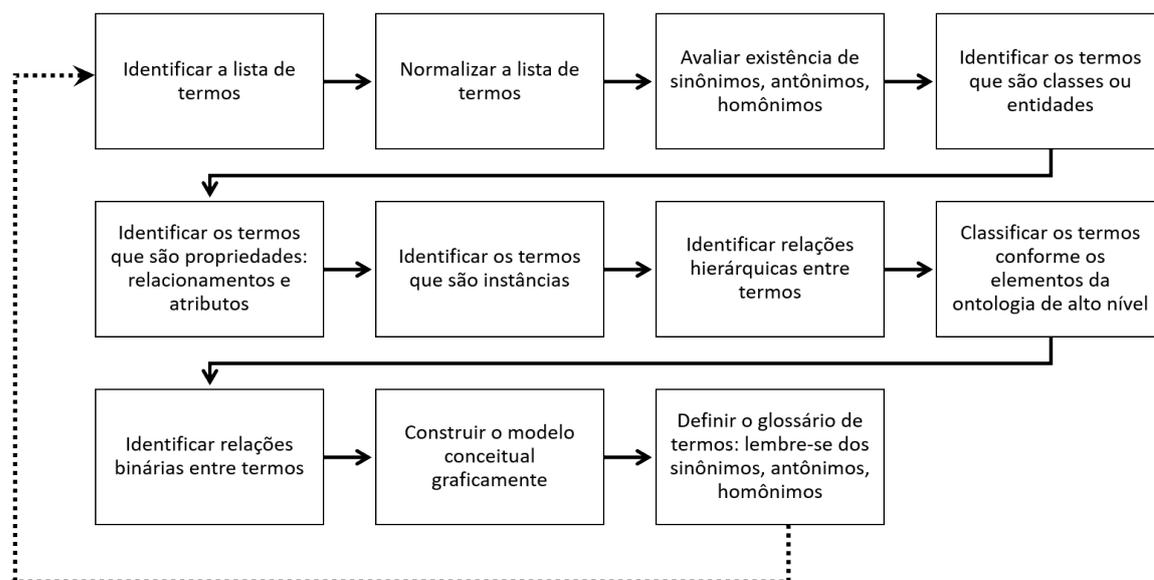
- **Mineração de Dados:** Utilização de técnicas computacionais para analisar grandes conjuntos de dados e extrair padrões, tendências ou relações relevantes para o domínio.

A escolha das técnicas de aquisição de conhecimento dependerá das características específicas do domínio, dos objetivos do projeto e da disponibilidade de recursos. Muitas vezes, uma abordagem combinada que integra várias dessas técnicas é adotada para obter uma compreensão holística e completa do conhecimento necessário para o desenvolvimento de ontologias e outros projetos relacionados. É importante escolher a técnica de aquisição de conhecimento mais adequada para garantir que o conhecimento coletado seja preciso e abrangente.

4.1.2 Especificação de requisitos

A atividade “especificação de requisitos” da ontologia busca definir por que a ontologia está sendo construída, seus usos pretendidos, usuários finais e os requisitos a serem atendidos. Nessa atividade é elaborado o documento de levantamento dos seus requisitos conforme apresentado no Apêndice 3. As tarefas envolvidas no preenchimento do documento de levantamento de requisitos da ontologia são as seguintes (Figura 13):

Figura 13- Tarefas para especificação de requisitos da ontologia.



Fonte: Da autora (2025).

Ao definir os requisitos funcionais que a ontologia deve atender, é necessário **identificar um conjunto de questões de competência**. Essas questões são perguntas usadas para validar uma ontologia, garantindo que ela represente o conhecimento do domínio de forma precisa e completa. Além de contribuírem para a validação, as questões de competência também auxiliam na identificação e no mapeamento do conhecimento que a ontologia deve representar. Essenciais para a definição dos limites e do escopo da ontologia, elas direcionam seu desenvolvimento de maneira focada e eficaz. A elaboração das questões de competência deve ser realizada em colaboração com especialistas do domínio e usuários da ontologia. Essa abordagem colaborativa é fundamental para garantir que as perguntas sejam relevantes, precisas e alinhadas com as necessidades reais do domínio. Aqui estão algumas dicas para criar questões de competência eficazes:

Certifique-se de que as questões sejam claras e concisas. As questões devem ser fáceis de entender e responder. Assim como suas respostas, elas devem ser elaboradas de forma clara e concisa, sem ambiguidades. Exemplo de questão de competência clara e concisa e sua resposta:

- *Questão:* O que é um carro?
- *Resposta:* Um carro é um veículo motorizado com quatro rodas, destinado ao transporte de pessoas ou mercadorias.

Para garantir que suas questões de competência sejam claras e concisas:

- Evite usar linguagem técnica, regionalismos ou jargões;
- Use frases simples e diretas;
- Evite usar perguntas abertas ou subjetivas;
- Certifique-se de que as respostas às perguntas sejam fáceis de identificar.

Certifique-se de que as questões sejam relevantes para o domínio. As questões devem estar relacionadas ao conhecimento que a ontologia deve representar. Elas devem abranger todos os aspectos essenciais do domínio. Exemplo de questão de competência relevantes para o domínio:

- *Questão:* Quais são as partes de um veículo motorizado?
- *Resposta:* As partes de um veículo motorizado incluem: motor, transmissão, embreagem, freios, direção, suspensão e rodas.

Esse exemplo envolve um aspecto essencial do domínio, que são as partes de um veículo motorizado. Para garantir que suas questões de competência sejam relevantes para o domínio:

- Avalie se a questão aborda um aspecto essencial do domínio;
- Considere os objetivos, propósito e escopo da ontologia inicialmente discutidos;
- Avalie as questões para garantir que estejam relacionadas ao conhecimento que a ontologia deve representar;
- Evite perguntas cujas respostas possam extrapolar o domínio e o escopo da ontologia;
- Certifique-se de que as respostas às perguntas sejam precisas e completas.

Certifique-se de que as questões sejam abrangentes. As questões devem ser suficientes para validar a ontologia. Elas devem abranger uma gama de conceitos e relações do domínio. Exemplo de questão de competência abrangente:

- *Questão:* Quais são os tipos de carros?
- *Resposta:* Os tipos de carros incluem carros de passeio, carros esportivos, carros de luxo, carros utilitários esportivos (SUVs), minivans, caminhões e ônibus.

Esse exemplo é abrangente para o domínio, pois envolve uma gama de conceitos importantes. Para garantir que suas questões de competência sejam relevantes para o domínio:

- Avalie se as questões cobrem os conceitos e relações importantes do domínio;
- Verifique se as questões são complexas o suficiente para testar os limites da ontologia;
- Verifique se as questões são abrangentes e não se concentram em apenas um aspecto do domínio, no segundo caso, busque questões relacionadas aos demais aspectos do domínio;
- Considere incluir questões que abordam aspectos de definição, de relacionamentos, de terminologias e de aplicações práticas:
 - » *Questões de terminologia:* Essas questões testam o entendimento do usuário da terminologia específica do domínio. Por exemplo, uma questão de terminologia sobre o domínio de carros e veículos motorizados pode perguntar: “Qual é a diferença entre um carro e um veículo motorizado?” ou “O que significa o termo SUV?”
 - » *Questões de definição/conceitos:* Essas questões testam o entendimento do usuário a respeito dos conceitos importantes do domínio. Por exemplo, uma questão de conceito sobre o domínio de carros e veículos motorizados pode perguntar: “Quais são as partes principais de um carro?” ou “Como funciona um carro?”
 - » *Questões de relações:* Essas questões testam o entendimento do usuário das relações entre os conceitos do domínio. Por exemplo, uma questão de relação sobre o domínio de carros e veículos motorizados pode perguntar: “Qual é a relação entre um carro e seu motor?” ou “Como o tipo de transmissão de um carro afeta seu consumo de combustível?” ou “Um carro tem um motor?”
 - » *Questões de aplicações práticas:* Essas questões testam a capacidade do usuário de aplicar o conhecimento do domínio em situações do mundo real. Por exemplo, uma questão de aplicação prática sobre o domínio de carros e veículos motorizados pode perguntar: “Quando é necessário realizar a manutenção de um carro?”.

4.1.3 Pesquisar artefatos para reuso

Essa atividade visa identificar artefatos existentes que podem ser reutilizados na construção da ontologia em desenvolvimento. Tais artefatos podem ser de diferentes tipos, como: glossários, terminologias, taxonomias, tesouros, vocabulários controlados e ontologias já existentes que atendam aos seus requisitos ou parte dos requisitos. Ainda podemos verificar a existência de padrões de projeto disponíveis que podem ser úteis para a ontologia em desenvolvimento. A pesquisa de artefatos para reuso pode ser realizada por meio de diferentes fontes, como: repositórios de ontologias, buscadores, publicações científicas, sites governamentais e não governamentais etc. Alguns recursos úteis são listados a seguir e, outros, apresentados no Apêndice 6.

TemaTres⁹ é um servidor de vocabulário de código aberto que gerencia e explora vocabulários, tesouros, taxonomias e representações formais do conhecimento.

AberOWL¹⁰: é um repositório de ontologias e um mecanismo de busca semântica que fornece acesso a ontologias de domínios abertos.

Linked Open Vocabularies (LOV)¹¹: o LOV é um repositório de ontologias que são publicadas sob licenças abertas, como a licença CC-BY 4.0.

Biportal¹²: é um repositório de ontologias e terminologias biomédicas no qual pesquisadores podem acessar, compartilhar e colaborar em ontologias.

Ontobee¹³: repositório e buscador de dados vinculados padrão para a maioria das ontologias da biblioteca *OBO Foundry*.

DBpedia Lookup¹⁴: inclui um grande número de ontologias que representam o conhecimento capturado na Wikipedia.

prefix.cc¹⁵: ferramenta de busca para consultar prefixos e *namespace* para desenvolvedores de RDF.

9 Disponível em: <https://vocabularyserver.com/web/>. Acesso: 23 nov. 2023.

10 Disponível em: <http://aber-owl.net/#/>. Acesso: 23 nov. 2023.

11 Disponível em: <https://lov.linkeddata.es/dataset/lov/>. Acesso: 23 nov. 2023.

12 Disponível em: <https://bioportal.bioontology.org/>. Acesso: 23 nov. 2023.

13 Disponível em: <https://ontobee.org/>. Acesso: 23 nov. 2023.

14 Disponível em: <https://lookup.dbpedia.org/index.html>. Acesso: 23 nov. 2023.

15 Disponível em: <http://prefix.cc/>. Acesso: 23 nov. 2023.

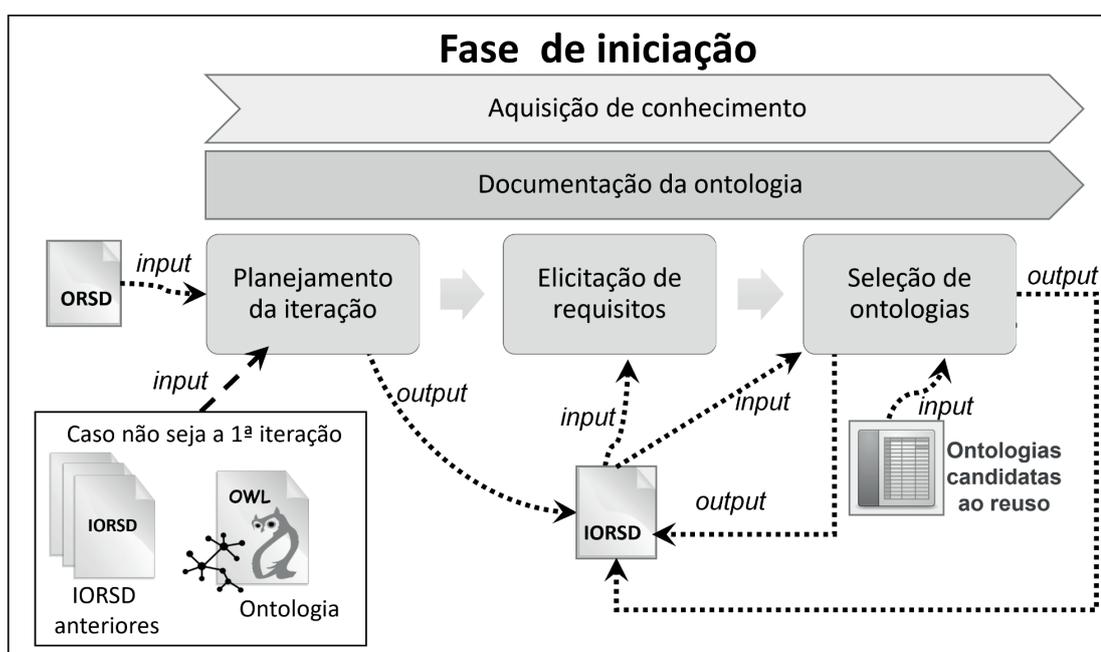
*Ontology Lookup Service (OLS)*¹⁶: é um repositório de ontologias biomédicas com o objetivo fornecer um ponto único de acesso às versões mais recentes das ontologias.

ONKI¹⁷: contém ontologias finlandesas e internacionais, vocabulários e tesouros necessários para publicar seu conteúdo de maneira eficiente na Web Semântica.

4.2 Fase de Iniciação

A fase de iniciação em um projeto de ontologia visa estabelecer o escopo da iteração e refinar os requisitos que a iteração vai abranger. As atividades da fase de iniciação, organizadas na Figura 14, são as seguintes: Aquisição de conhecimento, Documentação da ontologia, Planejamento da iteração, Elicitação de requisitos e Seleção de ontologia de alto nível. A atividade de *aquisição de conhecimento* já foi descrita anteriormente.

Figura 14- Esquema sintético da fase de iniciação da ReBORM.



Fonte: Farinelli (2020, Figura 11.4).

4.2.1 Documentação da ontologia

Essa é uma atividade de suporte que acontece durante todo o desenvolvimento de ontologia. Ela visa gerar qualquer documentação valiosa para entender a própria ontologia e as decisões tomadas durante o seu desenvolvimento. Não existe um padrão de documentação a seguir nessa atividade, e pode ser feita de diversas

16 Disponível em: <https://www.ebi.ac.uk/ols4>. Acesso: 23 nov. 2023.

17 Disponível em: <https://onki.fi/en/>. Acesso: 23 nov. 2023.

formas, dependendo das necessidades do projeto e das preferências da equipe de desenvolvimento. Algumas estratégias de documentação são:

Uso das anotações no nível da ontologia e dos elementos da ontologia: as anotações podem ser usadas para fornecer informações adicionais sobre a ontologia, como definições, exemplos e restrições. Verifique a lista de metadados e anotações que você definiu no item 10 do seu documento de especificação de arquitetura.

Criação (e manutenção) de uma página web do projeto ou um repositório local compartilhado com a equipe do projeto: uma página web ou um repositório local podem ser usados para armazenar a documentação da ontologia e torná-la acessível a todos os envolvidos no projeto. Tal estratégia proporciona um espaço centralizado para documentação, informações sobre o projeto, recursos relacionados e colaboração entre os membros da equipe.

Criação do repositório de desenvolvimento do projeto utilizando a plataforma Git e Github¹⁸: esse repositório de desenvolvimento do projeto pode ser usado para armazenar a documentação da ontologia, juntamente com o seu código-fonte. O uso de repositórios facilita o controle de versão, colaboração distribuída e rastreamento de alterações no código-fonte, documentação e outros artefatos do projeto.

4.2.2 Planejamento da iteração

No ciclo de vida iterativo-incremental de desenvolvimento de uma ontologia, é altamente recomendável realizar uma atividade de planejamento no início de cada iteração. Nessa atividade, o ontologista (ou a equipe) determina os requisitos que serão trabalhados durante a iteração. Para realizar esse planejamento, é importante partir dos documentos de especificação de requisitos e de especificação de arquitetura elaborados na fase anterior.

Adotando as diretrizes do realismo ontológico, o desenvolvimento da ontologia se inicia pelas entidades mais comuns e suas relações, progredindo, posteriormente, para as entidades mais complexas.

Para guiar a execução completa da iteração e facilitar a compreensão por parte da comunidade, as decisões sobre o escopo da iteração são registradas em um Documento de Planejamento e Especificação da Iteração (IORS). Esse documento segue o mesmo modelo utilizado para a especificação de requisitos da ontologia, entretanto, com um escopo reduzido e específico para cada iteração, conforme modelo apresentado no Apêndice 5. Dessa forma, cada iteração possui seu próprio documento de especificação de requisitos. Nessa atividade são preenchidas as informações sobre o escopo, limitações e fronteiras de representação da iteração. Resgata-se, ainda, do documento da fase conceitual, a relação de questões de competência e, também, a lista prévia de termos gerais relacionados ao escopo da iteração.

18 GitHub: plataforma de desenvolvimento colaborativo baseada em web que utiliza o sistema de controle de versão Git.

Caso não seja a primeira iteração, a ontologia (incremento) construída até o momento deve ser considerada no planejamento, pois poderá sofrer alguma manutenção nos termos já representados. Assim, esse documento deve considerar as alterações que são necessárias nos incrementos de ontologias previamente construídos.

4.2.3 Elicitação de requisitos

A elicitação de requisitos visa não apenas adquirir informações, mas também aprofundar a compreensão do domínio da ontologia, detalhar os requisitos e coletar informações para representação e definição do seu domínio. A elicitação de requisitos é concebida com a ajuda da atividade de aquisição de conhecimento, porém focada em um tópico específico, visando seu detalhamento.

Os participantes típicos da elicitação de requisitos de ontologia incluem:

- Ontologistas: são responsáveis por desenvolver a ontologia;
- Usuários: são as pessoas que usarão a ontologia;
- Especialistas do domínio: são pessoas que têm conhecimento especializado no domínio da ontologia;
- *Stakeholders*: são as pessoas ou organizações que têm um interesse na ontologia.

Aqui estão algumas dicas que podem ser úteis ao realizar essa atividade:

- Liste e identifique os usuários, *stakeholders* e especialistas do domínio que possuem conhecimento valioso sobre o domínio da ontologia;
- Compreenda qual é o propósito específico dessa iteração da ontologia;
- Realize pesquisas para revisar literatura e documentos relacionados ao domínio da ontologia;
- Análise documentos existentes, como requisitos anteriores, documentação da ontologia e outros artefatos relacionados;
- Identifique casos de uso específicos e histórias de usuários que ajudem a entender como a ontologia será utilizada;
- Use uma variedade de técnicas de elicitação de requisitos para coletar informações de diferentes fontes;
- Durante a elicitação, compile uma lista de termos essenciais relacionados ao escopo da iteração;
- Elabore enunciados que descrevam ou definam os termos da lista;

- Após a coleta de requisitos, valide as informações com os *stakeholders* relevantes;
- Garanta que a equipe e os colaboradores compartilhem uma compreensão comum.

Para conduzir essa atividade, sugerimos a extensão de técnicas de aquisição de conhecimento listadas a seguir, entre outras.

- Entrevistas: conversas com especialistas ou usuários para coletar informações detalhadas sobre o domínio e as necessidades;
- *Brainstorming* com os usuários e *stakeholders* para identificar as necessidades e definir termo;
- JAD (*Joint Application Design*): sessões colaborativas para discutir e elaborar requisitos;
- Análise de Documentos: exame de documentos relevantes para extrair informações;
- Questionários: os questionários são uma forma eficaz de coletar informações de um grande número de usuários ou *stakeholders*;
- Escreva histórias de usuários: essas histórias são uma técnica usada para capturar as necessidades dos usuários, pois descrevem uma tarefa que ele deseja realizar. As histórias de usuários podem ser usadas para identificar os conceitos e relações importantes do domínio ao qual a ontologia se aplica e ajuda a identificar as informações que os usuários precisam para realizar suas tarefas. Por exemplo: Uma história de usuário que descreve uma tarefa de “criar um novo produto” pode identificar os conceitos de “produto”, “nome”, “descrição” e “categoria”; uma história de usuário que descreve uma tarefa de “buscar um produto” pode identificar a necessidade de informações como “nome”, “descrição” e “preço”;
- Em alguns casos, a observação direta das atividades no domínio pode fornecer informações valiosas.

Todos os resultados obtidos são registrados no documento de Especificação de Requisitos da Iteração da Ontologia.

4.2.4 Seleção da ontologia de alto nível

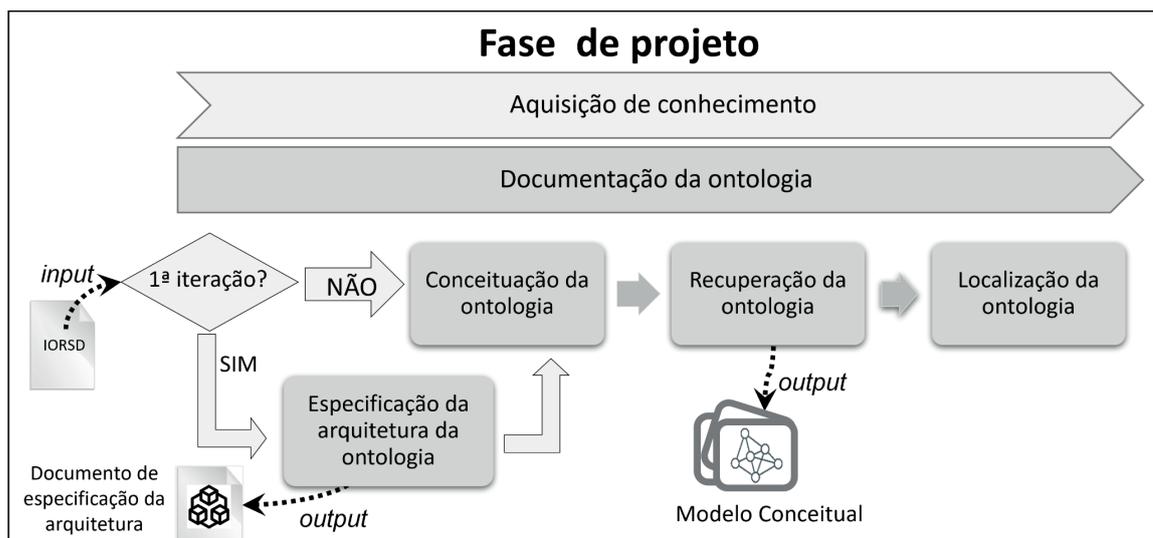
Essa atividade é responsável por selecionar a ontologia de alto nível que será usada como base para a que está em desenvolvimento. A recomendação de reutilizar, sempre que possível, entidades de ontologias criadas sob a mesma ontologia de nível superior é importante para garantir a sua consistência. As ontologias criadas sob a mesma de nível superior compartilham o vocabulário básico e, portanto, são mais propensas a ser consistentes entre si.

Nessa atividade, recuperamos o arquivo da ontologia de alto nível que vamos utilizar, geralmente no formato OWL¹⁹ (*Ontology Web Language*) ou RDF²⁰ (*Resource Description Framework*). Para este guia orientamos o uso da Basic Formal Ontology (BFO), a versão 2 está disponível em inglês²¹ e português²². BFO é uma das ontologias de alto nível mais bem-sucedidas, é baseada no realismo ontológico e, recentemente, a Organização Internacional de Padrões (ISO - International Organization for Standardization) classificou a BFO 2020 como o padrão internacional de ontologia de alto nível sob a ISO/IEC: 21838-2. Detalhes sobre a BFO 2.0 são descritos no Apêndice 2.

4.3 Fase de Projeto

Na fase de projeto o foco está na elaboração detalhada das especificações para a implementação dos requisitos de ontologia. Essa etapa busca realizar a sua arquitetura, preparar o ambiente de desenvolvimento, preparar as estruturas para reuso e elaborar o modelo conceitual associado aos requisitos previamente obtidos. A Figura 15 ilustra o fluxo de atividades dessa fase.

Figura 15- Esquema sintético da fase de projeto da ReBORM.



Fonte: Farinelli (2020, Figura 11.5).

O fluxo de trabalho dessa fase envolve atividades como a especificação da arquitetura de ontologia, a conceituação da ontologia, a recuperação de ontologia e a localização do recurso.

19 A OWL é uma linguagem de representação de ontologias desenvolvida como parte do conjunto de padrões do *World Wide Web Consortium* (W3C) para apoiar a criação e compartilhamento de ontologias semânticas.

20 O RDF é uma linguagem e um *framework* para representar informações na forma de triplas (sujeito-predicado-objeto). Desenvolvido como um padrão do W3C, permite a descrição e a interconexão de recursos na internet.

21 Disponível em: <https://github.com/bfo-ontology/BFO/wiki>. Acesso em: 24 nov. 2023.

22 Disponível em: <https://mba.eci.ufmg.br/legal/bfo-pt/>. Acesso em: 24 nov. 2023.

4.3.1 Especificação da arquitetura de ontologia

Essa atividade visa definir os elementos arquitetônicos fundamentais para o desenvolvimento da ontologia, como: a ontologia de alto nível, o *namespace* e a url/uri base, idiomas padrão, linguagem de codificação e licenciamento, entre outras informações. Esses elementos, considerados requisitos não funcionais, moldam a estrutura e o ambiente de desenvolvimento da ontologia. Eles não determinam o que ela faz, mas como será construída. Um documento proposto para registrar essa especificação está disponível no Apêndice 4.

O Documento de Especificação da Arquitetura da Ontologia estabelece diretrizes para a estruturação, desenvolvimento e manutenção da ontologia, assegurando a consistência do modelo. Inicialmente, define-se o **nome da ontologia**, o qual deve ser único e representar adequadamente o domínio de conhecimento que será modelado. Em seguida, identifica-se a **ontologia de alto nível para extensão**, ou seja, se se baseia em um modelo ontológico genérico ou não.

A ontologia deve possuir um **espaço de nomes (*namespace*)**, que inclui o ***namespace geral***, utilizado para garantir a unicidade dos identificadores dentro da web semântica, e o **prefixo ou ID**, um identificador curto empregado para referenciar a ontologia. Além disso, são especificados o **IRI da ontologia**, que representa seu identificador persistente, o **PURL padrão (base)**, utilizado para assegurar um endereço permanente para acesso ao modelo ontológico, e o **IRI de versionamento**, que permite distinguir diferentes versões da ontologia. Também é necessário definir o **identificador local dos elementos**, garantindo a atribuição de identificadores únicos para as entidades modeladas.

O documento também deve conter o **site do projeto da ontologia**, onde são centralizadas informações sobre o desenvolvimento e manutenção do modelo. Para garantir controle e rastreabilidade de alterações, é necessário utilizar sistemas de **controle de versão**, os quais incluem um **repositório de desenvolvimento**, que armazena as versões e atualizações da ontologia, e um **rastreamento de solicitações (*tracker*)**, que possibilita o monitoramento de mudanças, identificação de falhas e registro de sugestões de aprimoramento.

As **ferramentas de desenvolvimento** empregadas no processo de modelagem devem ser documentadas, incluindo softwares específicos como Protégé, Ontofox, Ontobee, entre outros, que permitem a edição, verificação e validação da ontologia. A ontologia deve ser desenvolvida em uma **linguagem de codificação** padronizada, como OWL (Web Ontology Language) ou RDF/XML, garantindo sua compatibilidade com padrões internacionais e sua integração com outras ontologias e sistemas semânticos.

O documento também define o **idioma padrão** para os elementos criados na ontologia, assegurando a uniformidade linguística no modelo. Caso a ontologia reutilize conceitos de outros modelos ontológicos ou seja multilíngue, deve ser indicado o **idioma alternativo** para os elementos importados, garantindo adequação terminológica ao contexto em que a ontologia será aplicada.

A **licença** sob a qual a ontologia será disponibilizada deve ser claramente definida, estabelecendo os termos de uso, modificação e redistribuição. Licenças como CC-BY (*Creative Commons Attribution*), ODC-BY (*Open Data Commons Attribution License*) ou outra específica. Além disso, deve ser estabelecida uma **política de versionamento**

da ontologia, a qual pode seguir o modelo *Semantic Versioning* (SemVer), permitindo um controle rigoroso das modificações e a rastreabilidade das versões publicadas. Pode incluir estratégias como versionamento semântico (*major.minor.patch*), regras para atualizações e compatibilidade com versões anteriores.

A **documentação mínima da ontologia (anotações)** deve incluir informações essenciais sobre cada elemento, tais como nome do desenvolvedor, data de criação, rótulos em diferentes idiomas e a origem dos conceitos reutilizados, seguindo padrões como Dublin Core, SKOS ou outros metadados relevantes. Por fim, a seção de **informações adicionais** pode apresentar diretrizes complementares, como adoção de padrões internacionais, modularização da ontologia, princípios de interoperabilidade e estratégias para facilitar a reutilização do modelo em diferentes contextos.

4.3.2 Recuperação da ontologia

A atividade de recuperação da ontologia tem como objetivo reunir recursos ontológicos reutilizáveis disponíveis, preparando as ontologias potencialmente reutilizáveis para sua importação durante a fase de implementação. Para garantir a consistência da ontologia, a recomendação é reutilizar, sempre que possível, entidades de ontologias criadas sob a mesma ontologia de alto superior. Essa recuperação pode seguir duas abordagens diferentes:

- **Recuperação da ontologia inteira:** nessa abordagem, a ontologia inteira é recuperada e importada para o novo projeto. Essa abordagem é simples e direta, mas pode ser ineficiente se a ontologia for grande ou se apenas uma parte dela for necessária.
- **Recuperação de parte da ontologia:** nessa abordagem, apenas a parte da ontologia que é necessária é recuperada. Essa abordagem é mais eficiente do que a recuperação da ontologia inteira, mas pode ser mais complexa e exigir mais esforço de documentação, devendo estar em acordo com as diretrizes MIREOT²³ e utilizar a ferramenta Ontofox²⁴.

4.3.2.1 Preparação dos recursos para reuso

Na atividade de recuperação da ontologia, os recursos também são avaliados e preparados para serem reutilizados. Essa é uma tarefa opcional na fase de projeto, pois depende da existência de recursos prévios. Os recursos candidatos ao reuso podem ser glossários, terminologias, taxonomias, tesouros, vocabulários controlados e ontologias já existentes que atendam aos requisitos ou parte dos requisitos da ontologia em desenvolvimento. A preparação das estruturas pode variar conforme o recurso em reuso. As tarefas gerais envolvidas nessa preparação são as seguintes:

23 MIREOT (*Minimum Information to Reference an External Ontology Term*) é uma abordagem e um conjunto de diretrizes para recuperar partes específicas de uma ontologia (termos ou axiomas) e incorporá-las em uma nova ontologia (Courtot *et al.*, 2011).

24 Ferramenta projetada para apoiar a abordagem MIREOT e facilitar a extração seletiva de termos ontológicos específicos de ontologias existentes. Disponível em: <https://ontofox.hegroup.org/>. Acesso: 23 nov. 2023.

- **Avaliação da adequação:** os recursos são avaliados para determinar se são adequados para as necessidades do projeto. Os critérios de avaliação da adequação incluem:

- » *Abrangência:* o recurso abrange o domínio da ontologia em desenvolvimento?

- » *Precisão:* o recurso é preciso e atualizado?

- » *Coerência:* o recurso é coerente com outros recursos do domínio?

- **Adaptação do recurso:** se os recursos forem considerados adequados, eles podem precisar ser adaptados para atender às necessidades do projeto. A adaptação pode incluir as seguintes tarefas:

- » *Renomeação de termos:* os termos dos recursos podem precisar ser renomeados para garantir a consistência em relação aos termos usados na ontologia em desenvolvimento.

- » *Adição de novos conceitos e relacionamentos:* os recursos podem precisar ser expandidos para incluir novos conceitos e relacionamentos que são relevantes para o domínio da ontologia em desenvolvimento.

- » *Remoção de conceitos e relacionamentos:* os recursos podem precisar ser reduzidos para remover conceitos e relacionamentos que não são relevantes para o domínio da ontologia em desenvolvimento.

- **Documentação:** os recursos adaptados devem ser documentados para facilitar sua reutilização. A documentação deve incluir as seguintes informações:

- » *Descrição do recurso:* uma descrição do conteúdo e da estrutura do recurso.

- » *CrITÉRIOS de avaliação:* os critérios que foram usados para avaliar a adequação do recurso.

- » *Mudanças realizadas:* uma descrição das mudanças que foram feitas no recurso para adaptá-lo para a reutilização.

4.3.3 Localização do recurso

A atividade de localização de recursos consiste em converter o recurso que está sendo reutilizado da língua e cultura naturais originais para outra que o novo projeto necessita. É uma atividade opcional, pois pode não haver necessidade de qualquer adaptação. A localização de recursos pode envolver as seguintes atividades:

- *Tradução:* os termos e expressões do recurso devem ser traduzidos para a nova língua.

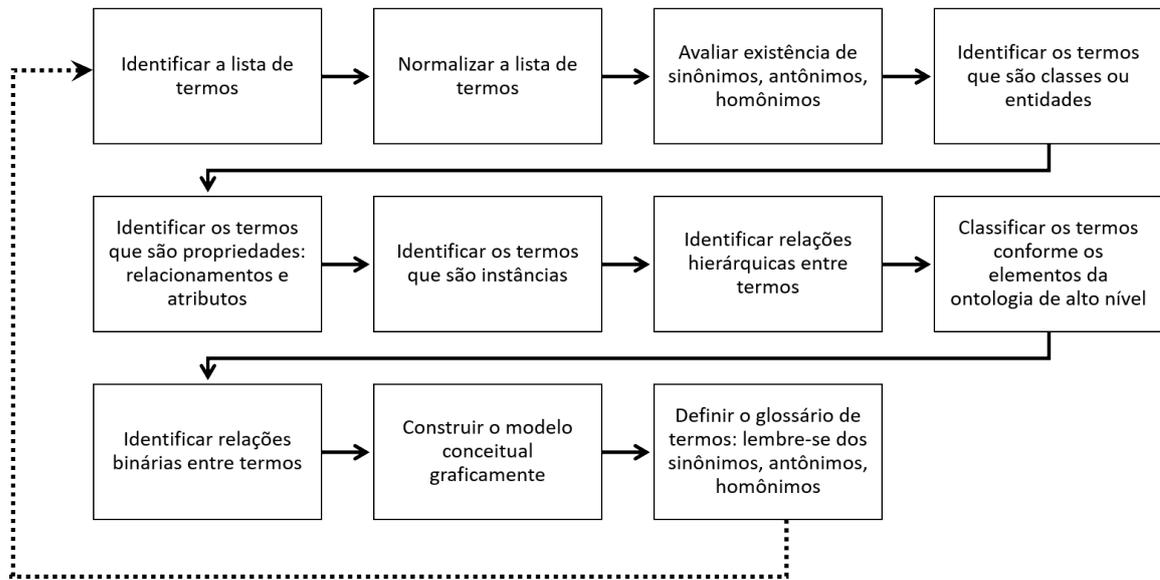
- *Adaptação cultural:* o conteúdo do recurso deve ser adaptado para a nova cultura. Isso pode incluir a alteração de exemplos, referências e outras informações que possam não ser relevantes para a nova cultura.
- *Validação:* o recurso localizado deve ser validado com os especialistas para garantir que esteja de acordo com a necessidade do projeto.

4.3.4 *Conceituação da ontologia*

A conceituação de ontologia é a atividade de organizar e estruturar os recursos coletados durante a aquisição de conhecimento, especificação de requisitos e elicituação de ontologia. A Figura 16 sintetiza as tarefas de conceituação, a seta pontilhada indica a circularidade, pois deve-se iniciar pelos termos mais comuns e simples e avançar gradualmente para termos mais complexos e específicos. O resultado de cada uma destas tarefas deve ser documentado, por exemplo, sugere-se utilizar planilhas como as descritas no Apêndice 6.

- **Identificação da lista de termos:** a lista de termos é identificada a partir dos recursos coletados, como documentos, entrevistas com especialistas e outros (Apêndice 6, planilha 1).
- **Normalização da lista de termos:** os termos são normalizados seguindo os princípios de realismo ontológico e os princípios conceituais e terminológicos (Quadro 1, seção 3.7) para garantir a coerência semântica e a desambiguação. Deve-se evitar o uso de acrônimos, eles podem ser colocados como sinônimo ou termo alternativo ao termo por extenso. Necessita-se garantir a univocidade de termos e expressões.
- **Avaliação da existência de sinônimos, antônimos e homônimos:** os termos são avaliados para identificar sinônimos, antônimos e homônimos. Os sinônimos são termos que têm o mesmo significado, os antônimos são termos que têm significados opostos e os homônimos são termos que têm a mesma escrita, mas significados diferentes (Apêndice 6, planilha 4).
- **Identificação dos termos que são classes ou entidades:** os termos são identificados como classes ou entidades de acordo com a sua natureza. As classes são tipos de objetos, enquanto as entidades são objetos concretos (Apêndice 6, planilha 1).

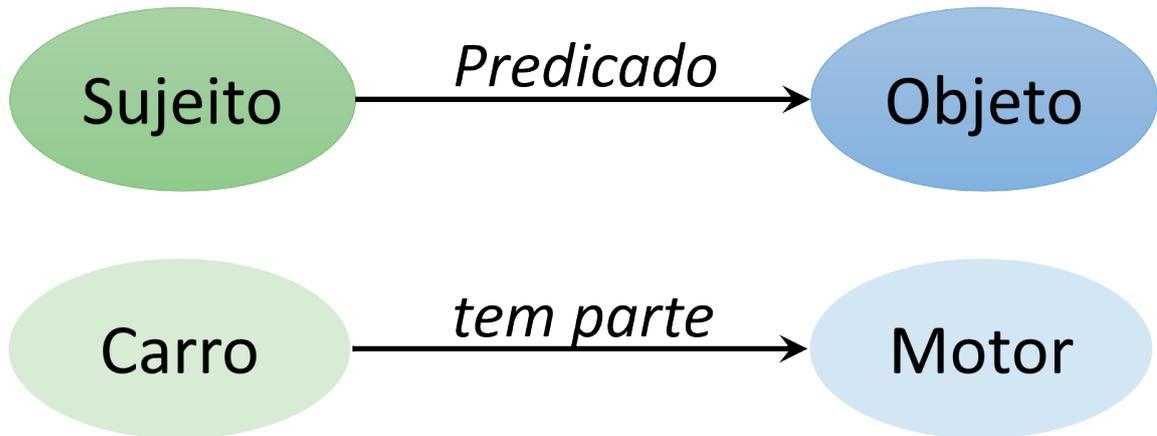
Figura 16- Tarefas de conceituação da ontologia.



Fonte: Da autora (2025).

- **Identificação dos termos que são propriedades:** os termos são identificados como propriedades de acordo com a sua função. As propriedades podem ser relacionamentos ou atributos. Os relacionamentos são relações entre classes ou entidades, enquanto os atributos são propriedades de classes ou entidades.
- **Identificação dos termos que são instâncias:** os termos são identificados como instâncias de acordo com a sua existência. As instâncias são objetos concretos que pertencem a uma classe.
- **Definição de uma hierarquia de termos:** os termos são organizados em uma hierarquia (*is a* ou *é um*) de acordo com as suas relações hierárquicas e com a sua natureza. A hierarquia de termos pode ser representada por uma árvore ou por uma rede (Apêndice 6, planilha 2).
- **Classificação dos termos conforme os elementos da ontologia de alto nível:** os termos são classificados conforme os elementos da ontologia de alto nível. Para realizar essa tarefa de forma consistente e coerente, é importante conhecer a descrição ou definição dos termos da ontologia de alto nível, garantindo, assim, que os termos sejam classificados de forma correta. Os termos são organizados, hierarquicamente, sob as entidades da ontologia de fundamentação.
- **Identificação de relações binárias entre termos:** são identificadas as relações binárias entre os termos de acordo com a sua natureza. As relações binárias podem ser relações de associação, de dependência ou de composição. Observe a coerência conforme as definições da ontologia de fundamentação. Uma relação binária é uma relação que envolve dois objetos. No formato tripla RDF (Figura 17), uma relação binária é representada por uma tripla que tem três elementos: o sujeito que está envolvido na relação com o objeto; o predicado que descreve a relação entre o sujeito e o objeto; e o objeto que está envolvido na relação com o sujeito (Apêndice 6, planilha 3).

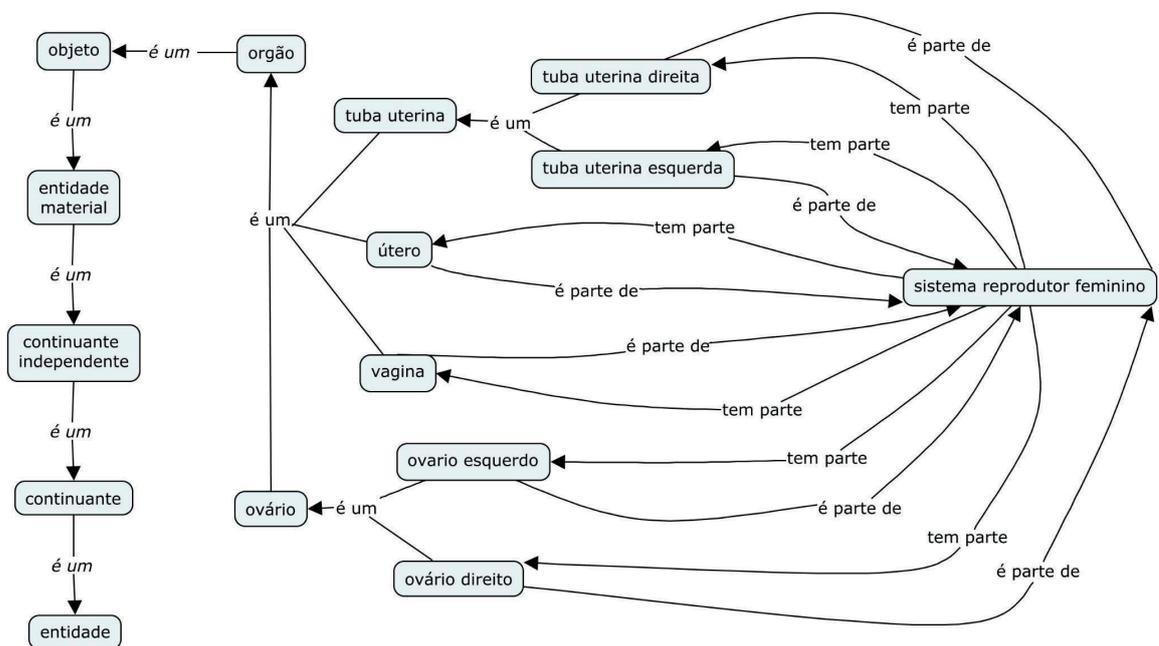
Figura 17- Exemplo de relação binária no formato visual tripla RDF.



Fonte: Da autora (2025).

- **Construção do modelo conceitual graficamente:** é construído um modelo conceitual gráfico que reflete a organização e a estrutura dos termos. O modelo conceitual gráfico pode ser construído usando a ferramenta CMAP Tools²⁵. Nesse momento é elaborado um conjunto de triplas para representar as entidades e suas relações binárias e hierárquicas. Veja exemplo na Figura 18.

Figura 18- Exemplo de modelo conceitual no CMAPS Tools da Ontologia OntONEo.



Fonte: Da autora (2025).

25 Disponível em: <https://cmap.ihmc.us/cmaptools/>. Acesso em: 24 nov. 2023.

- **Definição do glossário de termos:** é definido um glossário de termos que inclui a definição de cada um, incluindo os seus sinônimos, antônimos e homônimos. Pode ser documentado usando ferramentas como o TemaTres²⁶.

A conceituação de ontologia resulta de um conjunto de termos organizados hierarquicamente e interligados pelas suas relações. Esse agrupamento forma a base para a construção da ontologia. É essencial validar tal modelo com especialistas do domínio para assegurar a validade das definições.

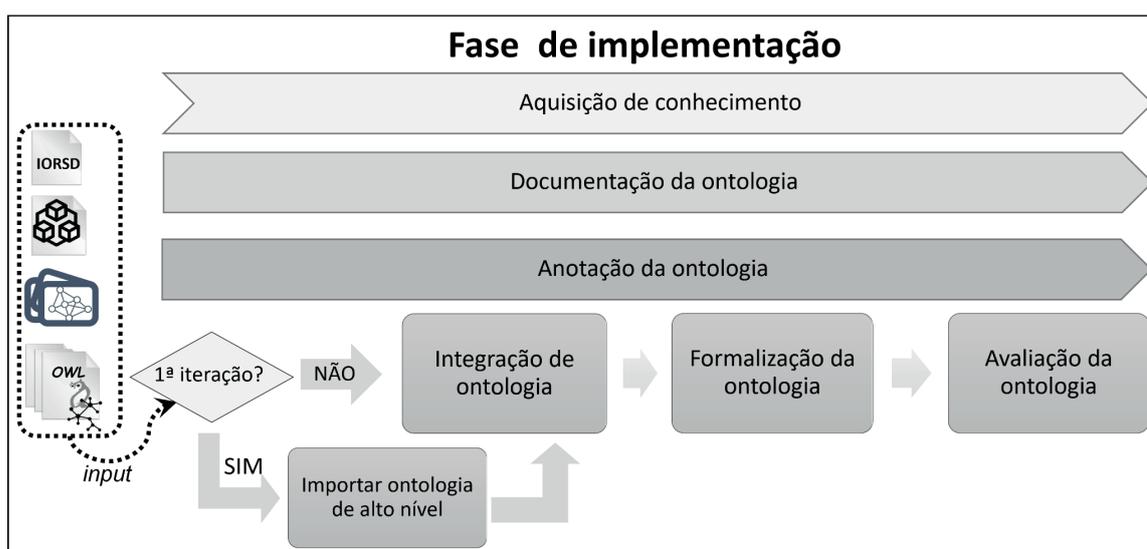
4.4 Fase de implementação

A fase de implementação é a etapa do processo de desenvolvimento na qual a ontologia é formalizada e avaliada. O objetivo dessa fase é garantir que a ontologia desenvolvida esteja formalizada de acordo com as especificações do domínio do conhecimento e que seja avaliada de forma a garantir sua qualidade.

É nessa fase que a ontologia é efetivamente construída, marcando a transformação dos conceitos discutidos nos capítulos anteriores em um modelo formal representado por código legível por máquina, geralmente usando linguagens como OWL (*Ontology Web Language*). É nesse estágio que o compromisso ontológico, estabelecido nos capítulos 2 e 3, deve ser mantido de forma rigorosa.

Conforme ilustrado na Figura 19, as principais atividades da fase de implementação são: Importação de ontologias em reuso, Anotação da ontologia, Formalização da ontologia e Avaliação da ontologia.

Figura 19- Esquema sintético da fase de implementação da ReBORM.



Fonte: Farinelli (2020, Figura 11.8).

26 Disponível em: <https://vocabularyserver.com/web/>. Acesso em: 27 nov. 2023.

4.4.1 Importação de ontologias em reúso

A importação de ontologias em reúso é uma atividade importante na fase de implementação do processo de desenvolvimento de ontologias. Ao importá-las, é importante garantir que sejam compatíveis com a ontologia em desenvolvimento.

A primeira iteração dessa fase, para preparar o ambiente de desenvolvimento, inicia-se pela importação de ontologia de alto nível, na qual esta, que é subjacente à ontologia de construção, é importada. A reutilização de ontologias por meio da importação é uma prática fundamental na fase de implementação do desenvolvimento ontológico, pois permite o aproveitamento de conceitos, relações e estruturas já consolidadas. No entanto, além da importação direta, existe a alternativa de copiar elementos base de uma ontologia existente para iniciar um novo projeto.

Em seguida, e para iniciar todas as outras iterações na atividade de integração, todas as ontologias reutilizáveis preparadas na fase anterior são importadas para o projeto. No caso da necessidade de importar uma ontologia já integrada nas iterações anteriores, na qual sofreu alguma atualização para a nova iteração, deve-se considerar executar tarefas de comparação e mesclagem para alcançar o resultado desejado.

4.4.2 Anotação da ontologia

A atividade de ontologia pode ser executada constantemente durante toda a fase de implementação. De modo geral, o termo anotação (*annotation*) refere-se a um dado usado para documentar ou adicionar informações a alguns dados. Anotações são uma espécie de metadados da ontologia, ou seja, dados sobre dados. No documento de arquitetura foram identificados os metadados mínimos para serem anotados.

A seguir, são apresentados alguns exemplos de informações que podem ser incluídas nas anotações de ontologia:

- As anotações de versionamento, criação e rastreabilidade são importantes para documentar o desenvolvimento de uma ontologia. Essas anotações podem ajudar a rastrear as mudanças feitas ao longo do tempo, a identificar os responsáveis por essas mudanças e a entender como a ontologia foi criada.
- Definições: as definições fornecem informações sobre o significado dos termos.
- Exemplos: os exemplos podem ajudar os usuários a compreender o significado dos termos e das relações da ontologia.
- Fontes de dados e referências documentais.
- Informação e explicações sobre o domínio do conhecimento: pode ajudar os usuários a entender o contexto em que a ontologia é usada.

Portanto, essa atividade consiste em incluir anotações à ontologia em desenvolvimento ou a algum elemento específico dela. Tais anotações servem como documentação da ontologia e podem incluir informações sobre seu desenvolvimento, enriquecendo-a com detalhes relevantes.

4.4.3 Formalização da ontologia

Em seguida, a formalização da ontologia é a atividade que visa representar o modelo conceitual usando uma linguagem formal como a OWL ou RDF. Essa fase envolve a formalização ou codificação de cada termo existente da lista preliminar refinada durante a fase inicial. Esses termos podem ser representados por meio de entidades, classes, relações, instâncias e assim por diante.

As atividades que exigem mais cuidado, principalmente ao considerar a aderência das definições da ontologia à realidade, são as atividades e conceituação (da fase anterior) e de formalização. Em geral, demandam mais tempo e, muitas vezes, são necessárias validações com especialistas do domínio ou fontes utilizadas na aquisição de conhecimento. Durante a formalização, deve-se, ainda, resgatar as relações e axiomas pré-existentes para serem consideradas também no reuso.

4.4.4 Avaliação da ontologia

Na atividade de avaliação da ontologia, verifica-se a qualidade técnica da ontologia em desenvolvimento, como a consistência das definições e as respostas às questões de competência para validar se ela é compatível com os requisitos identificados. Para validar a aderência às questões de competência, sugere-se definir instâncias para a ontologia, que podem ser aquelas definidas no documento de requisitos.

Em seguida, utiliza-se um *plug-in* de consulta SPARQL do próprio Protégé para realizar consultas alinhadas às questões de competência, analisando se o resultado obtido é compatível com o esperado.

Adicionalmente, pode-se submeter a ontologia em construção à ferramenta OOPS!²⁷ (*Ontology Pitfall Scanner!*) para avaliá-la em relação à lista de erros comuns em desenvolvimento de ontologias, conforme apresentado por Poveda-Villalón e outros (2009). Veja também a ferramenta FOOPS!²⁸ (*Ontology Pitfall Scanner for the FAIR principles!*)

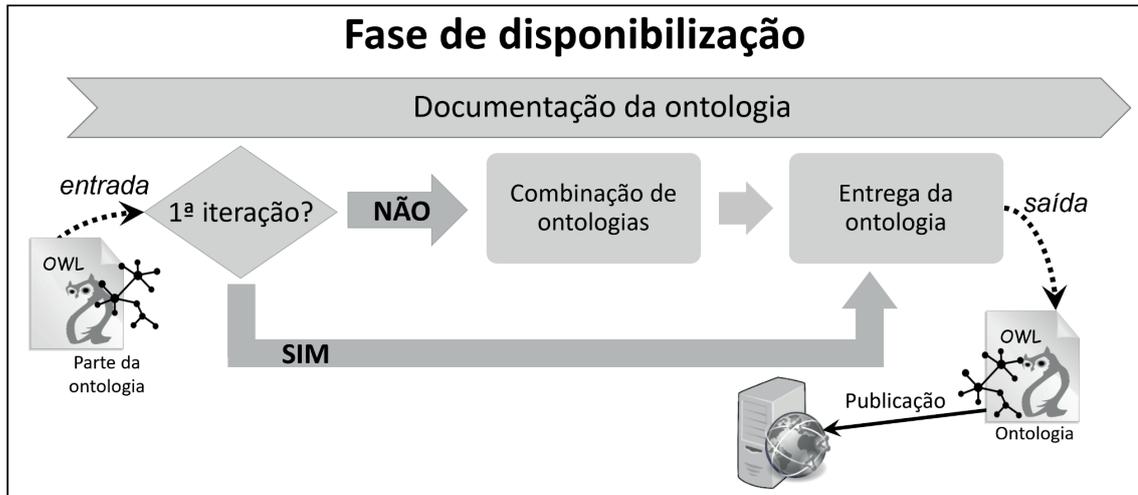
4.5 Fase de entrega ou disponibilização

A fase de entrega ou disponibilização ilustrada na Figura 20 representa a etapa final no processo de desenvolvimento de ontologias.

27 Disponível em: <https://oops.linkeddata.es/>. Acesso em 26 nov. 2023.

28 Disponível em: <https://foops.linkeddata.es/about.html>. Acesso em 26 nov. 2023.

Figura 20 - Esquema sintético da fase de disponibilização da ReBORM.



Fonte: Farinelli (2020, Figura 11.8).

Durante essa fase, a ontologia desenvolvida na iteração é publicada para a comunidade de interessados. Se for a primeira iteração, a primeira peça ou incremento, ela deve ser publicada conforme determinado no documento de arquitetura. A partir da segunda iteração, pode ser necessária a atividade de combinação da ontologia, que consiste em mesclar o novo incremento à ontologia previamente publicada.

Após a conclusão dessa fase, a ontologia estará publicada e se tornará disponível para a comunidade interessada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este guia foi desenvolvido com o objetivo de orientar as pessoas nas práticas aplicadas na construção de ontologias de domínio baseadas em estruturas de alto nível. Ele apresenta um passo a passo para a definição do escopo, elaboração e formalização da ontologia. Sua principal função é auxiliar os interessados nas atividades de organização e representação do conhecimento por meio de ontologias de domínio, bem como o uso da ferramenta Protégé para a sua formalização.

Dessa forma, ele associa as funções didáticas e técnicas próprias de um guia, resultado de estudos teóricos e práticos.

APÊNDICE 1: Referências sobre metodologias para desenvolvimento de ontologias

- ReBORM (Farinelli, 2020; Farinelli; Elkin, 2017)
- Ontology Development 101 (Noy; McGuinness, 2001).
- Toronto Virtual Enterprise (TOVE) (Grüninger; Fox, 1995).
- Methontology (Fernández-López; Gómez-Pérez; Juristo, 1997).
- Metodologia NeOn (Network Ontology) (Suárez-Figueroa, 2010).
- Systematic Approach for Building Ontologies (SABiO) (Falbo, 2014).
- Up for ONtology (UPON) (De Nicola; Missikoff; Navigli, 2005).
- Metodologia do realismo ontológico (Arp; Smith; Spear, 2015; Smith; Ceusters, 2010).
- OntoForInfoScience (Mendonça, 2015; Mendonça; Soares, 2017)

APÊNDICE 2: Ontologia de alto nível: *Basic Formal Ontology (BFO)*

A *Basic Formal Ontology* (BFO) é um exemplo proeminente de uma ontologia de alto nível. Desenvolvida para fornecer uma base conceitual geral, a BFO é usada em diversos domínios para estabelecer uma linguagem comum para a representação de conhecimento.

Entre as ontologias de alto nível, destaca-se o *Basic Formal Ontology* (BFO), que pode ser traduzido como Ontologia Formal Básica, por ser um proeminente tipo de ontologia de alto nível, desenvolvido para fornecer uma base conceitual geral. O BFO pode ser utilizado para diversos domínios do conhecimento, servindo como ferramenta de apoio à recuperação, análise e agregação de informações. É definido como²⁹: “uma ontologia de referência, genérica, testada por mais de 20 anos e amplamente adotada em alguns domínios (por exemplo, Biomedicina) para fins de marcação de dados e inferência automática”.

Estruturalmente, a versão do BFO publicada em 2020, apresenta 36 entidades apresentadas de forma hierárquica (Figura 21). Esse esquema apoia o entendimento sobre ontologias, indicando a estrutura e os relacionamentos e, também, de forma geral, apresentando uma entidade. Com isso, pode-se estabelecer os dois tipos básicos de entidades, os continuantes, que persistem ao longo do tempo, mantendo as suas características; e os ocorrentes, que acontecem em um tempo definido.

29 Disponível em: <https://ncor-brasil.org/glossario-basico/>. Acesso em: 28 nov. 2023.

Figura 21- Estrutura hierárquica de classes da BFO 2.0.



Fonte: Da autora (2025).

Todos os elementos do esquema são descritos conforme a norma NBR ISO/IEC 21.383-1 e a NBR ISO/IEC 21.383-2, que foram publicadas em conjunto entre a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e a International Organization for Standardization (ISO). Assim, estabelecem o entendimento sobre os elementos, padronizando-os. Mesmo que ambas as normas tratem de ontologia de alto nível, a primeira trata dos requisitos e, a segunda, especificamente do BFO.

A BFO divide as entidades no mundo nas duas categorias abrangentes, "continuante" e "ocorrente" detalhadas no capítulo 2.

As entidades **Continuantes** são aquelas que possuem uma existência contínua, ou seja, persistem por meio do tempo, podem possuir partes espaciais, mas não partes temporais. As entidades continuantes ainda são categorizadas como *continuante dependente* e *continuante independente*.

- **Continuantes independentes:** Entidades que existem por si só, sem depender da existência de outra entidade. São portadoras de qualidades, ou seja, possuem propriedades que as distinguem de outras entidades. Exemplos de continuantes independentes incluem organismos, objetos físicos e eventos.
- **Continuantes dependentes:** Entidades que dependem da existência de um ou mais continuantes independentes para existir. Exemplos de continuantes dependentes incluem a cor de um objetos, o peso de uma pedra, o conteúdo escrito de um livro.

As entidades continuantes dependentes se dividem em *continuante especificamente dependente* e *continuante genericamente dependente*.

- **Continuantes especificamente dependentes:** Essas entidades dependem da existência de um único continuante independente para existir. Elas são dependentes de um único continuante independente, mas não de um ou mais continuantes independentes.

» Por exemplo: a cor de um tomate - pois depende da existência do próprio tomate. Se o tomate não existir, sua cor também não existirá.

- **Continuantes genericamente dependentes:** Entidades que dependem da existência de um ou mais continuantes independentes para existir. No entanto, eles podem ser movidos de um portador para outro.

» Por exemplo: a localização de um arquivo pdf - o arquivo pdf depende de algum portador, ou seja, para que o arquivo pdf exista, deve haver algum dispositivo de armazenamento físico no qual ele tenha sido salvo, o arquivo pdf pode ser movido de um dispositivo de armazenamento para outro.

O Quadro 2, a seguir, apresenta detalhes de cada uma das entidades da hierarquia dos *continuantes independentes*:

Quadro 2- Hierarquia de entidades BFO continuantes independentes.

Tipo de entidade	Descrição
Continuantes independentes	
Entidade material	<p>É um continuante independente que tem como principais características:</p> <ul style="list-style-type: none"> Conter alguma porção de matéria como parte; Ser espacialmente estendida em três dimensões; Continuar a existir por intervalos de tempo; Exemplos: uma pessoa; um braço; uma companhia de teatro; um time etc.

Tipo de entidade	Descrição
Objeto	<p>É uma entidade material completa e autônoma, que pode existir por si só. É caracterizado por quatro propriedades:</p> <p>Extensão espacial auto-conectada e auto-contida;</p> <p>Partes com unidade interna que não guardam interrupções espaciais;</p> <p>Identidade independente de outros objetos;</p> <p>Manter identidade a despeito de mudanças de partes e qualidades.</p> <p>Exemplos: um organismo; uma célula; uma maçã; uma pedra; uma cadeira; um livro; o hemisfério norte etc.</p>
Parte fiat de objeto	<p>É uma entidade material que se refere a uma parte de um objeto que é designada ou definida como tal, em vez de ser uma parte física ou natural intrínseca do objeto. É caracterizada por:</p> <p>Ser parte de objeto, mas não ser demarcada por descontinuidades físicas;</p> <p>Ser uma parte delimitada por ações humanas de caráter cognitivo.</p> <p>Exemplos: o hemisfério norte; o torso superior de uma pessoa; o lado oeste do Brasil etc.</p>
Objeto agregado	<p>É uma entidade material que consiste de uma pluralidade de objetos como parte membro. Um objeto agregado é um conjunto de entidades materiais que estão unidas ou agrupadas de alguma forma para formar uma entidade maior. O objeto agregado, se caracteriza por:</p> <p>Ser uma soma ou coleção de objetos separados;</p> <p>Possuir grau de unidade causal mais fraco do que aquele exibido por objetos;</p> <p>Possuir limites não conectados e descontinuidades entre suas partes;</p> <p>Manter como partes apenas outros objetos.</p> <p>Exemplos: um arranjo de flores; uma pilha de pedras; pacientes de hospital; coleção de livros ou selos; um grupo de passageiros no metrô; uma população de bactérias em seu sangue etc.</p>
Entidade imaterial	<p>É um continuante independente que não possui uma existência física. Ela não é composta de matéria e não ocupa um espaço no mundo real. As principais características das entidades imateriais são:</p> <p>Não conter entidades materiais entre suas partes;</p> <p>Serem compostas de conceitos, ideias ou abstrações.</p> <p>Exemplos: O interior da bota; o limite entre Brasil e Argentina; a cavidade nasal.</p>
Local	<p>É uma entidade imaterial espacial 3D que é, no todo ou em parte, limitada por entidade material, ou parte de uma entidade espacial imaterial 3D. O local se caracteriza por:</p> <p>Ter forma espacial característica em relação a um arranjo de continuantes;</p> <p>Destacar-se do meio que o envolve, no todo ou em parte, pela forma espacial;</p> <p>Ter a capacidade de ser ocupado por outras entidades.</p> <p>Exemplos: o interior do seu escritório; o porta-malas do seu carro; a Praça de São Marcos; a bolsa de um canguru; o interior do seu sapato; a cavidade ocular.</p>

Tipo de entidade	Descrição
Limite fiat de continuante	<p>É uma entidade imaterial que delimita uma entidade material. O limite fiat de continuante é caracterizado por:</p> <p>Possuir zero, uma ou duas dimensões;</p> <p>Não incluir uma região espacial como parte;</p> <p>Ser limite da entidade material, onde ela encontra sua demarcação espacial;</p> <p>Exemplos: a superfície da pele; o limite do espaço aéreo de um país etc.</p> <p>O limite fiat de continuante pode ser classificado de acordo com sua dimensão.</p> <p>Limite fiat de continuante 0D: ser um ponto fiat cuja localização é definida em relação a uma entidade material. Exemplos: o Polo-Norte, a tríplice fronteira, um ponto em sistema GPS etc.</p> <p>Limite fiat de continuante 1D: Ser uma linha fiat com localização definida em relação à entidade material. Exemplos: um limite geopolítico; a linha do Equador; o meridiano de Greenwich; o sulco da língua etc.</p> <p>Limite fiat de continuante 2D: Ser superfície fiat auto-conectada com localização definida em relação a uma entidade material. Exemplos: a superfície de Brasília; a superfície abdominal; qualquer superfície de um objeto material continuante que o segmenta do restante de seu ambiente etc.</p>
Região espacial	<p>É uma entidade imaterial que existe independentemente de entidades materiais e, portanto, não muda. Mas algumas propriedades da região espacial podem mudar. Uma região espacial é caracterizada por:</p> <p>Ser parte do espaço, a parte máxima ou total do espaço;</p> <p>Ser objeto se movendo entre locais e ocupando diferentes regiões 3D;</p> <p>Exemplos: o local de um evento; o espaço entre dois objetos; os vários locais de um campo de futebol que Marta ocupa ao comemorar um gol.</p> <p>As regiões espaciais podem ser classificadas de acordo com sua dimensão.</p> <p>Região espacial 0D: Uma região espacial 0D é um ponto no espaço.</p> <p>Região espacial 1D: Uma região espacial 1D é uma linha ou um conjunto de linhas que se estendem de um ponto no espaço a outro.</p> <p>Região espacial 2D: Uma região espacial 2D é uma região espacial que possui duas dimensões (exemplo altura e largura).</p> <p>Região espacial 3D: Uma região espacial 3D é uma região espacial que possui três dimensões (profundidade, altura e largura).</p>

Fonte: Da autora (2025).

Nesse esquema, para facilitar o entendimento, entende-se “Fiat” conforme descrito por Velman e Widmann (2000), sendo padrões adotados por decretos promulgados por órgãos reguladores ou mesmo por organizações industriais, que possuem relevância na comunidade para indicar normas. Vale ressaltar que nem sempre os padrões e normas são efetivados por entidades governamentais, mas muitos são amplamente adotados pela comunidade de usuários, tendo sido criados por empresas, universidades, associações, entre outros.

O Quadro 3, a seguir, apresenta detalhes de cada uma das entidades da hierarquia dos *continuantes independentes*:

Quadro 3 - Hierarquia de entidades BFO *continuantes especificamente dependentes*

Tipo de entidade	Descrição
Continuantes especificamente dependentes	
Qualidade	<p>É um continuante especificamente dependente que representa uma propriedade de um continuante hospedeiro. Elas são inerentes a, e dependem de, outras entidades; para que uma qualidade exista, alguma outra entidade ou entidades - especificamente, um ou mais continuantes independentes - também devem existir.</p> <p>Tem como principais características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser parte natural de outra entidade; • Ser mensurável ou descritível; • Ser mutável. <p>Exemplos: A cor da laranja; o peso de um gato; a massa deste rim; a cor desta porção de sangue e a forma desta mão.</p>
Qualidade relacional	<p>É uma qualidade que existe apenas um tipo de entidade, a qualidade relacional, caracterizada por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ter como portador uma pluralidade de continuantes independentes; • As qualidades relacionais têm uma pluralidade de continuantes independentes como seus portadores. <p>Exemplos: um vínculo matrimonial; ser pai/mãe; ser parente de; um laço afetivo entre duas pessoas etc. Todos os quais ocorrem entre uma pessoa e outra (dois portadores).</p>
Entidade realizável	<p>É um continuante especificamente dependente que tem pelo menos uma entidade continuante independente como seu portador e cujas instâncias podem ser realizadas (manifestadas, atualizadas, executadas) em processos associados de tipos correlatos específicos nos quais o portador participa. Tem como principais características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser parte de continuante – um portador – não exibida totalmente a cada momento; • Ser uma manifestação particular que ocorre sob certas circunstâncias; • Conter períodos de atualização quando ocorrem transformações nos portadores, e períodos de latência quando não manifesta existe no portador. <p>Exemplos: o papel de professor ou aluno; a função do rim; a fragilidade de um vaso; a disposição de uma porção de sangue para coagular; a disposição de uma porção de metal para conduzir eletricidade.</p>

Tipo de entidade	Descrição
Papel	<p>É uma entidade realizável que é possuída pelo seu portador devido a algumas circunstâncias externas (por exemplo, o portador foi designado para o papel por outras pessoas que possuem seus próprios papéis e têm certa autoridade). Um papel é sempre opcional; o portador não precisa estar nas circunstâncias externas dadas. Uma disposição é caracterizada por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser manifestação não essencial para a identidade do continuante; • Dependem de continuantes, em geral, em contextos sociais e institucionais; <p>Cada instância de papel é uma entidade realizável que</p> <p>(1) existe porque o portador está em algum conjunto especial de circunstâncias físicas, sociais ou institucionais nas quais ele não precisa estar (opcionalidade) e;</p> <p>(2) não é tal que, se essa entidade realizável deixar de existir, a constituição física do portador seja alterada (fundamentação externa).</p> <p>Exemplos: Papel de enfermeiro de José; o papel de Maria ser falida; papel de baronesa; papel de guarda-costas; o papel de uma porção de penicilina em servir como medicamento; o papel de uma pedra em marcar uma fronteira.</p>
Disposição	<p>É uma entidade realizável que existe devido a certas características da constituição física do continuante independente que é seu portador. Disposições no extremo mais fraco do espectro não são realizadas em todas as situações de estímulo adequadas, mas apenas em uma fração dos casos relevantes. Uma disposição é caracterizada por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser causa de processos ou transformações no objeto da qual é parte natural; • Aceitar transformação que ocorre sob certas circunstâncias e leis naturais. <p>Exemplos: a disposição da banana apodrecer; a disposição do sangue que coagula fora do corpo; a disposição de um hemofílico de sangrar uma quantidade anormalmente grande de sangue; a disposição de um pedaço de elástico esticado para contrair quando liberado.</p> <p>Ao contrário de um papel, uma disposição é uma entidade realizável que, se deixar de existir, altera fisicamente seu portador. Se uma entidade possui uma determinada condição física, então ela tem uma determinada disposição, e se deixar de possuir essa condição, perderá essa disposição.</p>
Função	<p>É uma disposição que existe em virtude da constituição física do portador, e essa constituição física é algo que o portador possui devido à forma como ele surgiu - seja por seleção natural (no caso de entidades biológicas) ou por <i>design</i> intencional (no caso de artefatos). Ou seja, é uma disposição cuja realização é uma atividade direcionada a um fim do seu portador, que ocorre porque esse portador é (a) de um tipo específico e (b) nos tipos de contextos para os quais ele é criado ou selecionado. Uma função é caracterizada por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se manifestar pela atividade do continuante e ser direcionada para um fim; • Ter finalidade definida pelo continuante e ser um tipo específico. <p>Exemplos: A função da amilase na saliva de quebrar o amido em açúcar; a função do coração de bombear o sangue; a função de um martelo de pregar pregos; a função de uma caneta de escrever; a função de um marca-passo cardíaco de regular os batimentos do coração por meio da eletricidade; a função da cadeira de servir de assento.</p>

Fonte: Da autora (2025).

As entidades **Ocorrentes** são aquelas que se desdobram no tempo e podem funcionar como limite instantâneo, são entidades que ocorrem, acontecem, se desenrolam ou se desenvolvem no tempo. Em termos comuns, essas entidades são ocorrências, eventos ou processos de mudança; são os correspondentes ontológicos de participípios presentes (correndo, nadando, dividindo, orbitando). As entidades ocorrentes estão descritas abaixo, no Quadro 4.

Quadro 4- Hierarquia de entidades BFO *ocorrentes*.

Tipo de entidade	Descrição
Ocorrentes	
<p>Processo</p>	<p>É um ocorrente que existe no tempo por ocorrer ou acontecer, possui partes temporais e sempre depende de alguma (pelo menos uma) entidade material. As principais características do processo são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser um todo maximamente conectado, espacialmente e temporalmente: um processo está continuamente ligado ao longo do tempo e do espaço, não há interrupções ou lacunas significativas em sua existência; • Possuir início e fins bona-fide³⁰ (“de boa fé” ou “genuíno”) que correspondem a descontinuidades reais. Esses pontos de partida e término têm significado ontológico e não são meramente arbitrários. <p>Exemplos: A vida de um organismo; o processo de meiose; o curso de uma doença; o voo de um pássaro; o processo de divisão celular.</p>
<p>História</p>	<p>É um processo que representa a evolução de uma entidade material ou local ao longo do tempo. É a soma de todos os processos que ocorrem na região espaço-temporal ocupada pela entidade. Pode ser usada para descrever como as entidades mudam e se transformam ao longo do tempo.</p> <p>Exemplo: A história de vida de João. Essa história incluiria todos os processos que ocorreram ao longo da vida de João, desde o seu nascimento até a sua morte. Abrange uma ampla gama de eventos e processos, como o crescimento e desenvolvimento do seu corpo, as experiências que ele viveu, as interações sociais que teve, as mudanças em suas habilidades e conhecimentos, entre outros aspectos relevantes. Assim, a história de vida de João seria a soma de todos esses processos que ocorreram na região espaço-temporal ocupada por ele ao longo da sua vida.</p>

30 “*Bona fide*” é uma expressão em latim que significa “de boa fé” ou “genuíno”. É usado para indicar que algo é autêntico, legítimo ou verdadeiro. No contexto das características do processo mencionadas anteriormente, “inícios e fins bona-fide” referem-se a pontos de partida e término reais e autênticos, que representam descontinuidades genuínas na existência do processo. Esses inícios e fins não são apenas convenções arbitrárias, mas correspondem a eventos ou estados que têm um significado real e substancial na natureza do processo em questão.

Tipo de entidade	Descrição
Limite de processo	<p>É uma entidade ocorrente que é a fronteira temporal instantânea de um processo. As fronteiras de processo são os inícios e fins dos processos que delimitam. Elas são inerentes a continuantes independentes, mas são manifestadas apenas em processos. Tem como características principais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser parte temporal de um processo, o qual não tem parte-própria temporal (não têm duração); • Ocupar região temporal que é 0D, ou seja, não têm extensão no tempo; • É a parte temporal limitante ou menor de um processo (ideia de instante). <p>Exemplos: o limite do 1º e 2º ano da vida; o limite para defender a tese; a incisão no início de uma cirurgia; o instante da separação final de duas células no final da divisão celular.</p>
Região Espaço-Temporal	<p>É um ocorrente na qual entidades ocorrentes podem estar localizadas, abrange tanto o aspecto espacial quanto o aspecto temporal de um determinado evento, processo ou fenômeno.</p> <p>É uma abordagem para entender como eventos e processos se desdobram ao longo do tempo e do espaço. As principais características das regiões espaço-temporais são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser uma entidade ocorrente: são entidades que ocorrem no tempo e no espaço; • Abranger tanto o aspecto espacial quanto o aspecto temporal: abrange tanto a localização espacial de um evento ou processo quanto o intervalo de tempo em que ele ocorre; • Ser partes do espaço-tempo: são partes do espaço-tempo, que é um contínuo de quatro dimensões que inclui três dimensões espaciais e uma dimensão temporal. <p>Exemplos: A região ocupada pelo desenvolvimento de um tumor cancerígeno (o espaço-tempo que o tumor cresce, essa região abrange desde a formação inicial do tumor até o seu estágio final).</p> <p>A região ocupada por uma guerra: Representa o espaço-tempo em que ocorre um conflito armado entre nações ou grupos. Essa região abrange desde o início das hostilidades até o fim da guerra.</p>

Tipo de entidade	Descrição
Região temporal	<p>É um ocorrente que é uma parte do tempo (de todo o tempo). Abrange um intervalo de tempo específico. Ela é uma parte do espaço-tempo, que é um contínuo de quatro dimensões que inclui três dimensões espaciais e uma dimensão temporal. Regiões temporais diferem das regiões espaço-temporais no sentido de que elas são estendidas ou servem como fronteiras apenas ao longo da dimensão temporal. Uma região temporal tem como características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser o ocorrente em que um processo se manifesta por projeção; • Ter todas as partes também regiões temporais. • Uma região temporal pode ser zero-dimensional ou unidimensional: • Região temporal zero-D ou instante temporal: é uma região temporal que não possui extensão. É o menor instante de tempo. São regiões temporais em que as fronteiras ou limites de processo estão localizadas. • Uma região temporal 1-D ou intervalo temporal: é uma região temporal que se estende no tempo. Possui outras regiões temporais como partes, incluindo suas fronteiras de região temporal zero-D. São as regiões temporais em que os processos ocorrem ou se desdobram. <p>Exemplos de Região temporal zero-D: o momento atual; o instante em que um dedo é separado em um acidente industrial; o momento em que uma criança nasce; o momento da morte de alguém; a virada do século XIX.</p> <p>Exemplo Região temporal 1-D: a primeira hora do dia; a região temporal que corresponde ao século XIX; a região temporal ocupada pela Segunda Guerra Mundial; é o período de um dia, como a manhã, a tarde ou à noite.</p>

Fonte: Da autora (2025).

APÊNDICE 3: *Template* do documento de especificação de requisitos da ontologia

Modelo de Documento para Especificação de Escopo e Requisitos	
1º) Determinação do domínio e o escopo da ontologia	
a) Propósito	
	<i>Informe o objetivo geral da ontologia. Em outras palavras, a função principal ou papel que a ontologia deve ter.</i>
b) Escopo	
	<i>A cobertura geral e do grau de detalhe que a ontologia deve ter. Limite do domínio coberto (o que não vai cobrir).</i>
c) Uso pretendido	
	<i>As utilizações previstas esperados para a ontologia.</i>
d) Usuários finais pretendidos	
	<i>Os utilizadores finais pretendidos esperados para a ontologia. Eles geralmente são experts do domínio de conhecimento e poderão ser consultados para validar o modelo ontológico criado.</i>
e) Limitações e Fronteiras	
2º) Levantamento dos requisitos da ontologia	
a) Requisitos não funcionais	

<p><i>Os requisitos gerais ou aspectos que a ontologia deve cumprir, incluindo as prioridades, opcionalmente, para cada requisito. Exemplo: Idioma, ontologia de alto nível, principais metadados etc. Pode fazer referência ao documento de especificação da arquitetura.</i></p>
<p>b) Requisitos funcionais (Questões de competência)</p>
<p><i>Os requisitos específicos de conteúdo que a ontologia deve cumprir, na forma de grupos de questões de competência, incluindo prioridades, opcionalmente, para cada grupo e para cada questão de competência. Quanto mais questões relacionadas à competência da ontologia forem identificadas e respondidas, maior será a compreensão e clareza sobre o escopo da ontologia.</i></p>
<p>1) Questão 1 2) Questão 2 3) Questão 3 4) Questão 4 5) Questão 5 6) Questão 6</p>
<p>c) Exemplos de respostas às questões de competência</p>
<p><i>Para cada questão acima, elabore pelo menos uma sentença que possa ser a resposta da questão. Quando a resposta a questão puder assumir grandes variações, o ideal é colocar uma resposta para cada variação. Se a resposta levar as instâncias específicas, usá-las nas respostas.</i></p>
<p>1) Resposta da Questão 1 2) Resposta da Questão 2 3) Resposta da Questão 3 4) Resposta da Questão 4 5) Resposta da Questão 5 6) Resposta da Questão 6</p>
<p>3º) Identificação de uma lista prévia de termos gerais</p>
<p>a) Listar os termos relevante a serem representados a partir das questões de competência</p>
<p><i>A lista de termos usados na elaboração das questões de competência são relevantes para ajudar a identificar entidades ou classes e relações. Normalmente são relevantes o substantivos, verbos substantivados, adjetivos, verbos, locuções verbais.</i></p> <p><i>Tentar identificar a frequência em que o termo aparece, não é obrigatório, mas ajuda a perceber o quanto um termo é usado em um domínio de conhecimento. O ideal é ordenar pela frequência, isto ajuda a dar uma percepção de relevância do termo.</i></p>
<p>Termo</p>
<p>b) Listar os termos relevante a serem representados a partir das respostas às questões de competência</p>

<p><i>A lista de termos usados nas respostas às questões de competência são relevantes para ajudar a identificar instâncias e relações. Normalmente são relevantes os substantivos, verbos substantivados, adjetivos, verbos, locuções verbais, além de nomes próprios.</i></p> <p><i>Tentar identificar a frequência em que o termo aparece, não é obrigatório, mas ajuda a perceber o quanto um termo é usado em um domínio de conhecimento. O ideal é ordenar pela frequência, isto ajuda a dar uma percepção de relevância do termo.</i></p>
<p>Termo</p>
<p>4º) Identificação da relação de instanciação: universais e seus respectivos particulares</p>
<p><i>Elaborar uma lista de instâncias a partir das questões de competência e em suas respostas, tentando estabelecer uma relação de instanciação.</i></p> <p><i>Esta relação pode contribuir para melhor compreensão do contexto que um termo é usado no domínio de conhecimento, além disso, ajuda a validar a modelagem ontológica.</i></p>
<p>Id</p>
<p>1.</p>
<p>2.</p>
<p>3.</p>
<p>4.</p>
<p>5.</p>
<p>5º) Identificar os métodos de aquisição de conhecimento sobre o domínio</p>
<p>a) Fontes e recursos de informação/conhecimento</p>
<p><i>Listar as fontes de conhecimento que serão usadas para adquirir conhecimento sobre o domínio que será representado. Exemplo: livros, dicionários, tesouros, documentos de referência (normas, guias, protocolos, legislação etc), experts do domínio, sistemas de informação etc. Caso as fontes de informação sejam pessoas experts do domínio, quem são eles (pode ser o papel ou a própria pessoa).</i></p>
<p>b) Método de aquisição de conhecimento</p>
<p><i>Para cada fonte ou tipo de fonte, informe como será usada para adquirir conhecimento. Exemplo: leitura, processamento automático de texto (PLN), entrevista, questionário etc.</i></p>
<p>6º) Elaborar um pré-glossário</p>

Consiste em compilar e definir o conjunto preliminar de termos identificados no passo 3 e que surgem durante a execução de atividades relacionadas à aquisição de conhecimento. O objetivo principal é criar um recurso que forneça clareza e definições concisas para os termos específicos relevantes ao contexto da tarefa em questão.

Termo

--

APÊNDICE 4: *Template* do documento de definição arquitetural da ontologia

Documento de Especificação de Arquitetura		
	Nome da Ontologia	
1	Ontologia de alto nível para extensão	
2	Espaço de nomes (<i>namespace</i>)	
	Namespace geral	
	PREFIXO ou ID	
	IRI da Ontologia	
	PURL padrão (base)	
	IRI de Versionamento	
	Identificador local dos elementos	
3	Site do projeto da ontologia	
4	Sistema de controle de versão	
	Repositório de desenvolvimento	
	Rastreamento de solicitações (Tracker)	
5	Ferramentas de desenvolvimento	
6	Linguagem de codificação	
7	Idioma padrão para os elementos criados na ontologia	
8	Idioma alternativo para elementos importados de outras ontologia	
9	Licença	
10	Política de Versionamento da ontologia	

11	Documentação mínima da ontologia (Anotações)	
12	Informações adicionais	

APÊNDICE 5: *Template* do documento de especificação de requisitos da iteração

Modelo de Documento para Planejamento e Especificação da Iteração	
1º) Determinação do escopo da iteração	
<i>Definir o subconjunto do domínio de conhecimento que será coberto e o grau de detalhe que a ontologia deve ter.</i>	
2º) Requisitos da iteração	
a) Requisitos funcionais (Questões de competência e respostas)	
<i>Os requisitos específicos de conteúdo que a iteração vai tratar. Resgatar as questões de competência previamente definidas e que fazem sentido no escopo da iteração. Tentar formular novas questões buscando maior detalhe sobre o escopo selecionado, na forma de grupos de questões de competência, incluindo prioridades, opcionalmente, para cada grupo e para cada questão de competência.</i>	
<i>Quanto mais questões relacionadas à competência da ontologia forem identificadas e respondidas, maior será a compreensão e clareza sobre o escopo da iteração.</i>	
1) Questão 1 2) Questão 2 3) Questão 3 4) Questão 4 5) Questão 5 6) Questão 6	
b) Requisitos funcionais (Histórias de usuários)	
<i>Elabore histórias de usuários. Faça as histórias de usuários específicos e mensuráveis. Elas devem descrever uma tarefa específica que o usuário deseja realizar.</i>	
<i>Use uma linguagem simples e direta. As histórias de usuários devem ser fáceis de entender para todos os envolvidos no projeto.</i>	
3º) Identificação de um glossário geral de termos e definições	
a) Listar os termos relevantes a serem representados e escrever uma definição/descrição para cada um.	
<i>A lista de termos usados na elaboração das questões de competência são relevantes para ajudar a identificar entidades ou classes e relações. Normalmente são relevantes o substantivos, verbos substantivados, adjetivos, verbos, locuções verbais.</i>	
Termo	Definição ou descrição

APÊNDICE 6: Modelos de Planilha de Preparação de Termos

Planilha 1 - Levantamento inicial de termos

Obrigatório	Opcional		
Termo	Classes	Relacionamentos	Indivíduos
<i>Plano de Aula*</i>	X		
<i>Docente*</i>	X		
<i>realiza*</i>		X	
<i>Ementa*</i>	X		
<i>Professora Maria da Silva*</i>			X

* Exemplos

Planilha 2 - Hierarquia de termos

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
<i>Servidor</i>	<i>Técnico</i>			
	<i>Docente</i>	<i>Dedicação Exclusiva</i> <i>Temporário</i>		

Planilha 3 - Construção de sentenças de relações

Sujeito	Predicado	Objeto
<i>Plano de Ensino</i>	<i>tem Elemento</i>	<i>Ementa</i>
<i>Ementa</i>	<i>é Elemento de</i>	<i>Plano de Ensino</i>
<i>Plano de Ensino</i>	<i>tem Elemento</i>	<i>Conteúdo Programático</i>
<i>Conteúdo Programático</i>	<i>é Elemento de</i>	<i>Plano de Ensino</i>
<i>Disciplina</i>	<i>ministradaPor</i>	<i>Docente</i>
<i>Docente</i>	<i>é sutipo de</i>	<i>Servidor</i>
<i>Professora Maria da Silva</i>	<i>é um</i>	<i>Docente</i>

Planilha 4 - Glossário preliminar

Termo (Preferido)	Sinónimo(s)	Antónimo(s)	Sigla

APÊNDICE 7: Lista de tesouros, taxonomias e vocabulários controlados brasileiros.

Tesouro brasileiro de ciência da informação:

<https://www.vocabularyserver.com/tbci/>

Tesouro Brasileiro de Turismo:

<https://tesauroturismo.eca.usp.br/vocab/index.php>

Thesaurus Brasileiro da Educação:

<https://vocabularyserver.com/brased/>

Tesouro de Folclore e Cultura Popular: <http://www.cnfcp.gov.br/tesauro/apresentacao.html>

Tesouro do Supremo Tribunal Federal: <https://portal.stf.jus.br/jurisprudencia/tesauro/pesquisa.asp>

Vocabulário Controlado Básico (VCB):

<https://vocabularyserver.com/vcb/>

Tesouros do Superior Tribunal de Justiça:

<https://scon.stj.jus.br/SCON/thesaurus/>

WebThes: Thesaurus do Senado Federal:

<https://legis.senado.gov.br/webthes/#/>

Thesaurus Agrícola Nacional: <https://sistemas.agricultura.gov.br/tematres/vocab/index.php>

Descritores em Ciência da Saúde:

<https://decs.bvsalud.org/>

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Mauricio Barcellos. **Ontologia em Ciência da Informação: teoria e método**. 1. ed. Belo Horizonte: CRV, 2020. 374 p.

ARP, Robert; SMITH, Barry; SPEAR, Andrew D. **Building ontologies with Basic Formal Ontology**. Cambridge: Massachusetts: The Mit Press, 2015. 220 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRISO/IEC21838-1 DE 01/2022 - Tecnologia da informação - Ontologia de alto nível (OAN) - Parte 1: Requisitos**. [S. l.]: ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRISO/IEC21838-2 DE 08/2023 - Tecnologia da informação — Ontologias de alto nível (OAN) - Parte 2: Basic Formal Ontology (BFO)**. [S. l.]: ABNT, 2023.

BLOMQUIST, E.; SANDKUHL, K. Patterns in Ontology Engineering: Classification of Ontology Patterns. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENTERPRISE INFORMATION SYSTEMS, 7., 2005, Miami. Proceedings [...].* Miami, USA: SciTePress, 2005. Disponível em: <<https://www.scitepress.org/PublishedPapers/2005/25188>>. Acesso em: 22 jan. 2025

COURTOT, Mélanie *et al.* MIREOT: The minimum information to reference an external ontology term. **Applied ontology**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 23-33, 2011. DOI: 10.3233/Ao-2011-0087.

DAHLBERG, Ingetraut. Teoria do conceito. **Ciência da Informação**, Brasília, DF, v. 7, n. 2, 1978. DOI: <https://doi.org/10.18225/ci.inf.v7i2.115>.

DE NICOLA, Antonio; MISSIKOFF, Michele; NAVIGLI, Roberto. A proposal for a unified process for ontology building: UPON. *In: ANDERSEN, K. V.; DEBENHAM, J.; WAGNER, R. Database and expert systems applications*. Copenhagen: DEXA, 2005. p.655-664.

FALBO, Ricardo de Almeida. SABiO: Systematic Approach for Building Ontologies. *In: ONTO-COM-ODISE, Ontologies in Conceptual Modeling and Information Systems Engineering, 2014, Rio de Janeiro. Proceedings [...].* Rio de Janeiro: CEUR Workshop, set. 2014. p. 1-14. Disponível em: http://ceur-ws.org/Vol-1301/ontocomodise2014_2.pdf. Acesso em: 20 jan. 2025.

FARINELLI, Fernanda; ALMEIDA, Mauricio Barcellos. Ontologias biomédicas: teoria e prática. *In: ZIVIANI, Artur; FERNANDES, Natalia Castro; SAADE, Débora Christina Muchaluat (orgs.). 18º Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde*. Niterói: Sociedade Brasileira de Computação, 2019. p.93-140. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/livros/index.php/sbc/catalog/view/29/97/247-1>. Acesso em: 20 jan. 2025.

FARINELLI, Fernanda; ELKIN, Peter L. Construção de ontologia na prática: um estudo de caso aplicado ao domínio obstétrico. **Ciência da Informação**, Brasília, DF, v. 46, n. 1, 2017. DOI <https://doi.org/10.18225/ci.inf.v46i1.4018>.

FARINELLI, Fernanda. **Improving semantic interoperability in the obstetric and neonatal domain through an approach based on ontological realism**. 2017. Tese (Doutorado em Gestão & Organização do Conhecimento) - Escola de Ciência da Informação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

FARINELLI, Fernanda; SOUZA, Amanda D. Ontologias de alto nível: porque precisamos e como usar. **Frontiers of Knowledge Representation**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 174-202, 2021.

FARINELLI, Fernanda. Um diálogo entre o realismo ontológico e a engenharia de ontologias na construção de artefatos de representação. *In*: FARINELLI, Fernanda (org.) **Representação do conhecimento, ontologias e linguagem**: pesquisa aplicada em ciência da informação. Curitiba: Editora CRV, 2020. p. 277-294.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, Mariano; GÓMEZ-PÉREZ, A.; JURISTO, Natalia. Methontology: From ontological art towards ontological engineering. *In*: ONTOLOGICAL ENGINEERING, 6., 1997. **Proceedings** [...]. [S. l.]: Stanford University: EEUU, 1997. p. 33-40.

GANGEMI, A. Ontology Design Patterns for Semantic Web Content. *In*: INTERNATIONAL SEMANTIC WEB CONFERENCE, 4., 2005, Galway. **Proceedings** [...]. Berlin: Springer, 2005.

GANGEMI, A. *et al.* **Towards a catalog of owl-based ontology design patterns**. *In*: CONFERENCIA DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL, 7., 2007, Salamanca. **Anais** [...]. Salamanca, Espanha: Universidad de Salamanca, 2007. Disponível em: <http://oa.upm.es/5212/1/Towards_a_Catalog_of_OWL-based_Ontology_Design_Patterns.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2025

GRÜNINGER, Michael; FOX, Mark S. Methodology for the design and evaluation of ontologies. *In*: MELLISH, Chris S. (org.). **14th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-95)**. Montreal: Morgan Kaufmann, 1995. p. 1-10.

GUARINO, Nicola. Semantic matching: formal ontological distinctions for information organization, extraction, and integration. *In*: PAZIENZA, M.T. (org.). **Information Extraction a multidisciplinary approach to an emerging information technology**. Berlin: Springer, 1997. DOI: https://doi.org/10.1007/3-540-63438-X_8.

HASTINGS, J. Primer on Ontologies. *In*: DESSIMOZ, C.; ŠKUNCA, N. (Eds.). **The Gene Ontology Handbook**. New York, NY: Springer, 2017. p. 3-13.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/IEC 21838-1:2021 - Information technology - Top-level ontologies (TLO) - Part 1: Requirements**. [S. l.]: ISO, 2021a.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/IEC 21838-2:2021 - Information technology - Top-level ontologies (TLO) - Part 2: Basic Formal Ontology (BFO)**. [S. l.]: ISO, 2021b.

MENDONÇA, Fabrício Martins. **Ontoforinfoscience**: metodologia para construção de ontologias pelos cientistas da informação - Uma aplicação prática no desenvolvimento da ontologia sobre componentes do sangue humano (HEMONTA). 2015. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUBD-A35H3K>. Acesso em: 20 jan. 2025.

MENDONÇA, Fabrício Martins; SOARES, António Lucas. Construindo ontologias com a metodologia ontoforinfoscience: uma abordagem detalhada das atividades do desenvolvimento ontológico. **Ciência da Informação**, Brasília, DF, v. 46, n. 1, p. 43-59, 2017. Disponível em: <https://revista.ibict.br/ciinf/article/view/4013>. Acesso em: 20 jan. 2025.

MUNGALL, C. *et al.* Cross-Product Extensions of the Gene Ontology. **Journal of Biomedical Informatics**, [S. l.], v. 44, n. 1, p. 80-86, feb. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1532046410000171?via%3Dihub>. Acesso em: 22 jan. 2025.

NOY, Natalya F; MCGUINNESS, Deborah L. **Ontology development 101: a guide to creating your first ontology**. [S. l.: s.n.], 2001. Disponível em: https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf. Acesso em: 20 jan. 2025.

POVEDA-VILLALÓN, M. *et al.* Coming to terms with FAIR ontologies. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE ENGINEERING AND KNOWLEDGE MANAGEMENT, 22., 2020, Bolzano. **Proceedings** [...]. Berlin: Springer, 2020. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-030-61244-3_18. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-61244-3_18. Acesso em: 22 jan. 2025.

POVEDA-VILLALÓN, María; SUÁREZ-FIGUEROA, Mari Carmen; GARCÍA-DELGADO, Miguel Ángel; GÓMEZ-PÉREZ, Asunción. OOPS!(Ontology Pitfall Scanner!): supporting ontology evaluation on-line. **Semantic Web Journal – Interoperability, Usability, Applicability**, [S. l.], p. 1-9, 2009.

SCHULZ, S. *et al.* **Guideline on developing good ontologies in the biomedical domain with description logics**. [S. l.: s.n.], dez. 2012. 85 p. Disponível em: https://www.iph.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/Alle_PHF/IPH/media/GoodOD/GoodOD-Guideline_v1_2012.pdf. Acesso em: 20 jan. 2025.

SMITH, Barry; CEUSTERS, Werner. Ontological realism: A methodology for coordinated evolution of scientific ontologies. **Applied ontology**, [S. l.], v. 5, n. 3-4, p. 139-188, 2010. DOI: 10.3233/AO-2010-0079.

SMITH, Barry *et al.* **Basic Formal Ontology 2.0**: specification and user's guide. [S. l.: s. n.], Jun. 2015. Disponível em: <https://github.com/BFO-ontology/BFO/raw/master/docs/bfo2-reference/BFO2-Reference.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2023.

SMITH, Barry *et al.* The OBO Foundry: coordinated evolution of ontologies to support biomedical data integration. **Nature Biotechnology**, [S. l.], v. 25, n. 11, p. 1251-1255, 2007. DOI: 10.1038/nbt1346.

SOUZA, Renato Rocha; TUDHOPE, Douglas; ALMEIDA, Mauricio Barcellos de. Towards a taxonomy of KOS: dimensions for classifying Knowledge Organization Systems. **Knowledge organization**, [S. l.], v. 39, n. 3, p. 179-192, 2012. Disponível em: http://mba.eci.ufmg.br/downloads/Souza_Tudhope_Almeida_-_KOS_Taxonomy_Submitted.pdf. Acesso em: 10 jan. 2025.

SUÁREZ-FIGUEROA, Mari Carmen. **NeOn Methodology for building ontology networks**: specification, scheduling and reuse. 2010. Tese (Doutorado) - Facultad de Informatica, Departamento de Inteligência Artificial, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid 2010. 268 p. Disponível em: https://oa.upm.es/3879/2/MARIA_DEL_CARMEN_SUAREZ_DE_FIGUEROA_BAONZA.pdf. Acesso em: 20 jan. 2025.

VELMAN, J. R.; WIDMANN, E. R. An ontology for standards. *In*: INCOSE INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 10., 2000, Crosstalk. **Proceedings** [...]. Crosstalk: INCOSE, 2000. p. 804-815. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2334-5837.2000.tb00458.x>.

WILKINSON, M. D. *et al.* The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. **Scientific Data**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 160018, mar. 2016.

SOBRE A AUTORA



Fernanda Farinelli é Professora Adjunta na Faculdade de Ciência da Informação da Universidade de Brasília. Doutora em Gestão e Organização do Conhecimento pela Escola de Ciência da Informação da UFMG pesquisando o tema ontologias formais. Engenheira de ontologista responsável pelo projeto da OntONeo (Ontologia do domínio obstétrico e neonatal). Pós-doutorado na Faculdade de Filosofia e Ciências da UNESP/Marília. Foi pesquisadora nos Departamentos de Filosofia e de Informática Biomédica da Universidade Estadual de Nova York em Buffalo. Mestre em Administração de Empresas (Fundação Pedro Leopoldo/MG). Especialista em Banco de Dados (UNI-BH). Bacharel em Ciência da Computação (PUCMINAS). Membro dos grupos de pesquisa Representação do Conhecimento, Ontologias e Linguagem (ReCOL) da UFMG e Estudos em Comunicação Jurídica (IBICT). Membro do Comitê de Computação em Nuvem e Plataformas Distribuídas da ABNT (ABNT/CB-021/CE 021 002 038). Foi membro da Comissão de Estudo de Gestão e Intercâmbio de Dados da ABNT (ABNT/CB-021/CE 021 002 032). Possui 20 anos de experiência em Gestão de Dados atuando em grandes empresas privadas e públicas. Atua há cerca de 20 anos como docente em cursos de graduação e pós-graduação em renomadas instituições de ensino em Minas Gerais. Atuou por 5 anos com ensino EAD no IGTI/XP Educação, como docente e na elaboração de materiais didáticos nos cursos de MBA em Engenharia de Dados e Análise de Dados. Ministra treinamentos de Microsoft Power BI e Knime Analytics Platform. Possui as profissionais Certified Data Management Professional (CDMP - DAMA), Certified Business Intelligence Professional (CBIP - TDWI) e Certified Data Professional (CDP -ICCP).

<https://lattes.cnpq.br/1907817850408525>

<https://orcid.org/0000-0003-2338-8872>

fernanda.farinelli@unb.br



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

