

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

LUCAS BASSETTI RODRIGUES DA FONSECA

**INTEGRAÇÃO DE DADOS GOVERNAMENTAIS DE DESPESAS
PÚBLICAS COM BASE EM UMA ONTOLOGIA DE REFERÊNCIA**

VITÓRIA

2017

LUCAS BASSETTI RODRIGUES DA FONSECA

**INTEGRAÇÃO DE DADOS GOVERNAMENTAIS DE DESPESAS
PÚBLICAS COM BASE EM UMA ONTOLOGIA DE REFERÊNCIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Informática.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo A. Almeida

VITÓRIA

2017



Integração de Dados Governamentais de Despesas Públicas com base em uma Ontologia de Referência


Lucas Bassetti Rodrigues da Fonseca

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Informática.

Aprovada em 27 de março de 2017:


Prof. Dr. João Paulo Andrade Almeida (Professor Orientador)


Prof. Dr. Ricardo de Almeida Falbo (PPGI-UFES)


Prof. Dr. Vítor Estêvão Silva Souza (PPGI-UFES)


P/ Prof. Dr. Fernando Willian Cruz (UnB-DF)

O julgamento dessa dissertação foi realizado com as participações por meio de videoconferência do **membro externo**, Prof. Dr. Fernando William Cruz, seguindo as normas prescritas na portaria normativa no. 1/2016. Desse modo, a assinatura do membro externo será representada neste documento pela respectiva assinatura do presidente da comissão julgadora, o Prof. Dr. João Paulo Andrade Almeida.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Vitória-ES, 27 de março de 2017.

AGRADECIMENTO

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por me abençoar, fortalecer e guiar em toda essa jornada.

Agradeço aos meus pais José e Marinete, e ao meu irmão Rodrigo, por todo apoio e incentivo de todas as formas possíveis para que eu concluísse mais esta etapa em minha vida.

Agradeço a minha namorada (e futura esposa) Juliana por todo amor, companheirismo, paciência, compreensão e incentivo nessa jornada.

Agradeço aos meus orientadores João Paulo A. Almeida e Ricardo de Almeida Falbo, pela orientação, disponibilidade, ensinamentos, e pelas oportunidades que me proporcionaram e que foram fundamentais para realização deste trabalho.

Agradeço aos professores e membros da banca Vítor E. Silva Souza e Fernando W. Cruz, por cederem seu tempo participando da defesa e contribuindo para a melhoria deste trabalho.

Agradeço aos demais professores e colegas no NEMO por toda amizade e apoio no convívio do dia a dia.

E por último, mas não menos importante, agradeço, em especial, ao professor (e quase doutor) Archimedes Detoni, no qual eu gostaria de dividir o mérito por esta conquista. Não tenho como expressar a gratidão por todo auxílio ao longo deste trabalho. Agradeço por todo apoio nas reuniões com especialistas, pelas discussões aos finais de semana, pelos artigos escritos e por toda as demais contribuições que foram fundamentais no desenvolvimento e qualidade deste trabalho. Agradeço também pela amizade, pelos conselhos e por nos proporcionar um churrasco de extrema qualidade.

“Não devemos parar de explorar, e o fim de toda nossa exploração será chegar ao ponto de partida e conhecer o lugar pela primeira vez.”

- Thomas Stearns Eliot

RESUMO

Existe um interesse crescente da sociedade na transparência de ações governamentais, que se materializa na atenção dada à transparência das despesas do governo. Dados de execução da despesa orçamentária são os principais dados disponibilizados pelos portais de informações governamentais e atraem o interesse da sociedade no controle dos gastos públicos e no combate à corrupção. Apesar disso, o consumo e análise destes dados, tanto por sistemas computacionais quanto pelos cidadãos, têm sido dificultados pela falta de padronização na estruturação dos dados nos portais, bem como pela alta complexidade do domínio (técnico e especializado). Como exemplo dessa falta de padronização e integração dos sistemas governamentais brasileiros, podem ser citados os sistemas computacionais no âmbito federal envolvidos nos processos de programação orçamentária e pagamento das despesas públicas: (i) o Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (SIOP) - utilizado para apoiar a elaboração das leis orçamentárias e suas alterações, assim como para acompanhar a execução das ações orçamentárias autorizadas; e (ii) o Sistema Integrado de Administração Financeira (SIAFI) – utilizado para registro, acompanhamento e controle da execução orçamentária, financeira e patrimonial do governo federal. A fim de mitigar esses problemas, propõe-se neste trabalho uma ontologia de referência para o domínio de despesa pública federal (ORDP), integrando os estágios desde a autorização da programação orçamentária, até o pagamento de despesas pelos órgãos da administração pública. Seu objetivo é identificar com maior clareza e precisão a natureza semântica das entidades e suas inter-relações no domínio do orçamento público, melhorando sua compreensão, assim como viabilizando, no nível semântico, a integração e uso dos dados publicados pelo governo e seu processamento por sistemas computacionais externos ao governo. Como prova de conceito de que a ontologia desenvolvida é capaz de apoiar a integração de dados de despesa pública, foi realizada uma iniciativa de integração de dados extraídos dos sistemas SIOP e SIAFI (neste último caso por meio do Portal da Transparência). Os dados foram mapeados para uma versão operacional da ontologia de referência e integrados utilizando tecnologias da Web Semântica. Casos de teste foram criados

permitindo validar a ontologia e obter informações sobre o domínio através do cruzamento dos dados das diferentes bases.

ABSTRACT

There is an increasing societal interest in the transparency of government actions, which is materialized in the attention given to the transparency of government expenditure. Not surprisingly, data on government expenditure is predominant in open government portals, attracting the attention of citizens in the control of public expenses and in the fight against corruption. Despite that, there is a number of barriers for the consumption of government expenditure data by citizens and computational systems. These include the lack of standardization in the structure of data in portals, as well as the significant complexity of the (highly technical and specialized) subject domain. Examples of this lack in government computational systems to government expenditure include: (i) Integrated Planning and Budgeting System (SIOP - *Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento*) – used to support the drafting of budget laws and to monitor implementation of authorized budget actions; and (ii) Integrated System of Financial Administration (SIAFI - *Sistema Integrado de Administração Financeira*) - used for recording, monitoring and government patrimonial, financial and budget execution controlling. In this paper, we address these problems with a reference ontology for the federal public budget domain (ORDP), integrating the stages from the authorization of budgetary programming, to the payment of expenses by public administration bodies. The objective is to identify with clarity and precision the semantic nature of the entities and their interrelations in the public budget domain, improving their understanding, as well as, at the semantic level, the integration and use of the government published data and its processing by computer systems external to government. As proof of concept that the ontology is able to support integrating government expenditure data, data extracted from SIOP and SIAFI (by the Government Transparency Portal) systems were integrated. These data were mapped to an operational version of the reference ontology and integrated using Semantic Web technologies. Test cases were created to validate the ontology and obtain information about the domain by crossing the data from different databases.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplo de Autorização Orçamentária da LOA 2016 (extraído de (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2016))	23
Figura 2. Critérios de Classificação das Despesas.....	24
Figura 3. Exemplo de Código Numérico da Classificação da Despesa Orçamentária (adaptada de (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO DESENVOLVIMENTO E GESTÃO, 2016)).....	25
Figura 4. Programas e Ações para Organização das Despesas no Orçamento Público.....	26
Figura 5. Taxonomia de UFO sobre <i>endurants individuals e universals</i>	33
Figura 6. Método SABIÓ para desenvolvimento de ontologias (adaptada de (FALBO, 2014)).....	36
F	39
Figura 8. Grafico com alguns dos conceitos e propriedades da ontologia definida no Protégé (MARTINS; CRAVEIRO; ALCÁZAR, 2013).....	42
Figura 9. Subontologia de Estrutura Organizacional Governamental (extraída de (MPOG, 2011)).....	44
Figura 10. Modularização da ontologia	50
Figura 11. Subontologia de Autorização Orçamentária - Ontologia de Autorização Orçamentária e Execução de Despesa Pública.....	51
Figura 12. Exemplo de Autorização Orçamentária da LOA 2016 (extraído de (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2016)).....	53
Figura 13. Subontologia de Empenho - Ontologia de Autorização Orçamentária e Execução da Despesa Pública.....	55
Figura 14. Exemplo de classificação da despesa usando tipos de segunda ordem.	57
Figura 15. Subontologia de Liquidação - Ontologia de Autorização Orçamentária e Execução da Despesa Pública.....	63
Figura 16. Subontologia de Pagamento - Ontologia de Autorização Orçamentária e Execução da Despesa Pública.....	67
Figura 17. Etapas da prova de conceito.....	72
Figura 18. Modelo de Design da subontologia de Autorização Orçamentária.....	73

Figura 19. Modelo de Design da subontologia de Empenho	75
Figura 20. Modelo de Design das subontologias de Liquidação e Pagamento	75
Figura 21. Exemplo de página do Portal da Transparência sobre um documento de Empenho	77
Figura 22. Fragmento do documento de Empenho sobre subitens da despesa retirado do Portal da Transparência.....	79
Figura 23. Fragmento do documento de Liquidação sobre subitens da despesa retirado do Portal da Transparência.....	80
Figura 24. Exemplo de fragmento do mapeamento para RDF de um Empenho	81
Figura 25. Exemplo de Item de Empenho.....	82
Figura 26. Exemplo de Sobrecarga Semântica - Item de Despesa com significados distintos nos dados extraídos do SIOF	84
Figura 27. Exemplo de integração entre uma Autorização de Despesa com um Item de Despesa do SIOF	84
Figura 28. Exemplo de aplicação usando os dados triplificados.....	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quadro de Categorias Econômicas e Grupos de Natureza de Despesa..	27
Tabela 2. Subconjunto dos Estereótipos de OntoUML	34
Tabela 3. Tabela de Conceitos/Relações para as Questões de Competência relativas à Subontologia de Autorização Orçamentária	53
Tabela 4. Axioma A1 para a subontologia de Empenho	58
Tabela 5. Axiomas A2 e A3 da subontologia de Empenho	59
Tabela 6. Tabela de Conceitos, Relações, Propriedades e Axiomas para as Questões de Competência relativas à Subontologia de Empenho	60
Tabela 7. Axiomas da subontologia de Liquidação.....	65
Tabela 8. Tabela de Conceitos, Relações, Propriedades e Axiomas para as Questões de Competência relativas à Subontologia de Liquidação	66
Tabela 9. Axiomas da subontologia de Pagamento	68
Tabela 10. Tabela de Conceitos, Relações, Propriedades e Axiomas para as Questões de Competência relativas à Subontologia de Pagamento	69
Tabela 11. Consultas SPARQL referentes às Questões de Competência	86
Tabela 12. Consulta SPARQL e resultado para a QC10	92
Tabela 13. Consulta SPARQL e resultado para a QC26	92

LISTA DE SIGLAS/ACRÔNIMOS

API. Application Programming Interface

CAPTCHA. Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart

GND. Grupo de Natureza da Despesa

JSON. JavaScript Object Notation

LDO. Lei de Diretrizes Orçamentárias

LOA. Lei Orçamentária Anual

MLT. Multi-Level Theory

ND. Nota de Dotação

NE. Nota de Empenho

NL. Nota de Lançamento

NS. Nota de Sistema

OB. Ordem Bancária

ORDP. Ontologia de Referência para Despesas Públicas

OWL. Web Ontology Language

PLOA. Projeto de Lei Orçamentaria Anual

PPA. Plano Plurianual

QC. Questão de Competência

QDD. Quadro de Detalhamento da Despesa

RDF. Resource Description Framework

SABiO. Systematic Approach for Building Ontologies

SIAFI. Sistema Integrado de Administração Financeira

SIOP. Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento

SIORG. Sistema de Informações Organizacionais do Governo Federal

SOF. Secretaria de Orçamento Federal

SPARQL. SPARQL Protocol and RDF Query Language

STN. Secretaria do Tesouro Nacional

UFES. Universidade Federal do Espírito Santo

UFO. Unified Foundational Ontology

UG. Unidade Gestora

UML. Unified Modeling Language

URI. Uniform Resource Identifiers

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	MOTIVAÇÃO	15
1.2	OBJETIVOS	17
1.3	MÉTODO DE PESQUISA	18
1.4	ESTRUTURA	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	ORÇAMENTO PÚBLICO	22
2.2	ONTOLOGIAS	29
2.2.1	UFO	30
2.2.2	OntoUML	33
2.3	MLT	34
2.4	ABORDAGEM ADOTADA	36
2.5	TRABALHOS CORRELATOS	39
2.5.1	Ontologia de Classificação da Despesa Orçamentária Federal	39
2.5.2	Ontologia para o Orçamento Público Federal Brasileiro	41
2.5.3	Ontologia de Estrutura Organizacional Governamental Brasileira	42
2.5.4	Conclusão	44
3	ONTOLOGIA DE REFERÊNCIA PARA DESPESAS PÚBLICAS	46
3.1	SUBONTOLOGIA DE AUTORIZAÇÃO ORÇAMENTÁRIA	50
3.2	SUBONTOLOGIA DE EMPENHO	54
3.3	SUBONTOLOGIA DE LIQUIDAÇÃO	62
3.4	SUBONTOLOGIA DE PAGAMENTO	67
3.5	CONCLUSÃO	70
4	PROVA DE CONCEITO	71
4.1	DESIGN E IMPLEMENTAÇÃO DA ONTOLOGIA OPERACIONAL	73
4.2	EXTRAÇÃO DE DADOS	76
4.3	IMPORTAÇÃO	78

4.4	INTEGRAÇÃO.....	82
4.5	DEMONSTRAÇÃO.....	85
4.5.1	Casos de Teste.....	85
4.5.2	Exemplo de Aplicação Mobile de Consumo dos Dados Obtidos.....	93
4.6	CONCLUSÃO.....	94
5	CONCLUSÃO.....	96
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96
5.2	CONTRIBUIÇÕES.....	99
5.3	LIMITAÇÕES.....	99
5.4	PERSPECTIVAS FUTURAS.....	100
6	REFERÊNCIAS.....	102

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta as motivações para o desenvolvimento da pesquisa apresentada neste trabalho e expõe os objetivos alcançados, finalizando com a estrutura desta dissertação.

1.1 MOTIVAÇÃO

O orçamento público surgiu com o objetivo de controlar a arrecadação e os gastos dos governos pelo parlamento. Inspirados na Carta Magna Inglesa de 1215, os orçamentos modernos passaram a ter previsão de receita e despesa anual obrigatória em lei, e a despesa pública passou a ser realizada apenas com autorização legislativa (GIACOMONI, 2010).

No Brasil, a Lei Orçamentária Anual (LOA) é o instrumento de gestão e de transparência que realiza a previsão e autorização das ações planejadas pelo governo para um exercício financeiro que, comumente, corresponde ao período de 1º de janeiro a 31 de dezembro do ano seguinte ao da aprovação da lei (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO DESENVOLVIMENTO E GESTÃO, 2016). Dessa forma, os mecanismos de gestão e fiscalização do orçamento federal brasileiro devem abranger tanto a elaboração da lei orçamentária, quanto a execução das despesas públicas em conformidade com o planejamento, permitindo, em princípio, um controle completo do ciclo de vida das despesas desde a sua previsão até o efetivo pagamento de credores.

Considerando o interesse da sociedade no controle dos gastos públicos e no combate à corrupção, não surpreende que os principais dados disponibilizados pelos portais de informações governamentais sejam relativos às despesas públicas. Exemplos incluem o Portal da Transparência do Governo Federal (disponível em <http://www.portaltransparencia.gov.br/>) e o Portal da Transparência do Estado do Espírito Santo (disponível em <http://transparencia.es.gov.br>).

Apesar da ampla disponibilização dos dados sobre despesas (em atendimento à Lei de Acesso à Informação - Lei nº 12.527/2011 e, mais recentemente, à Política de Dados Abertos do Poder Executivo Federal - Decreto nº 8.777, de 11/05/2016), a falta de padronização na estruturação dos dados nos portais, bem como as fontes heterogêneas e não integradas das quais eles advêm, dificultam o consumo e análise desses dados tanto pelos cidadãos quanto por sistemas computacionais. No caso específico de dados de orçamento e despesas públicas, há também a barreira da complexidade do domínio (técnico e especializado), que geralmente carece de uma descrição clara e precisa dos conceitos envolvidos (GRIFFO; ALMEIDA; GUIZZARDI, 2015) (GUARINO; GUIZZARDI, 2015), o que diminui o interesse de quem pretende utilizar os dados disponibilizados pelos órgãos públicos.

Como exemplo dessa falta de padronização e integração dos sistemas governamentais brasileiros, podem ser citados os sistemas computacionais no âmbito federal que estão envolvidos nos processos de programação orçamentária e pagamento das despesas públicas: (i) o Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (SIOP) - desenvolvido e mantido pela Secretaria de Orçamento Federal do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, para apoiar a elaboração das leis orçamentárias e suas alterações, assim como para acompanhar a execução das ações orçamentárias autorizadas; e (ii) o Sistema Integrado de Administração Financeira (SIAFI) – desenvolvido e administrado pela Secretaria do Tesouro Nacional, do Ministério da Fazenda, e utilizado para registro, acompanhamento e controle da execução orçamentária, financeira e patrimonial do governo federal.

Vale ressaltar que este exemplo trata de dois sistemas desenvolvidos e mantidos no âmbito de diferentes órgãos da administração pública, com o intuito de apoiar processos distintos, mas que precisariam de um maior grau de interoperabilidade, a fim de apoiar adequadamente a integração dos processos relativos à autorização do orçamento e à execução da despesa pública. Uma evidência dessa lacuna é a dificuldade em se obter informações que dependam do cruzamento entre os dados do SIOP e SIAFI. Por exemplo, tomando como base uma determinada autorização orçamentária descrita na LOA (dados disponíveis no

SIOPI): quais foram os maiores beneficiários, pessoas jurídicas ou físicas, que receberam pagamentos realizados pelo órgão autorizado (dados disponíveis no SIAFI)? Quanto do valor autorizado na LOA foi efetivamente objeto de pagamentos (dados do SIAFI)?

Em síntese, a parte do domínio de orçamento público que envolve desde a autorização orçamentária, até o efetivo pagamento da despesa pública, apresenta problemas, alguns já evidenciados por (CRAVEIRO; SANTANA; ALBUQUERQUE, 2013) e (FONSECA et al., 2016), tais como: (i) complexidade do domínio, envolvendo conceitos, relações e processos incomuns para a maioria dos cidadãos; (ii) carência de padronização na estruturação dos dados publicados; (iii) falta de clareza e precisão semântica na descrição dos conceitos do domínio, que são falhas marcantes desde os regulamentos legais sobre o tema, passando pelos manuais dos sistemas informatizados de apoio, e até mesmo nos glossários dos Portais de Transparência governamentais; (iv) dificuldade de extrair e relacionar dados dos sistemas de apoio aos processos envolvidos.

Esses problemas configuram caso típico para aplicação de abordagem baseada em ontologias a fim de mitigá-los e há propostas neste sentido, apresentadas em trabalhos como (MARTINS; CRAVEIRO; ALCÁRAZ, 2013), (FONSECA; AZEVEDO; ALMEIDA, 2014) e (FONSECA et al., 2016), que são analisados no capítulo sobre os trabalhos correlatos. Além disso, o próprio governo federal tem investido na construção de ontologias a fim de possibilitar o intercâmbio de informações no nível semântico, buscando viabilizar a interoperabilidade entre diversas fontes de dados, como aquelas disponibilizadas no portal e-VoG (Repositório de Vocabulários e Ontologias do Governo Eletrônico - disponível em <http://vocab.e.gov.br/>) e o “Modelo Ontológico da Classificação das Despesas do Orçamento Federal Brasileiro” (SECRETARIA DE ORÇAMENTO FEDERAL, 2013).

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver uma ontologia de referência para o domínio de autorização orçamentária e execução da despesa pública federal

(referenciada neste texto como ORDP), a fim de mitigar problemas de interoperabilidade semântica. Esse objetivo geral pode ser decomposto nos seguintes objetivos específicos:

- I. Identificar com maior clareza e precisão a natureza semântica das entidades e suas inter-relações no domínio do orçamento público, melhorando sua compreensão.
- II. Viabilizar no nível semântico a integração e uso dos dados publicados pelo governo, beneficiando o cidadão e seu processamento por sistemas computacionais externos ao governo.
- III. Avaliar ORDP considerando fontes de dados abertos do governo sobre autorização e execução da despesa orçamentária federal brasileira.

1.3 MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho seguiu a abordagem de engenharia de ontologias SABiO (*Systematic Approach for Building Ontologies*) proposta por (FALBO, 2014), e foi conduzido com base nas seguintes etapas:

- I. **Revisão da Literatura:** esta etapa consistiu na busca de artigos, vídeos e documentos oficiais e não oficiais do governo sobre autorização e execução da despesa orçamentária. Além da busca por ontologias existentes sobre o domínio de forma a encontrar possíveis problemas e limitações que possam ser explorados.
- II. **Aquisição do conhecimento:** nesta etapa ocorreu a aquisição de conhecimento sobre autorização e execução da despesa orçamentária. A aquisição se deu com base em documentos não oficiais e oficiais do governo (p. ex.: o Manual Técnico do Orçamento (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO DESENVOLVIMENTO E GESTÃO, 2016)), vídeos e entrevistas com os responsáveis pela execução orçamentária da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Esse conhecimento serviu como base para definição das questões de competência (questões que a ontologia deve responder)

utilizadas para definir o escopo da ontologia e, futuramente, para validação da mesma.

- III. **Desenvolvimento da ontologia de referência** esta etapa consistiu no desenvolvimento da ontologia de referência, abrangendo desde a autorização até a execução da despesa pública. Para representar a ontologia de referência sobre Autorização Orçamentária e Execução de Despesa Pública Federal, foi utilizada a linguagem OntoUML (GUIZZARDI, 2005), uma versão ontologicamente bem fundamentada do diagrama de classes da UML 2.0 (*Unified Modeling Language*), baseada na Ontologia de Fundamentação Unificada (*Unified Foundational Ontology* - UFO). Além disso, foram definidos axiomas formais para cobrir restrições que não eram possíveis estabelecer por meio do ferramental utilizado.
- IV. **Desenvolvimento da ontologia operacional**: nesta etapa é apresentada uma ontologia operacional, ou seja, uma ontologia projetada com o foco na garantia de propriedades computacionais desejáveis (FALBO et al., 2013), desenvolvida com base na ontologia de referência. Seu desenvolvimento teve como base tecnologias da Web Semântica (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001), que é uma extensão da Web atual em que a informação possui significado (semântica) bem definido, permitindo tanto humanos quanto computadores interpretarem dados. Foram utilizadas tecnologias como: URIs (*Uniform Resource Identifiers*), cadeias de caracteres que permitem identificar recursos na Web (BERNERS-LEE; FIELDING; MASINTER, 2005), RDF (*Resource Description Framework*), linguagem que permite interligar esses recursos (CYGANIAK; WOOD; LANTHALER, 2014), e SPARQL, linguagem que permite consultar os recursos interligados (HARRIS; SEABORNE, 2013).
- V. **Extração e integração de dados reais de autorização e execução da despesa orçamentária**: amostras de dados reais foram extraídas das bases de dados do Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (SIOP) sobre autorização orçamentária e do Portal da Transparência do governo federal que utiliza dados do Sistema Integrado de Administração Financeira (SIAFI) sobre execução orçamentária. Os dados foram, então, transformados para RDF e importados para uma nova base integrada.

- VI. **Testes da ontologia operacional e desenvolvimento de uma aplicação com base na amostra de dados integrados:** casos de testes foram implementados refletindo as questões de competências definidas na etapa (i), permitindo avaliar a ontologia e cruzar informações e rastrear, por exemplo, despesas executadas em conformidade com a lei orçamentária que as autoriza. Além disso, foi desenvolvida uma aplicação com base na amostra dos dados coletados para demonstrar as potencialidades de uso de ontologias e tecnologias da Web Semântica no domínio proposto.
- VII. **Escrita de artigos científicos e da dissertação:** os resultados obtidos durante a execução dos passos anteriores foram documentados em artigos científicos e nesta dissertação.

1.4 ESTRUTURA

A estrutura desta dissertação é a seguinte:

- O Capítulo 2 discute sobre o Referencial Teórico. Inicialmente é feita uma discussão sobre Orçamento Público, envolvendo os aspectos importantes presentes no escopo da ontologia de referência proposta neste trabalho. Em seguida, é feita uma introdução a ontologias e OntoUML. Por fim, são apresentados os trabalhos correlatos em relação ao domínio de despesa orçamentária.
- O Capítulo 3 apresenta a principal contribuição deste trabalho, a Ontologia de Referência. Seu escopo cobre tanto a autorização, quanto a execução orçamentária brasileira, passando pelas etapas de Empenho, Liquidação e Pagamento.
- O Capítulo 4 apresenta a prova de conceito com dados reais do governo, com objetivo de avaliar e mostrar as potencialidades da ontologia. A prova de conceito consiste na integração de uma base de dados sobre autorização orçamentária com outra base sobre execução orçamentária. Por fim, é feita a

avaliação da ontologia por meio de casos de testes, implementados através de consultas nas bases de dados integradas.

- O Capítulo 5 apresenta as considerações finais do trabalho, discutindo suas contribuições e perspectivas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta o referencial teórico relevante para a compreensão deste trabalho, começando por uma descrição dos conceitos relacionados com o orçamento e execução da despesa pública (Seção 2.1). Na Seção 2.2, discute-se o que são ontologias, seus tipos e o perfil OntoUML, o qual é baseado na Ontologia de Fundamentação Unificada (*Unified Foundational Ontology* - UFO). A Seção 2.3 apresenta a teoria de modelagem conceitual multinível MLT, a qual é usada neste trabalho para representar categorias de tipos, bastante comuns no domínio de orçamento e execução da despesa pública. Por fim, a Seção 2.4 apresenta algumas iniciativas de construção de ontologias para domínios correlatos ao abordado neste trabalho.

2.1 ORÇAMENTO PÚBLICO

O orçamento público é o “instrumento pelo qual o governo estima as receitas e fixa as despesas para poder controlar as finanças públicas e executar as ações governamentais, ensejando o objetivo estatal do bem comum” (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO DESENVOLVIMENTO E GESTÃO, 2016). Portanto, é por meio do orçamento público que a administração pública assume o compromisso de entregar à sociedade um conjunto de produtos e serviços, assim como prevê a arrecadação que espera receber desta mesma sociedade. Dessa forma, o mecanismo orçamentário tende a induzir o gestor público a agir com responsabilidade no uso dos recursos públicos e permite à sociedade auxiliar no controle das ações desses gestores, checando se os recursos estão sendo usados adequadamente.

O orçamento federal brasileiro, conforme previsto no art. 165 da Constituição Federal de 1988, compreende a elaboração e execução de três leis ordinárias que, em conjunto, materializam o planejamento e a execução das políticas públicas federais: o Plano Plurianual (PPA), a Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e a Lei Orçamentária Anual (LOA).

O PPA tem vigência de quatro anos e estabelece as diretrizes, objetivos e metas de médio prazo da administração pública. A LDO, de vigência anual, enuncia as políticas públicas e respectivas prioridades para o exercício seguinte. A LOA estima as receitas e fixa a programação das despesas para o exercício financeiro. Dessa forma, a LDO serve como intermediadora entre o PPA (plano de médio prazo do governo) e a LOA, identificando no PPA os programas que receberão prioridade no exercício seguinte e que deverão ser implementados através das ações previstas na LOA durante o exercício a que se refere (SENADO FEDERAL, 2016).

A Figura 1 apresenta um fragmento da LOA de 2016 (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2016), mostrando como os créditos orçamentários são alocados para os diversos órgãos que compõem a administração pública. Para cada órgão está prevista uma série de Programas Governamentais, que são subdivididos em Ações Governamentais, para as quais são fixadas suas respectivas dotações orçamentárias, ou seja, um limite de crédito que pode ser comprometido com cada uma daquelas despesas.

Órgão: 26000 Ministério da Educação Unidade: 26406 Instituto Federal do Espírito Santo Quadro dos Créditos Orçamentários										
<i>Programática</i>	<i>Programa/Ação/Localização</i>	<i>Funcional</i>	<i>Esf</i>	<i>GND</i>	<i>RP</i>	<i>Mod</i>	<i>IU</i>	<i>Ete</i>	<i>Valor</i>	
2080	Educação de qualidade para todos								94.639.043	
	Atividades								94.639.043	
2080.2994	<i>Assistência ao Estudante da Educação Profissional e Tecnológica</i>								<i>15.686.701</i>	
2080.2994.0032	Assistência ao Estudante da Educação Profissional e Tecnológica – No Estado do Espírito Santo	12.363							15.686.701	
	– Benefício Concedido (unidade): 85.000		F	3-ODC	2	90	0	100	15.686.701	

Figura 1. Exemplo de Autorização Orçamentária da LOA 2016 (extraído de (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2016))

Considerando que o orçamento público é composto por um grande volume de despesas autorizadas e tendo em vista a histórica busca por uma estrutura orçamentária que aumente a transparência e facilite o controle e a fiscalização do gasto público (ARAÚJO et al., 2012), faz-se necessário o uso de critérios de classificação que permitam uma melhor organização e recuperação das informações sobre essas despesas (GIACOMONI, 2010).

A “classificação da despesa” é o mecanismo pelo qual se faz o agrupamento da despesa por categorias. Por esta classificação é possível, por exemplo, visualizar o orçamento por Poder (quem é o responsável pela despesa?), por função e subfunção de governo (em que áreas do governo a ação será realizada – saúde, educação segurança?), por programa (qual o tema da política pública? P. ex. “Educação de Qualidade para Todos”) e por categoria econômica (trata-se de despesa com custeio de serviços correntes, ou investimento em bens de capital?) (SENADO FEDERAL, 2016).

Portanto, para compreender o orçamento público é fundamental dominar seu sistema de classificação a fim de estabelecer as relações entre as ações da administração pública e os valores financeiros associados (p.ex. gasto em que, para que, sob a responsabilidade de quem) (ARAÚJO et al., 2012).

O modelo orçamentário brasileiro contempla os seguintes critérios de classificação das despesas, conforme ilustrado na Figura 2: (i) por esfera; (ii) institucional; (iii) funcional; (iv) programática; e (v) por natureza da despesa (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO DESENVOLVIMENTO E GESTÃO, 2016).

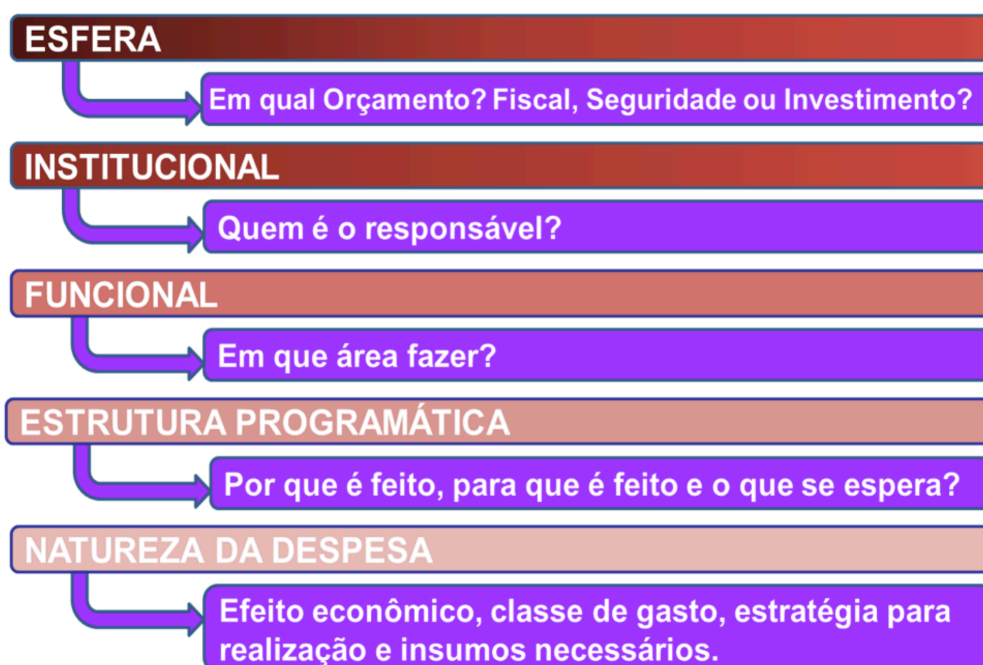


Figura 2. Critérios de Classificação das Despesas

Além disso, as ações previstas na LOA recebem um identificador numérico que é estruturado de acordo com cada um desses critérios de classificação das despesas orçamentárias, seguindo o exemplo apresentado na Figura 3.

CÓDIGO		10.	26.	406.	12.	363.	2080.	2994.	0032.
Esfera: Orçamento Fiscal		10							
CLASSIFICAÇÃO INSTITUCIONAL	Órgão: Ministério da Educação		26						
	Unidade Orçamentária: Instituto Federal do Espírito Santo			406					
CLASSIFICAÇÃO FUNCIONAL	Função: Educação				12				
	Subfunção: Ensino Profissional					363			
CLASSIFICAÇÃO PROGRAMÁTICA	Programa: Educação de Qualidade para Todos						2080		
	Ação: Assistência ao Estudante da Educação Profissional e Tecnológica							2994	
	Subtítulo (Localização): No Estado do Espírito Santo								32

Figura 3. Exemplo de Código Numérico da Classificação da Despesa Orçamentária (adaptada de (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO DESENVOLVIMENTO E GESTÃO, 2016))

A classificação por esfera orçamentária tem por finalidade identificar se a despesa pertence ao Orçamento Fiscal (letra “F” no texto da LOA ou código 10 na base de dados do SIOP – Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento), da Seguridade Social (letra “S” ou código 20) ou de Investimento das Empresas Estatais (letra “I” ou código 30) (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO DESENVOLVIMENTO E GESTÃO, 2016).

A classificação institucional identifica a unidade administrativa responsável pela realização da ação orçamentária, compreendendo dois níveis hierárquicos: (i) órgão orçamentário – corresponde às unidades administrativas de maior nível hierárquico e agrupa um conjunto de unidades orçamentárias (dois primeiros dígitos do identificador da classificação institucional); (ii) unidade orçamentária (UO) – unidades de menor nível hierárquico, que são as responsáveis diretas pela execução da despesa (três últimos dígitos do identificador da classificação institucional) (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO DESENVOLVIMENTO E GESTÃO, 2016). No exemplo da Figura 3, o órgão indicado é o Ministério da Educação (identificador 26) e a UO é o Instituto Federal do Espírito Santo (identificador 406).

A classificação funcional indica em qual área a ação governamental será realizada (p. ex. legislativa, judiciária, segurança pública, saúde, educação...), sendo formada por dois campos: (i) função, cujo identificador possui dois dígitos – p. ex. a função 12 – Educação; (ii) subfunção, cujo identificador possui três dígitos – p. ex. a subfunção 363 – Ensino Profissional. Vale destacar que se trata de uma classificação independente da institucional e da programática. Por exemplo, pode haver uma ação classificada na função 09 – Assistência Social sendo realizada pelo órgão Ministério da Educação. Da mesma forma, as subfunções poderão ser combinadas com funções diferentes daquelas a que estejam vinculadas precipuamente (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO DESENVOLVIMENTO E GESTÃO, 2016).

A classificação programática baseia-se na estruturação das ações organizadas a partir dos programas de governo definidos no PPA. Assim, conforme ilustrado na Figura 4, para cada Programa (planejado no PPA e com execução prevista na LOA) são identificadas as Ações (projetos, atividades ou operações especiais) e especificados os respectivos valores e metas, a fim de solucionar um problema ou atender uma demanda da sociedade. Nesta categoria de classificação também é identificado o subtítulo (localização onde será feita o gasto) (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO DESENVOLVIMENTO E GESTÃO, 2016).

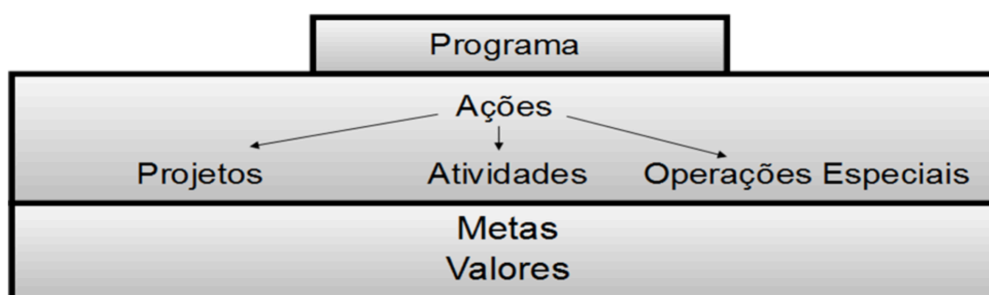


Figura 4. Programas e Ações para Organização das Despesas no Orçamento Público

Cada programa é identificado por um código de quatro dígitos. Retomando o exemplo da Figura 3, o programa “Educação de qualidade para todos” possui o identificador 2080. As ações, por sua vez, são identificadas por um código alfanumérico de oito dígitos. O primeiro dígito do código identifica se a ação é um projeto (dígitos 1, 3, 5 ou 7), uma atividade (dígitos 2, 4, 6 ou 8), ou uma operação

especial (dígito 0); os três dígitos seguintes identificam uma ação específica; e os quatro últimos dígitos identificam o subtítulo (localização) da ação. O exemplo da Figura 3 traz a ação “Assistência ao Estudante da Educação Profissional e Tecnológica - No Estado do Espírito Santo” cujo código é 2994 (o primeiro dígito “2” indica que se trata de uma atividade). Os últimos quatro dígitos “0032” identificam o subtítulo (localização) “No Estado do Espírito Santo”.

A classificação por natureza de despesa possibilita obter tanto informação macroeconômica sobre o efeito do gasto do setor público na economia (categoria econômica, grupo de natureza e modalidade de aplicação), quanto para controle gerencial do gasto (elemento da despesa) (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO DESENVOLVIMENTO E GESTÃO, 2016) (TESOURO NACIONAL, 2016b):

- I. **Categoria econômica** – indica os efeitos da ação sobre a economia do país, podendo ser uma Despesa Corrente (código 3) ou uma Despesa de Capital (código 4);
- II. **Grupo de natureza da despesa (GND)** – subdivide as categorias econômicas conforme mostrado na Tabela 1, servindo, ainda, como agregador dos elementos de despesa com as mesmas características quanto ao objeto do gasto público (seu identificador é formado por um dígito no SIOP) (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO DESENVOLVIMENTO E GESTÃO, 2016). Retomando ao exemplo da Figura 1, verifica-se que o GND daquela ação é “ODC” (Outras Despesas Correntes);
- III. **Modalidade de aplicação** – indica se os recursos são aplicados diretamente por órgão ou entidade no âmbito do mesmo nível de Governo, ou por outro ente da Federação. É identificado por um código de dois dígitos, como no exemplo da Figura 1, em que a coluna “Mod” apresenta o valor “90 - Aplicações Diretas” (outros exemplos de valores seriam “20 - Transferências à União”; “30 - Transferências a Estados e ao Distrito Federal”).

Tabela 1. Quadro de Categorias Econômicas e Grupos de Natureza de Despesa

Categorias Econômicas	Grupos de Natureza da Despesa
-----------------------	-------------------------------

3 - Despesas Correntes	1 - Pessoal e Encargos Sociais
	2 - Juros e Encargos da Dívida
	3 - Outras Despesas Correntes
4 - Despesas de Capital	4 - Investimentos
	5 - Inversões financeiras
	6 - Amortização da Dívida

Existe, ainda, uma parte da classificação por natureza de despesa que não é identificada nas autorizações orçamentárias que compõem a LOA, mas apenas a partir do estágio de execução (a partir do empenho das despesas) e por esse motivo não estão presentes no exemplo da Figura 1. Trata-se da classificação por elemento e subelemento de despesa, que tem a finalidade de identificar o objeto imediato de cada despesa. Seu código é formado por quatro dígitos (dois primeiros dígitos para identificar o elemento e os dois últimos para o subelemento), como, por exemplo, o elemento “30 - Material de Consumo” e o subelemento “07 - Gêneros de Alimentação”; ou o elemento “32 - Material, Bem ou Serviço para Distribuição Gratuita” e o subelemento “04 – Material Educacional e Cultural”.

Uma vez que as despesas programadas na LOA estão fixadas e classificadas, inicia-se a execução orçamentária, quando a despesa pública é realizada seguindo os três estágios previstos na lei 4.320/64: Empenho, Liquidação e Pagamento.

O empenho pode ser realizado uma vez que sejam atendidos os condicionantes (autorização da LOA, disponibilidade financeira e realização de processo licitatório, quando aplicável). Ele faz parte, geralmente, da contratação por um órgão público, da aquisição de um bem material ou de serviço, autorizando a reserva de dotação orçamentária para um fim específico, funcionando como garantia ao credor do ente público de que existe o crédito orçamentário necessário para a liquidação de um compromisso assumido. O documento usado para registrar este estágio é a Nota de Empenho (NE) (TESOURO NACIONAL, 2016b).

Após devidamente empenhada, a despesa pública passa para o estágio de liquidação, no qual será verificado objetivamente o cumprimento do contrato pelo credor. Ou seja, nesta fase o ente público fiscaliza se a prestação dos serviços, entrega dos bens, ou a realização da obra foi realizada adequadamente pelo credor, evitando, dessa forma, o pagamento sem cumprimento prévio das condições, quando forem exigidas. O documento gerado neste estágio é a Nota de Lançamento (NL) ou Nota de Sistema (NS) (TESOURO NACIONAL, 2016b).

O pagamento, último estágio da execução da despesa, extingue a obrigação do ente público com o credor, consistindo no efetivo repasse de numerário ao último. Esse procedimento é efetuado comumente através de crédito em conta bancária, registrado normalmente em Ordem Bancária (OB) que tenha como favorecido o credor do empenho (TESOURO NACIONAL, 2016b).

O processo de execução orçamentária é tratado atualmente pelo Sistema Integrado de Administração Financeira (SIAFI), enquanto o processo de autorização orçamentária é tratado pelo Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (SIOP). Apesar de ambos serem sistemas do governo federal, ambos são mantidos por diferentes órgãos da administração pública e carecem de um maior grau de interoperabilidade, a fim de apoiar adequadamente a integração dos processos relativos à autorização do orçamento e à execução da despesa pública. Uma evidência dessa lacuna é a dificuldade em se obter informações que dependam do cruzamento entre os dados do SIOP e SIAFI.

2.2 ONTOLOGIAS

Uma ontologia é uma especificação parcial, formal e explícita de uma conceituação compartilhada (GUARINO; STAAB; STUDER, 2009). O termo conceituação refere-se a um conjunto de conceitos e relações relevantes para articular sobre um fenômeno do mundo real. Parcial diz respeito ao fato de apenas certos aspectos da realidade serem alvo de uma ontologia. Explícita significa que os conceitos usados e as restrições sobre seu uso são definidos explicitamente. Formal refere-se ao nível de expressividade da linguagem usada para descrever a

ontologia. Linguagens lógicas são normalmente consideradas formais. Compartilhada reflete o fato de uma ontologia capturar o conhecimento consensual aceito por uma comunidade.

Guarino (1998) propõe uma classificação para tipos de ontologias baseado no seu nível de generalidade e dependência em relação a uma tarefa particular ou ponto de vista: (i) ontologias de fundamentação (alto nível), são independentes de domínio e tarefa, e descrevem conceitos gerais como espaço, tempo, matéria, objeto, evento, ação etc.; (ii) ontologias de domínio descrevem um vocabulário relacionado a um domínio genérico (como medicina ou despesa orçamentária), especializando os termos introduzidos na ontologia de fundamentação, e; (iii) ontologias de aplicação descrevem conceitos que dependem de um determinado domínio. Esses conceitos frequentemente correspondem a papéis desempenhados por entidades de domínio ao executar uma determinada tarefa.

Uma importante distinção é feita em (GUIZZARDI, 2007) entre ontologias como modelos conceituais, conhecidas como ontologias de referência, e ontologias como artefatos de codificação, chamadas de ontologias operacionais. Uma ontologia de referência é construída com o objetivo de fazer a melhor descrição possível do domínio na realidade. É um tipo especial de modelo conceitual, um artefato de engenharia com o requisito adicional de representar um modelo de consenso (ou modelo de referência) dentro de uma comunidade. Por outro lado, uma vez que os usuários já tenham acordado uma concepção comum, as versões operacionais de uma ontologia de referência podem ser criadas. Ao contrário das ontologias de referência, ontologias operacionais são projetadas com o foco na garantia de propriedades computacionais desejáveis (FALBO et al., 2013).

2.2.1 UFO

UFO (*Unified Foundational Ontology*) é uma ontologia de fundamentação que foi desenvolvida baseada em várias teorias das áreas de Lógica Filosófica, Ontologias Formais, Linguística e Psicologia Cognitiva, que por muitos anos vem sendo utilizada com sucesso para prover semântica para ontologias de domínio

através de um sistema completo de categorias de entidades que permitem um mapeamento sólido de entidades e relações existentes no mundo real (GUIZZARDI, 2005).

UFO começa com uma distinção entre *Universals* e *Individuals*. *Universals* são padrões de características, que são instanciadas por *Individuals*. Por exemplo, João e Maria são *Individuals* que instanciam os *Universals* Homem e Mulher respectivamente. UFO inclui uma taxonomia de *Individuals* e uma de *Universals*.

Uma distinção importante na taxonomia de *Individuals* é entre *Endurants* e *Events*. *Endurants* (ao contrário dos eventos) são os *Individuals* que se dizem estarem inteiramente presentes sempre que estão presentes, isto é, podem persistir no tempo sofrendo várias alterações qualitativas enquanto mantêm a sua identidade (por exemplo, uma casa ou uma pessoa). Uma vez que neste trabalho estamos especialmente interessados em uma porção de UFO que explica os aspectos estruturais (em oposição aos dinâmicos) da modelagem conceitual, nos concentramos nos *Endurants*. *Endurants* são classificados em *Substantials* e *Moments*. *Substantials* são *Endurants* existencialmente independentes (por exemplo, uma pessoa ou uma floresta). *Moments*, em contraste, são *Endurants* que é inerente a, e, portanto, é existencialmente dependente de outro *Endurant*. *Moments* que são dependentes de um único *Individual* são *Intrinsic Moments* (por exemplo, o peso de uma pessoa), enquanto *Moments* que dependem de uma pluralidade de indivíduos são instâncias de *Relator* (por exemplo, um casamento, um emprego

Essa distinção de *Individuals* é refletida na taxonomia de *Universals*. Instâncias de *Intrinsic Moment universal* tem *Intrinsic Moments* como instâncias (por exemplo, o conceito “Peso” por ser instanciado por “peso de João”), instâncias de *Relator Universal* tem *Relators* como instâncias (por exemplo, o conceito “Casamento” é instanciado pelo “casamento de João e Maria”), e instâncias de *Substantial Universals* tem *Substantials* como instância (por exemplo, o conceito “Pessoa” é instanciado por “João” e “Maria”).

A categoria ontológica *Substantial Universal* é especializada de acordo com as noções ontológicas de identidade e rigidez. *Substantial Universals* que carregam

um princípio uniforme de identidade para seus *Individuals* são exemplos de *Sortal Universal* (por exemplo, os conceitos “Carro”, “Pessoa” e “Organização”). Em contraste, instâncias de *Mixin Universals* (ou *Non-Sortal Universals*) representam a abstração de propriedades comuns a vários *Sortals* (por exemplo, o *mixin* “Item Segurado” descreve propriedades que são comuns a diferentes *sortals*, tais como “Casa”, “Carro” e “Obra de Arte”). Além disso, um tipo T é dito rígido se para toda instância x de T, x é necessariamente uma instância de T (no senso modal). Em outras palavras, se x instancia T em um dado mundo w, então x deve instanciar T em todo mundo possível w’.

Um *Rigid Sortal* que fornece um princípio uniforme de identidade às suas instâncias é denominado *Kind* (por exemplo, uma “Pessoa” ou “Organização”). Instâncias de *Kind* podem ser especializadas por outros *Rigid Sortals* que herdam o princípio de identidade fornecido pelo *Kind*. Esses *rigid sortals* são denominados *Subkinds* (por exemplo, “Homem” e “Mulher”). *Anti-rigid Sortals* são classificados em *Roles* ou *Phases*. Instâncias de *Role* classificam *Substantials* através das propriedades relacionais que eles carregam no âmbito de um contexto relacional (por exemplo, “Empregado”, “Esposa” e “Estudante”), que são considerados *Universals* externamente dependentes. Em contraste, instâncias de *Phase* classificam *Substantials* que dependem de uma ou várias de suas propriedades intrínsecas (por exemplo, “Criança” e “Adulto”).

Rigid Mixins que representam abstrações de propriedades que se aplicam a instâncias de diferentes *Kinds* são chamados de *Categories* (por exemplo, “Entidade Legal” abstrai propriedades de pessoas e organizações). *Anti-rigid Mixins* são classificados em *Role Mixins* (que são externamente dependentes) e *Phase Mixins*. *Role Mixins* classificam *Substantials* de diferentes *Kinds* através de propriedades relacionais comuns (por exemplo, “Cliente” abstrai propriedades aplicáveis a pessoas e organizações). Em contraste, *Phase Mixins* classificam *Substantials* de diferentes *Kinds* através de propriedades intrínsecas comuns (por exemplo, “Animal Vivo” e “Animal Morto” classificam instâncias de entidades de tipos como “Cão”, “Pessoa”, “Vaca”, etc.).

A Figura 5 resume a discussão descrevendo um fragmento de UFO sobre a taxionomia de *universals* (*Endurant Universal* e suas especializações) e *individuals* (*Endurant* e suas especializações).

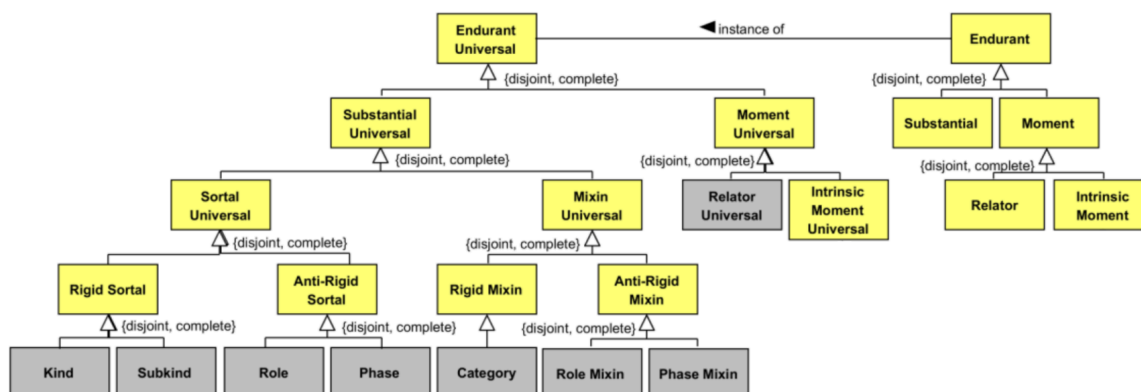


Figura 5. Taxonomia de UFO sobre *endurants individuals* e *universals*

A fim de apoiar a construção de modelos conceituais orientados por ontologias, foi proposto um perfil UML (chamado de OntoUML) em (GUIZZARDI, 2005) que é descrito na seção seguinte.

2.2.2 OntoUML

OntoUML (GUIZZARDI, 2005) é um perfil ontologicamente bem fundamentado do diagrama de classes da UML 2.0 (*Unified Modeling Language*), que introduz estereótipos no diagrama de classes com base em meta-propriedades ontológicas, as quais permitem a criação de ontologias consistentes e alinhadas com a Ontologia de Fundamentação Unificada (*Unified Foundational Ontology* - UFO).

Uma importante característica de OntoUML é a reificação de associações usando-se o conceito de **relator** (GUARINO; GUIZZARDI, 2015). Um **relator** captura a forma como entidades se relacionam em certo contexto, desempenhando papéis (*roles*) neste contexto. Cada **relator** deve estar ligado com ao menos duas entidades (*roles*), onde cada ligação representa uma relação formal de mediação (*mediation*). **Relators** são particularmente importantes para a representação de relações sociais (p.ex. o casamento civil entre duas pessoas) e seu uso tem sido explorado em

trabalhos recentes como conceito chave para a representação de relações legais (UFO-L) (GRIFFO; ALMEIDA; GUIZZARDI, 2015), relações de serviço (UFO-S) (NARDI et al., 2015) e compromissos sociais (*claims/commitments*) entre agentes (GUIZZARDI; FALBO; GUIZZARDI, 2008).

A Tabela 2 apresenta os estereótipos da linguagem relevantes para o contexto deste trabalho.

Tabela 2. Subconjunto dos Estereótipos de OntoUML

Estereótipo	Principal Característica
«kind»	Tipos rígidos que fornecem princípio de identidade para suas instâncias (p. ex., Pessoa, Órgão)
«subkind»	Tipos rígidos cujas instâncias especializam instâncias de um «kind» (p. ex., Homem, Mulher)
«category»	Tipos rígidos que capturam propriedades comuns, ou compartilhadas, entre entidades que possuem diferentes princípios de identidade (p. ex. a categoria Entidade Racional, como uma generalização de Pessoa e Agente Inteligente)
«role»	Tipos anti-rígidos ¹ instanciados no escopo de uma relação (p. ex., Estudante, Cônjuge)
«roleMixin»	Tipos anti-rígidos que capturam <i>roles</i> com diferentes critérios de identidade (p. ex., Cliente – quando aplicado a pessoas físicas e jurídicas, Item Assegurado)
«collective»	Tipos rígidos cujas instâncias são coleções com características em comum (p. ex., Grupo de Trabalho, agregando pessoas)

2.3 MLT

Além de OntoUML, este trabalho também faz uso de MLT (*Multi-Level Theory*) como suporte à modelagem conceitual multi-nível. MLT foi proposta como uma teoria axiomática formal (CARVALHO; ALMEIDA, 2016) e tem sido usada para

¹ Um tipo T é anti-rígido se para toda instância x de T, existe a possibilidade de x não ser uma instância de T. Em outras palavras, se x instancia T em um dado mundo w, então existe um mundo possível w' em que x não instancia T.

melhorar o suporte ao padrão *powertype* (CARVALHO; ALMEIDA; GUIZZARDI, 2016) em UML, para detectar problemas em taxonomias multi-nível na Web (BRASILEIRO et al., 2016) e para fornecer fundamentação conceitual no desenvolvimento de ontologias que necessitam tratar de tipos em diferentes níveis (p. ex. tipos cujas instâncias são outros tipos, e não indivíduos) (CARVALHO et al., 2015). MLT permite a representação de tipos de mais alta ordem, admitindo, assim, a modelagem de domínios em que o próprio esquema de classificação é parte do domínio a ser representado. No domínio em questão, há diversos tipos de despesa orçamentária a serem considerados. Esses tipos têm relações entre si, assim como são objeto de prescrição no escopo da LOA, justificando, portanto, o uso de uma teoria multi-nível como MLT.

A noção de **tipos** e **indivíduos** é central em MLT. Tipos são entidades predicativas que podem ser aplicadas a múltiplas entidades (incluindo a si mesmas). Entidades particulares, que não são tipos, são considerados indivíduos (CARVALHO; ALMEIDA, 2016).

A teoria é definida usando lógica de primeira-ordem, quantificando sobre todas as entidades possíveis (indivíduos e tipos). A relação de *instância de* (*instance of*) é representada pelo predicado binário $iof(e, t)$, onde uma entidade e é *instância de* uma entidade do tipo t . Para lidar com a variedade de tipos em uma configuração multi-nível, a noção de **ordem de tipos** (*type order*) é usada. Tipos tem indivíduos cujas instâncias são **tipos de primeira-ordem**. Tipos cujas instâncias são tipos de primeira-ordem são **tipos de segunda-ordem**, e assim por diante.

A teoria define a condição para entidades que são consideradas indivíduos, usando a constante lógica “**Indivíduo**” (*Individual*). Então, uma entidade é instância de “Indivíduo” se e somente se ele não pode estar relacionada a uma outra entidade através de instanciação. A constante “**Tipo de Primeira-Ordem**” (*First-Order Type*) ou “**1stOT**” caracteriza o tipo que se aplica a todas as entidades cujas instâncias são instâncias de “**Indivíduo**”. Cada entidade cuja eventual extensão contém exclusivamente as instâncias de “**1stOT**” é uma instância de “**Tipo de Segunda-Ordem**” (*Second-Order Type*) ou “**2ndOT**”. Analogamente, “**Tipo de Terceira-**

Ordem” (*Third-Order Type*) ou “**3rdOT**” caracteriza o tipo que se aplica a todas as entidades cujas instâncias são instâncias de “**2ndOT**”.

MLT também define a noção de **subordinação** (*subordination*) entre tipos como seguinte: um tipo **t** é **subordinado a** outro tipo **t'** se e somente se todas as instâncias de **t** **especializam** uma instância de **t'**. Essa noção não se aplica a instâncias de “**Indivíduo**”. Desde **subordinação** implica especializações entre as instâncias dos tipos envolvidos em uma ordem inferior, e especializações só pode ser estabelecida entre os tipos na mesma ordem, a **subordinação** pode ocorrer apenas entre os tipos de ordem superior de mesma ordem.

2.4 ABORDAGEM ADOTADA

Este trabalho seguiu a abordagem de Engenharia de Ontologias SABiO (*Systematic Approach for Building Ontologies*) (FALBO, 2014). SABiO enfoca o desenvolvimento de ontologias de domínio (referência e operacional) e possui um processo de desenvolvimento composto de cinco fases, conforme ilustrado na Figura 6. A seguir, essas fases são brevemente descritas.

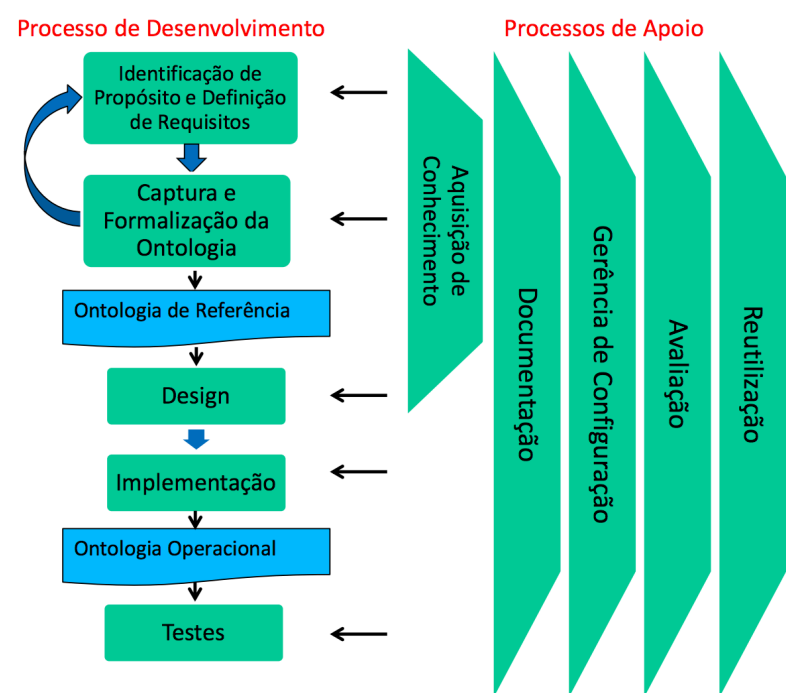


Figura 6. Método SABiO para desenvolvimento de ontologias (adaptada de (FALBO, 2014))

- I. **Identificação de Propósito e Definição de Requisitos:** Inicialmente, os propósitos e usos pretendidos para a ontologia devem ser identificados. Com os propósitos definidos, passa-se ao levantamento de requisitos, por meio de questões de competência (questões que a ontologia deve responder) e à modularização da ontologia (divisão da ontologia em subontologias a fim de lidar com sua complexidade).
- II. **Captura e Formalização da Ontologia:** Etapa de modelagem conceitual usando linguagens de representação adequadas e definição de axiomas (formais e informais).
- III. **Design:** Etapa de refinamento da ontologia, levando em conta aspectos computacionais (p. ex.: desempenho do raciocínio).
- IV. **Implementação:** Codificação na linguagem operacional escolhida (p. ex.: OWL).
- V. **Testes:** SABiO propõe uma abordagem de testes dirigidos por questões de competência, na qual as questões são implementadas por meio de consultas (queries) na linguagem da ontologia operacional, buscando-se obter o resultado esperado.

No contexto deste trabalho, em (I), foi feita a aquisição de conhecimento sobre autorização e execução da despesa orçamentária. A aquisição se deu com base em documentos não oficiais e oficiais do governo (p. ex.: o Manual Técnico do Orçamento (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO DESENVOLVIMENTO E GESTÃO, 2016)), vídeos e entrevistas com os responsáveis pela execução orçamentária da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Esse conhecimento serviu como base para definição das questões de competência utilizadas para definir o escopo da ontologia e para, futuramente, auxiliar em sua validação.

Em (II), deu-se o desenvolvimento da ontologia de referência, abrangendo desde a autorização até a execução da despesa pública. Para representar a ontologia de referência sobre Autorização Orçamentária e Execução de Despesa Pública Federal, foi utilizada a linguagem OntoUML (GUIZZARDI, 2005), uma versão ontologicamente bem fundamentada do diagrama de classes da UML 2.0 (*Unified*

Modeling Language), que introduz estereótipos no diagrama de classes com base em meta-propriedades ontológicas, as quais permitem a criação de ontologias consistentes e alinhadas com a Ontologia de Fundamentação Unificada (*Unified Foundational Ontology* - UFO). Foram também especificados axiomas formais para cobrir restrições de domínio não capturadas diretamente nos modelos OntoUML.

Em (III) e (IV), ocorreu o desenvolvimento de uma ontologia operacional, ou seja, uma ontologia projetada com o foco na garantia de propriedades computacionais desejáveis (FALBO et al., 2013), desenvolvida com base na ontologia de referência. Seu desenvolvimento teve como base tecnologias da Web Semântica (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001). Exemplos incluem o uso de URIs (*Uniform Resource Identifiers*), que é um mecanismo de identificação global e único comumente usado no formato de URLs (*Uniform Resource Locator*), e o uso da linguagem RDF (*Resource Description Framework*) para representação de informações na Web (CYGANIAK; WOOD; LANTHALER, 2014), além do uso da linguagem OWL (*Web Ontology Language*), que é uma extensão do RDF que provê maior capacidade de descrição de classes e propriedades (MCGUINNESS; HARMELEN, 2004). Com base na ontologia operacional, amostras de dados reais foram extraídas das bases de dados do Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (SIOP) sobre autorização orçamentária e do Portal da Transparência do governo federal que utiliza dados do Sistema Integrado de Administração Financeira (SIAFI) sobre execução orçamentária. Os dados foram, então, transformados para RDF e importados para uma nova base integrada.

Por fim, em (V), casos de testes foram implementados refletindo as questões de competências definidas na etapa (I), permitindo validar a ontologia e cruzar informações e rastrear, por exemplo, despesas executadas em conformidade com a lei orçamentária que as autoriza. Além disso foi desenvolvida uma aplicação com base nas amostras de dados coletadas para demonstrar as potencialidades de uso de ontologias e Web Semântica no domínio proposto.

2.5 TRABALHOS CORRELATOS

Conforme mencionado anteriormente, existem algumas iniciativas de construção de ontologias para domínios correlatos ao abordado neste trabalho. Algumas delas foram desenvolvidas com participação de atores do próprio governo federal brasileiro, como as encontradas no portal do e-VoG, e outras têm cunho predominantemente acadêmico. As próximas subseções apresentam essas iniciativas.

2.5.1 Ontologia de Classificação da Despesa Orçamentária Federal

Uma das ontologias existentes no portal e-VoG é o modelo ontológico de classificação das despesas do orçamento federal brasileiro, descrita em (ARAÚJO et al., 2012), tendo como principais conceitos Item de Despesa e seus classificadores orçamentários (Programa, Esfera, Função, SubFunção etc.) como mostra a Figura 7.

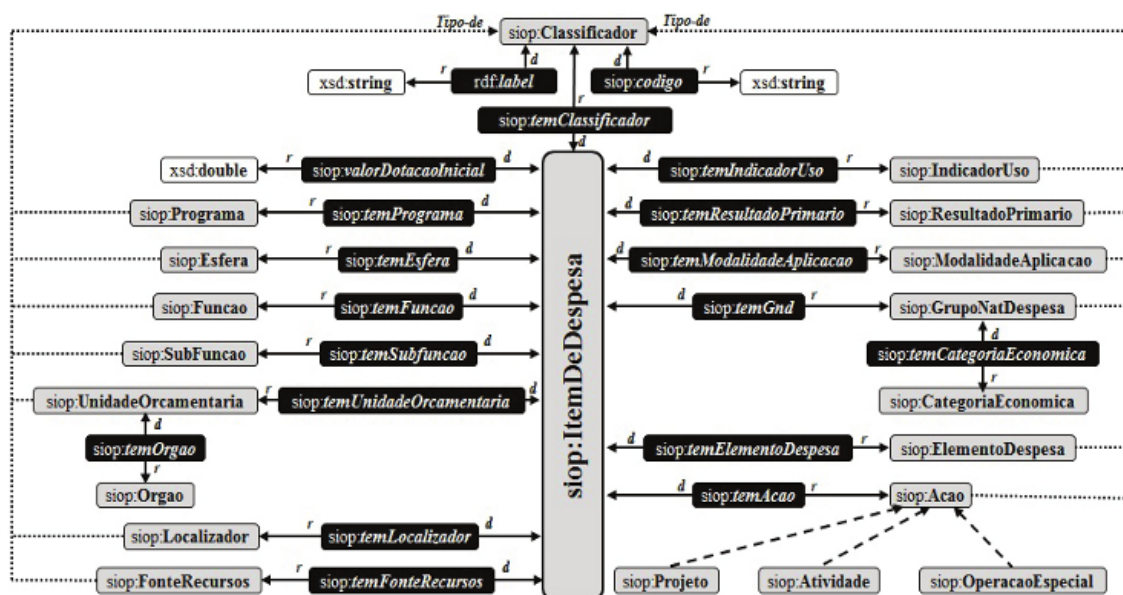


Figura 7. Ontologia de Classificação da Despesa Orçamentária Federal (ARAÚJO et al., 2012)

A ontologia descrita em (ARAÚJO et al., 2012) é do tipo operacional e seu escopo é a autorização orçamentária a partir da LOA. Não são considerados conceitos presentes nos estágios de execução da despesa (p.ex.: Credor, Subelemento da Despesa, Empenho, Liquidação e Pagamento), tratando as

informações oriundas daqueles estágios apenas de forma consolidada em valores numéricos. Como consequência, a granularidade da conceituação sobre despesas é menos fina e, além disso, há o problema de uma entidade (Item de Despesa) estar sobrecarregada com propriedades que deveriam pertencer a conceitos diferentes. Por exemplo, para um item autorizado no orçamento, o modelo prevê apenas a possibilidade de se conhecer, a partir do valor orçamentário autorizado para gasto com este item, o quantitativo orçamentário comprometido na execução (valor empenhado), ou o quantitativo financeiro pago, não sendo representado, por exemplo, o credor (pessoa ou empresa) que recebeu o recurso público. Portanto, aquele modelo não se ocupa em retratar conceitos envolvidos na efetiva execução da despesa pública.

A preocupação da ontologia apresentada em (ARAÚJO et al., 2012) é apenas de expor os dados na Web em conformidade com os princípios dos Dados Ligados (*Linked Data*) (BIZER; HEATH; BERNERS-LEE, 2009) (uma melhoria com relação aos formatos utilizados anteriormente, como CSV e PDF). No entanto, considera-se que aquela ontologia fere um destes princípios ao tratar Item da Despesa como um *blank node*, ou seja, um nó sem um identificador único (URI), servindo apenas como agrupador de dados. Como os Itens de Despesa são os elementos centrais da ontologia (que conecta os demais classificadores), torna difícil que dados de outras bases sejam ligados a eles, como, por exemplo, dados sobre execução orçamentária.

Um dos principais portais do governo federal, o SIOF, possui uma base de dados gerada com base na ontologia apresentada em (ARAÚJO et al., 2012). Analisando dados desse portal, percebe-se que, na prática, os Itens de Despesa são tratados como URIs (ao invés de *blank nodes*) e a eles estão associadas propriedades que colapsam numa mesma entidade, ou seja, existe uma sobrecarga semântica onde o conceito corresponde a diferentes etapas (autorização orçamentária e execução da despesa) e estágios (empenho, liquidação e pagamento) dos gastos públicos.

Os dados sobre os estágios da execução orçamentária apresentados pelo SIOF são apenas os valores numéricos resultantes de cada etapa (empenho,

liquidação e pagamento), sem mostrar detalhes como, por exemplo, a Unidade Gestora que executou essas etapas ou o Credor favorecido nelas. Tais detalhes são apresentados no Portal da Transparência com fonte no SIAFI. No entanto, no Portal da Transparência não existe ligação das despesas empenhadas, liquidadas e pagas com as autorizações contidas no SIOF. Além disso, o Portal da Transparência só permite consultar documentos individuais, impossibilitando fazer o *download* das bases de empenho e liquidação (apenas a base de pagamentos pode ser obtida diretamente).

2.5.2 Ontologia para o Orçamento Público Federal Brasileiro

Outra iniciativa com base em ontologias é apresentada em (MARTINS; CRAVEIRO; ALCÁZAR, 2013), que apresenta uma ontologia operacional para o orçamento público federal criada utilizando o método Deronto (CALIARI, 2007). Este método consiste na construção de ontologias a partir de diagramas de entidade-relacionamento (apesar de os diagramas não serem apresentados em detalhes em (MARTINS; CRAVEIRO; ALCÁZAR, 2013)). Apesar de possuir um escopo maior que a ontologia apresentada neste trabalho (abordando receita), assim como a ontologia apresentada em (ARAÚJO et al., 2012), ela não detalha o processo da execução da receita e despesa, não havendo preocupação em identificar e definir precisamente as relações e papéis envolvidos em cada etapa dos processos de autorização orçamentária e de execução da despesa. A Figura 8 apresenta uma representação gráfica gerada pela ferramenta Protégé² da ontologia operacional.

² <http://protege.stanford.edu/>

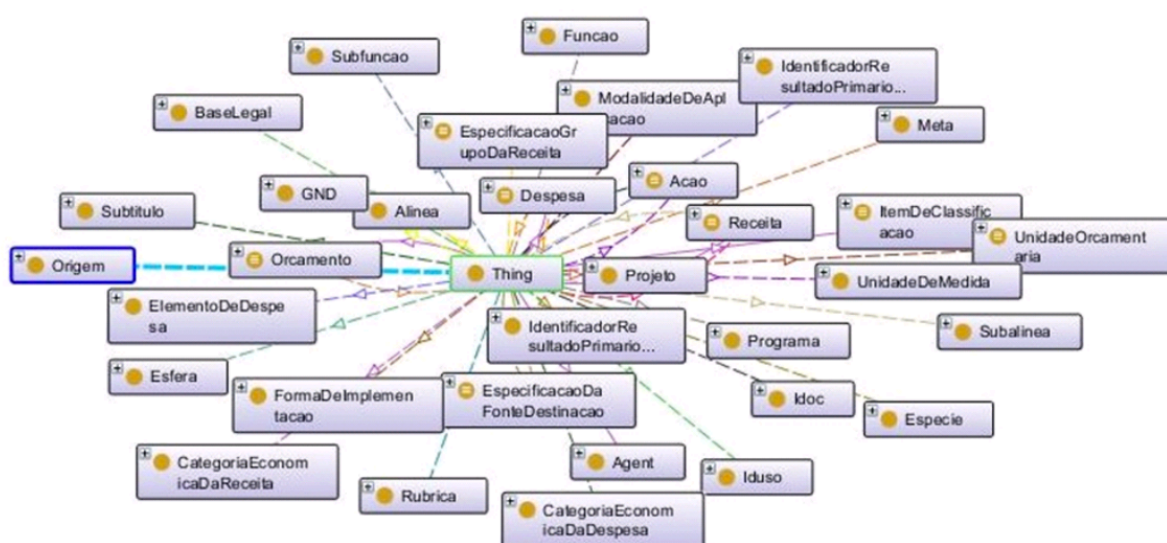


Figura 8. Grafico com alguns dos conceitos e propriedades da ontologia definida no Protégé (MARTINS; CRAVEIRO; ALCÁZAR, 2013)

2.5.3 Ontologia de Estrutura Organizacional Governamental Brasileira

O site do e-VoG (Repositório de Vocabulários e Ontologias do Governo Eletrônico Brasileiro) apresenta um “Modelo Conceitual para Estruturas Organizacionais Governamentais Brasileiras e o SIORG³” publicado em (MPOG, 2011), o qual é reutilizado neste trabalho. Conforme a Figura 9, os principais tipos ali representados e aqui utilizados são definidos da seguinte forma:

- I. **Unidade Organizacional Pública** é uma generalização que agrega tanto as **Organizações Públicas** quanto as **Unidades Administrativas Públicas** que as compõem;

³ SIORG – Sistema de Informações Organizacionais do Governo Federal, contém informações sobre a estrutura organizacional do poder executivo federal, (Administração Direta, Autarquias e Fundações), tais como: nomes, códigos e endereços de órgãos públicos e suas subdivisões administrativas. (<https://siorg.planejamento.gov.br/>)

- II. **Organização Pública** é uma generalização que agrega os **Órgãos** e as **Entidades Públicas** vinculadas a eles. Uma Organização Pública é composta por pelo menos uma **Unidade Administrativa Pública**;
- III. **Unidade Administrativa Pública** integra a administração pública como parte de uma **Organização Pública**. Suas instâncias podem estar subordinadas a outra unidade do mesmo tipo (p. ex., a Pró-Reitoria de Ensino é uma unidade subordinada à unidade Reitoria, a qual compõe a organização Instituto Federal do Espírito Santo);
- IV. **Órgão** é uma especialização de **Organização Pública**, que faz parte da administração direta e cujas instâncias podem estar subordinadas a algum outro órgão (p. ex. o órgão Ministério da Educação é subordinado ao órgão Presidência da República na administração direta federal);
- V. **Entidade Pública** é uma especialização de **Organização Pública** com personalidade jurídica própria, autonomia administrativa e financeira, cujas instâncias devem estar vinculadas a um **Órgão** (p. ex. a entidade pública Instituto Federal do Espírito Santo é vinculada ao órgão Ministério da Educação).

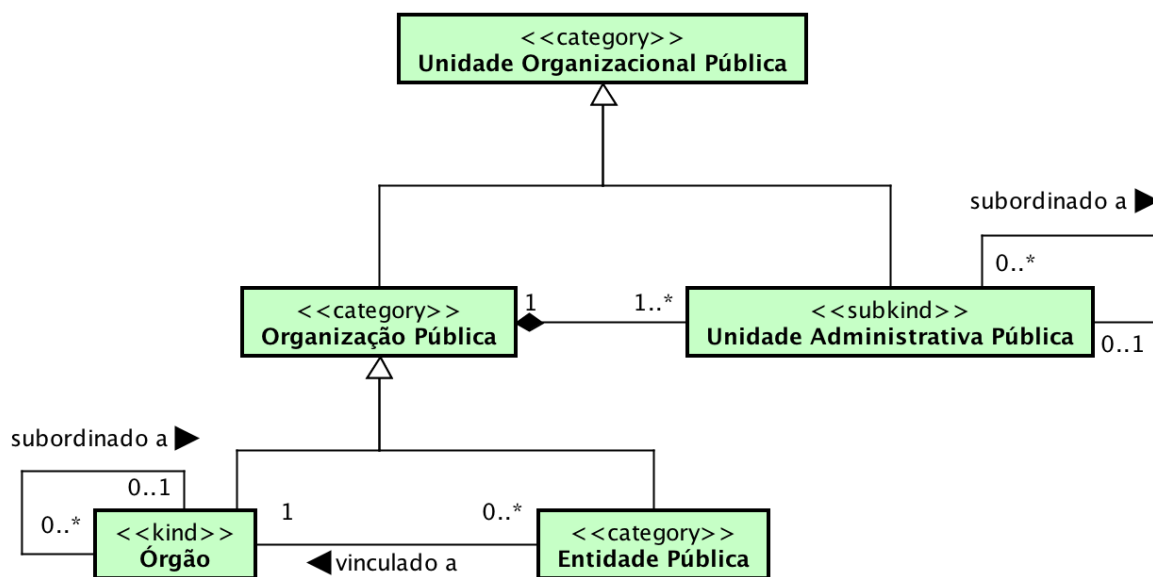


Figura 9. Subontologia de Estrutura Organizacional Governamental (extraída de (MPOG, 2011)).

2.5.4 Conclusão

Analisando-se os trabalhos correlatos, percebeu-se que ambas ontologias sobre o orçamento público são ontologias operacionais, ou seja, com foco do desenvolvimento de sistemas computacionais e em expor dados na Web, sem se preocupar muito com a semântica dos conceitos e relações envolvidos. Além disso, todas as ontologias focam na autorização orçamentária e as que abordam a execução orçamentária ignoram conceitos importantes como a Unidade Gestora e o Credor envolvidos nas etapas de empenho, liquidação e pagamento.

Considerando os problemas relatados, propõe-se neste trabalho uma ontologia de referência que aborde tanto a autorização de despesa, quanto as etapas da execução orçamentária. A ontologia possui conceitos ancorados a metapropriedades ontológicas alinhadas a uma ontologia de fundamentação, além de definir axiomas formais para impedir interpretações indesejadas. Seu objetivo é fazer a melhor descrição possível do domínio na realidade, buscando entender, de fato, o

que cada conceito representa na realidade e como ele está relacionado com os demais. A ontologia de referência é apresentada no próximo capítulo.

3 ONTOLOGIA DE REFERÊNCIA PARA DESPESAS PÚBLICAS

Este capítulo apresenta a Ontologia de Referência para Despesas Públicas (ORDP) proposta neste trabalho. Para o desenvolvimento dessa ontologia, foi usado o método SABiO (*Systematic Approach for Building Ontologies*) (FALBO, 2014), o qual é brevemente apresentado na Seção 2.4, onde se discute também como ele foi aplicado e as questões de competência que guiaram o desenvolvimento da ontologia. As demais seções deste capítulo apresentam as subontologias que compõem ORDP.

Seguindo o método SABiO, a primeira etapa do processo de desenvolvimento da ontologia foi definir os seus propósitos, que são: (i) Servir como modelo de referência para especialistas de domínio e engenheiros de software; (ii) Melhorar a integração semântica entre dados de autorização orçamentária e execução das despesas públicas e; (iii) Servir de base para construção de ontologias operacionais, focadas em auxiliar na construção de sistemas computacionais e na disponibilização de dados sobre as despesas públicas em formato acessível por máquina.

O escopo da ORDP abrange os conceitos centrais inerentes às seguintes etapas do orçamento público: (i) autorização e gerenciamento orçamentários (a partir da elaboração e aprovação da LOA); e (ii) execução da despesa pública (subdividida nos estágios de empenho, liquidação e pagamento). Contudo, por se tratar de um domínio muito amplo, não foram contemplados neste trabalho conceitos sobre a classificação programática (programas de governo e ações orçamentárias), funcional (função e subfunção) e por esfera da despesa pública, por carecerem de investigação e detalhamento à parte, no domínio envolvendo as conceituações do Plano Plurianual (PPA) e da Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO). Adicionalmente, foi dada ênfase à execução de despesas públicas com aquisição de material de consumo, material permanente, equipamento ou bem patrimonial, excluindo, neste momento, outros tipos de despesas como contratação de serviços, aposentadorias e pensões, auxílios financeiros, indenizações, subvenções, correções, pagamento de juros etc. Acredita-se que o recorte proposto simplifica a compreensão da

conceituação aqui apresentada e que os elementos não explorados constituem uma oportunidade para investigação em trabalhos futuros, sem que haja perda da generalidade da ontologia de referência.

Definido o escopo da ontologia, foram definidas questões de competência, ou seja, questões que a ontologia deve ser capaz de responder (GRÜNINGER; FOX, 1995). Elas têm como objetivo cobrir todo escopo da ontologia, servindo como uma documentação de apoio e utilizada para casos de teste de verificação, onde, ao responder à questão, é possível rastrear conceitos e relações presentes da ontologia.

Foram identificadas trinta questões de competência que devem ser tratadas pela ontologia, as quais foram agrupadas em função das etapas dos processos de autorização e execução de despesas.

As seguintes questões de competência foram identificadas com relação a aspectos da lei orçamentária e das autorizações nela constantes:

QC1. Quais despesas uma organização pública está autorizada a realizar de acordo com a LOA?

QC2. Quais classificadores estão prescritos por uma determinada autorização de despesa?

QC3. Que ente federativo cria uma LOA e, portanto, concede autorizações de despesa nos orçamentos descritos por essa LOA?

QC4. Que tipos de orçamentos podem ser descritos em uma LOA?

Com relação à etapa de empenho da execução da despesa pública previamente autorizada, foram identificadas as seguintes questões de competência:

QC5. Quais empenhos foram feitos tendo como base uma determinada autorização de despesa?

QC6. Qual é a unidade gestora e o credor de um empenho?

QC7. Quais os itens relativos a materiais empenhados em um empenho e as quantidades e valores associados a esses itens?

QC8. Como é classificado um material descrito em um determinado item de empenho?

QC9. Quais são os classificadores dos itens que compõem um determinado empenho?

QC10. Quais unidades gestoras empenharam recursos de uma determinada autorização de despesa?

QC11. Quais credores foram favorecidos com empenhos relacionados a uma determinada autorização de despesa?

QC12. Em um exercício fiscal, quanto foi empenhado a determinado credor?

QC13. Em um exercício fiscal, qual valor empenhado para determinado classificador de despesa?

QC14. Em um exercício fiscal, qual o valor empenhado por uma unidade gestora?

Com relação à etapa de liquidação da execução da despesa pública previamente empenhada, foram identificadas as seguintes questões de competência:

QC15. Qual é a unidade gestora e o credor de uma liquidação?

QC16. Quais os itens liquidados em uma liquidação e os valores associados a esses itens?

QC17. A quais empenhos se referem uma liquidação e seus itens?

QC18. Quais os materiais liquidados por um item de liquidação?

QC19. Quais liquidações foram feitas tendo como base uma determinada autorização de despesa?

QC20. Em um exercício fiscal, quanto foi liquidado a um determinado credor?

QC21. Em um exercício fiscal, quanto foi liquidado de determinada unidade gestora?

Por fim, com relação à etapa de pagamento da execução da despesa pública previamente liquidada, foram identificadas as seguintes questões de competência:

QC22. Qual é a unidade gestora que realizou um pagamento e qual o credor favorecido por esse pagamento?

QC23. De quais liquidações um pagamento depende?

QC24. A que empenho se refere um item de pagamento?

QC25. Quais pagamentos foram feitos tendo como base uma determinada autorização de despesa?

QC26. Quanto do valor de uma autorização de despesa da LOA foi efetivamente objeto de pagamentos?

QC27. Em um exercício fiscal, quanto foi pago a determinado credor?

QC28. Em um exercício fiscal, quanto foi pago por determinada unidade gestora?

Com essas questões respondidas, é possível rastrear despesas executadas (ou mais especificamente empenhadas, liquidadas e pagas) em conformidade com a lei orçamentária que autoriza essas despesas, estabelecendo neste processo os papéis das entidades envolvidas e as relações entre elas. Cada uma dessas etapas é detalhada a seguir, apresentando os fragmentos correspondentes da ontologia.

A Figura 10 apresenta a modularização da ontologia de referência, indicando as subontologias, suas respectivas relações de dependência e, também, explicitando as etapas de autorização orçamentária e de execução da despesa. Vale destacar que a subontologia relativa à Estrutura Organizacional Governamental Brasileira não foi desenvolvida neste trabalho, tendo sido reutilizada a ontologia proposta em (MPOG, 2011) e apresentada na Seção 2.5.3. Cada subontologia é

apresentada nas subseções seguintes. Além de seus modelos conceituais, exemplos de instanciação obtidos de situações de mundo real são usados para demonstrar a adequação de representação da subontologia proposta. De acordo com (FALBO, 2014), a instanciação de uma ontologia é uma maneira de validá-la, pois permite demonstrar que a ontologia é capaz de representar situações de mundo real.

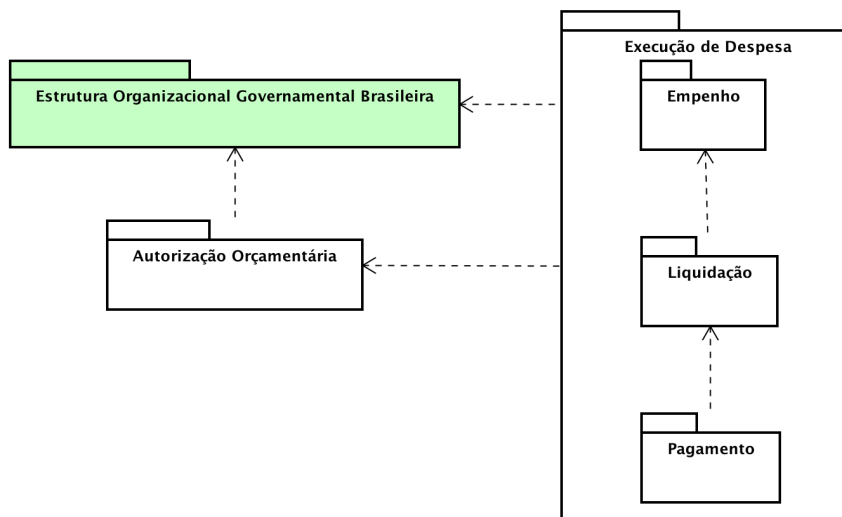


Figura 10. Modularização da ontologia

Para representar a ORDOP, foi utilizada a linguagem OntoUML (GUIZZARDI, 2005), apresentada na Seção 2.2.1.

3.1 SUBONTOLOGIA DE AUTORIZAÇÃO ORÇAMENTÁRIA

A Figura 11 apresenta a subontologia que trata da etapa de autorização orçamentária, tendo como conceito central as autorizações orçamentárias descritas pela LOA. Esta subontologia trata as questões de competência QC1 a QC4.

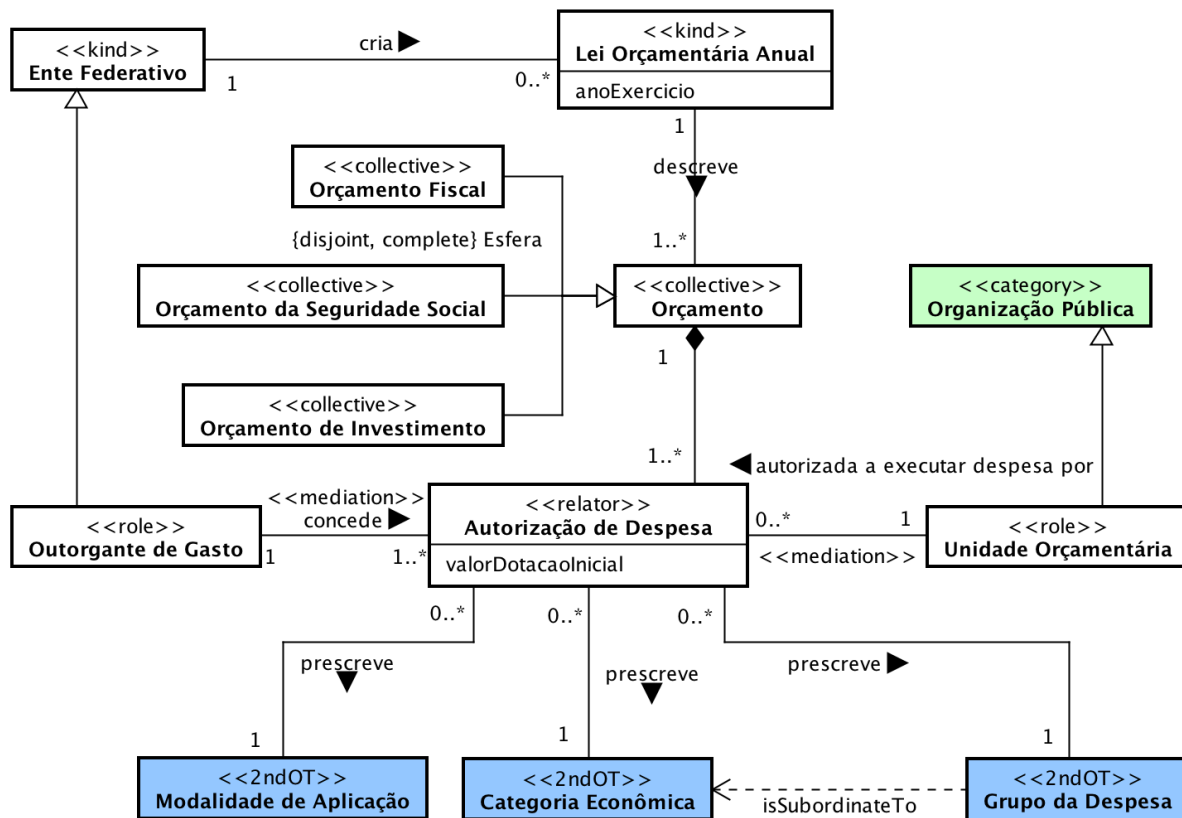


Figura 11. Subontologia de Autorização Orçamentária - Ontologia de Autorização Orçamentária e Execução de Despesa Pública

A **Lei Orçamentária Anual** descreve um conjunto de **Orçamentos (Fiscal, da Seguridade Social ou de Investimento)**, que representam coleções de **Autorizações de Despesa**.

Autorização de Despesa é representada como uma relação reificada (*relator*) em que um **Ente Federativo** (desempenhando o papel de **Outorgante de Gasto**) concede autorização para uma **Unidade Orçamentária** (papel desempenhado neste contexto por uma **Organização Pública**) efetuar despesas até um valor limite (representado pela propriedade “valorDotacaoinicial”). Esta relação de autorização é um *relator* social do tipo *no-right-permission to act* (GRIFFO; ALMEIDA; GUIZZARDI, 2015), o que significa que há uma permissão para agir (sem estar obrigado a tal). O objeto da permissão é a despesa pública, ou seja, a partir da aprovação da LOA, são estabelecidas autorizações para as unidades orçamentárias executarem despesas cujas características estão capturadas no conteúdo de cada **Autorização de Despesa**.

Para representar a classificação por natureza de despesa, foram incluídas categorias de categorias de despesas representadas por meio dos *powertypes* **Modalidade de Aplicação**, **Categoria Econômica** e **Grupo da Despesa**. Instâncias dessas categorias são também tipos que classificam as despesas, como por exemplo o tipo “Despesas de Capital” (instância de **Categoria Econômica**) e o tipo “Investimentos” (instância de **Grupo da Despesa**). A autorização, portanto, é para a realização de despesas de um tipo específico, tipo este capturado no conteúdo da **Autorização de Despesa**. Por exemplo, uma instância de **Autorização de Despesa** autorizando gastos com a aquisição de um imóvel faria menção aos tipos “Despesas de Capital” e “Investimentos”. Assim a ontologia captura não somente tipos de primeira ordem, mas também tipos de segunda ordem (tipos de tipos), de acordo com a teoria multi-nível MLT (CARVALHO; ALMEIDA, 2015). Foi utilizada a relação de subordinação de MLT (*isSubordinateTo*) para representar que instâncias de **Grupo de Despesa** necessariamente especializam instâncias de **Categoria Econômica** (p. ex. “Investimentos” é uma especialização de “Despesas de Capital”).

Como exemplo de instanciação, considere o caso da autorização de despesa mostrada na Figura 12. Neste caso, o **Ente Federativo** “União” cria uma **Lei Orçamentária Anual** para o ano de exercício de 2016, chamada de “LOA 2016”. Na “LOA 2016” está descrito um **Orçamento Fiscal** para o exercício 2016, o qual é composto por diversas **Autorizações de Despesas**. Dentre as autorizações, consta aquela em que a “União”, desempenhando o papel de **Outorgante de Gasto**, concede autorização ao “Instituto Federal do Espírito Santo”, uma **Organização Pública** que neste contexto exerce o papel de **Unidade Orçamentária**. O “Instituto Federal do Espírito Santo” por sua vez é uma instância de **Entidade Pública** vinculada ao **Órgão** “Ministério da Educação”. Essa **Autorização de Despesa** específica prescreve a seguinte classificação para as despesas que poderão ser executadas: (i) **Modalidade de Aplicação** “90 – Aplicação Direta”; (ii) **Categoria Econômica** “3 – Despesa Corrente”; (iii) **Grupo de Despesa** “ODC – Outras Despesas Correntes”.

Órgão: 26000 Ministério da Educação									
Unidade: 26406 Instituto Federal do Espírito Santo									
Quadro dos Créditos Orçamentários									
<i>Programática</i>	<i>Programa/Ação/Localização</i>	<i>Funcional</i>	<i>Esf</i>	<i>GND</i>	<i>RP</i>	<i>Mod</i>	<i>IU</i>	<i>Ete</i>	<i>Valor</i>
2080	Educação de qualidade para todos								94.639.043
	Atividades								94.639.043
2080.2994	<i>Assistência ao Estudante da Educação Profissional e Tecnológica</i>								<i>15.686.701</i>
2080.2994.0032	Assistência ao Estudante da Educação Profissional e Tecnológica – No Estado do Espírito Santo	12.363							15.686.701
	– Benefício Concedido (unidade): 85.000		F	3-ODC	2	90	0	100	15.686.701

Figura 12. Exemplo de Autorização Orçamentária da LOA 2016 (extraído de (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2016))

A Tabela 3 apresenta os conceitos e relações relativos às questões de competência desta subontologia, que podem ser respondidas quando estes conceitos e relações são instanciados.

Tabela 3. Tabela de Conceitos/Relações para as Questões de Competência relativas à Subontologia de Autorização Orçamentária

QCs	Conceitos/Relações
QC1	Quais despesas uma organização pública está autorizada a realizar de acordo com a LOA?
	Organização Pública é <i>especializada em</i> Unidade Orçamentária que está <i>autorizada a executar despesa por</i> Autorização de Despesa
QC2	Quais classificadores estão prescritos por uma determinada autorização de despesa?
	Autorização de Despesa <i>prescreve:</i> Modalidade de Aplicação, Categoria Econômica e Grupo da Despesa.
QC3	Que ente federativo cria uma LOA e, portanto, concede autorizações de despesa nos orçamentos descritos por essa LOA?
	Ente Federativo <i>cria</i> Lei Orçamentária Anual que <i>descreve</i> Orçamento que <i>tem como parte</i> Autorização de Despesa.
	Ente Federativo é <i>especializado em</i> Outorgante de Gasto, o qual <i>concede</i> Autorização de Despesa.
QC4	Que tipos de orçamentos podem ser descritos em uma LOA?
	Lei Orçamentária Anual <i>descreve</i> Orçamento, que é <i>especializado em:</i>

	Orçamento Fiscal, Orçamento da Seguridade Social e Orçamento de Investimento.
--	---

3.2 SUBONTOLOGIA DE EMPENHO

Superada a etapa de autorização orçamentária, passa-se para a etapa de execução da despesa pública, na qual o **Empenho** é o primeiro estágio, sendo definido como um “ato emanado de autoridade competente que cria para o estado a obrigação de pagamento, pendente ou não de implemento de condição” (TESOURO NACIONAL, 2016a). A Figura 13 apresenta a subontologia que trata do estágio de empenho no processo de execução da despesa pública. Essa subontologia trata as questões de competência QC5 a QC14.

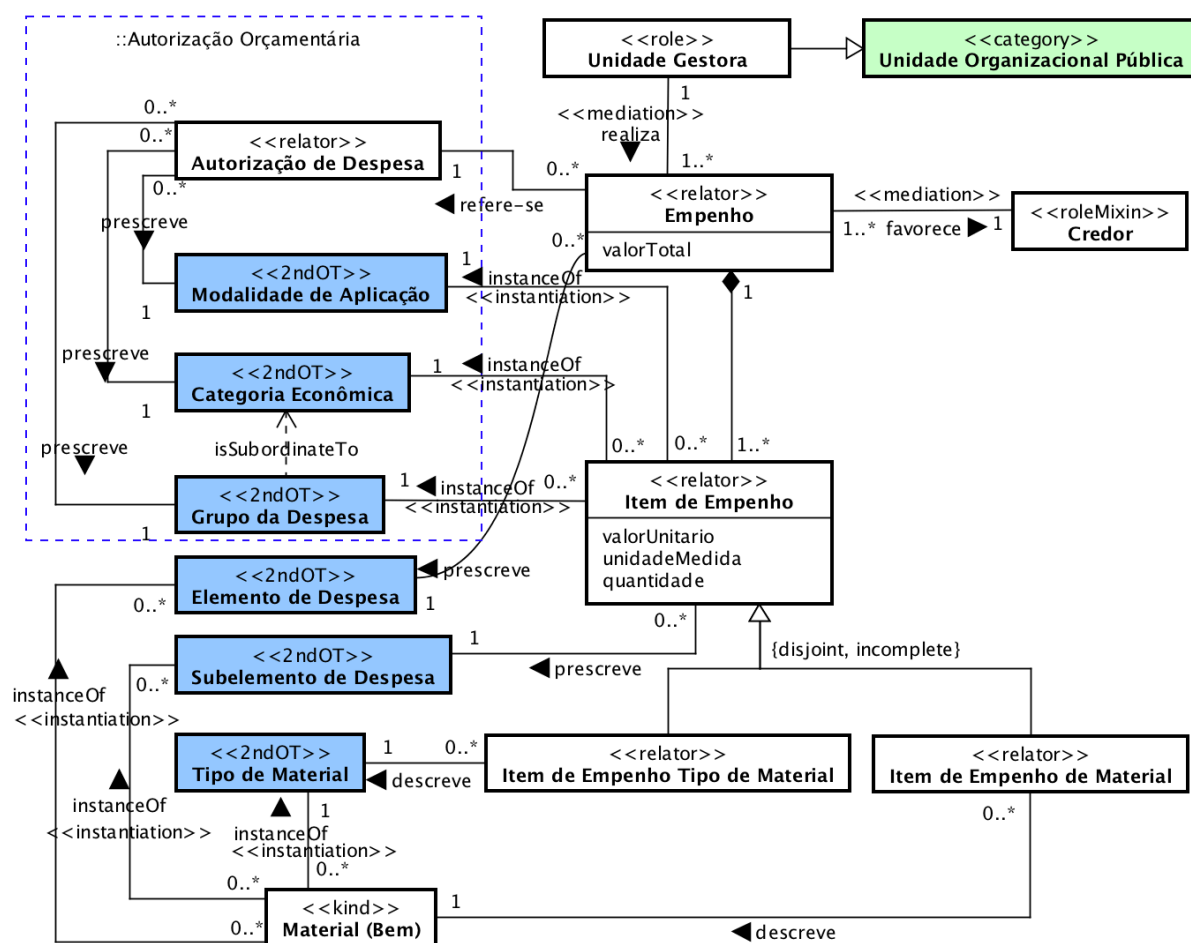


Figura 13. Subontologia de Empenho - Ontologia de Autorização Orçamentária e Execução da Despesa Pública

O **Empenho** representa a relação de obrigação da **Unidade Gestora** (papal desempenhado por uma **Unidade Organizacional Pública**) para com o **Credor**, ou favorecido (um *roleMixin* cujo papal pode ser desempenhado tanto por uma pessoa física, quanto por uma pessoa jurídica). A **Unidade Gestora** ao realizar um **Empenho**, garante ao **Credor** que existe disponibilidade orçamentária para pagar o compromisso assumido. Essa relação é discriminada por meio dos **Itens de Empenho** (*relators*) que compõem o **Empenho**. Os **Itens de Empenho** que compõem um **Empenho** devem instanciar as mesmas **Modalidade de Aplicação**, **Categoria Econômica** e **Grupo da Despesa** prescritos pela **Autorização de Despesa** à qual aquele **Empenho** se refere.

A classificação da natureza de despesa na etapa de empenho é, portanto, formada tanto por aqueles tipos de segunda ordem prescritos pela **Autorização de Despesa** na etapa de autorização orçamentária, quanto pelos **Elemento de Despesa** e **Subelemento de Despesa**, sendo estes classificadores mais específicos da despesa pública, especificados somente na etapa de execução da despesa. Sendo assim, cada **Empenho** prescreve um único **Elemento de Despesa** e cada um dos **Itens de Empenho** que compõem este **Empenho** pode prescrever um **Subelemento de Despesa**.

A Figura 14 apresenta um exemplo para explicar essa classificação. O “Empenho Y” é composto do “Item de Empenho Z”, que é tipificado por meio dos seguintes classificadores prescritos pela “Autorização de Despesa X”: “Despesa Corrente” (instância de **Categoria Econômica**), “Outra Despesa Corrente” (instância de **Grupo da Despesa**) e “Aplicação Direta” (instância de **Modalidade de Aplicação**). Quando o “Empenho Y” refere-se à “Autorização de Despesa X”, é necessário que o “Item de Empenho Z” (que compõe o “Empenho Y”) seja instância dos mesmos classificadores (“Despesa Corrente”, “Outra Despesa Corrente” e “Aplicação Direta”) prescritos pela “Autorização de Despesa X”.

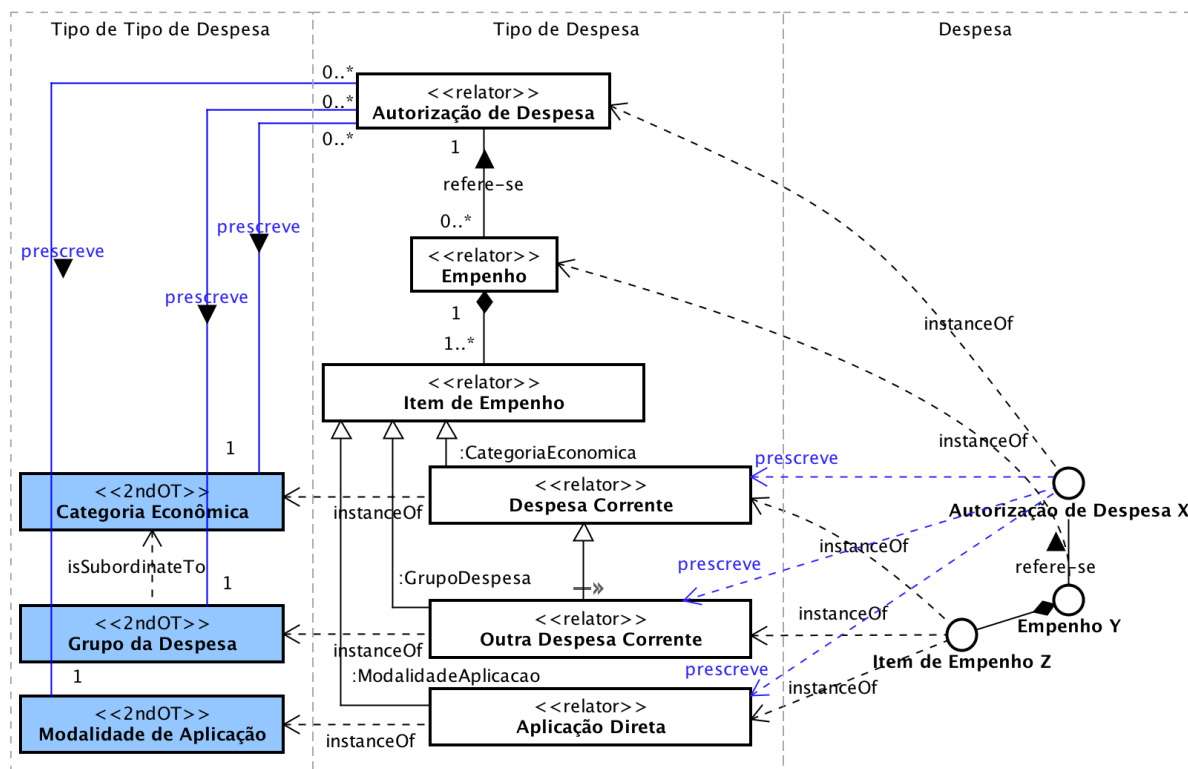


Figura 14. Exemplo de classificação da despesa usando tipos de segunda ordem

Para aumentar a precisão da representação e excluir interpretações indesejadas, foram definidos axiomas. Nestes axiomas, foram utilizados os seguintes predicados para representar as relações de instanciação (*instanceOf*) e todo-parte (*partOf*).

- **instanceOf(e, t)**: relação *instância de* (*instance of*), onde a entidade **e** é *instância de* uma entidade do tipo **t**. MLT admite que tipos tenham **indivíduos** como instâncias, bem como outros tipos. Para lidar com a variedade de tipos em uma configuração multi-nível, a noção de **ordem de tipos** (*type order*) é usada. Tipos cujas instâncias são indivíduos são ditos **tipos de primeira-ordem**. Tipos cujas instâncias são tipos de primeira-ordem são ditos **tipos de segunda-ordem**, e assim sucessivamente (CARVALHO; ALMEIDA, 2016).
- **partOf(p, w)**: relação anti-simétrica, não-transitiva e irreflexiva entre duas instâncias, onde uma instância **p** é *parte de* outra instância **w**.

Para garantir que um **Item de Empenho** respeite a classificação prescrita na **Autorização de Despesa** à qual seu correspondente **Empenho** está em conformidade, foi criado o axioma A1, descrito na Tabela 4.

Tabela 4. Axioma A1 para a subontologia de Empenho

A1	Se um Empenho e se refere a uma Autorização da Despesa ad , então todo Item de Empenho ie que for parte de e deve instanciar os tipos prescritos na Autorização da Despesa ad , a saber: Modalidade da Aplicação ma , Categoria Econômica ce e Grupo de Despesa gd .
	$\forall e: Empenho, ad: AutorizacaoDespesa, ma: ModalidadeAplicacao,$ $ce: CategoriaEconomica, gd: GrupoDespesa (refereSe(e, ad)$ $\wedge prescreve(ad, ma) \wedge prescreve(ad, ce) \wedge prescreve(ad, gd))$ $\rightarrow (\forall ie: ItemEmpenho partOf(ie, e)$ $\rightarrow instanceOf(ie, ma) \wedge instanceOf(ie, ce) \wedge instanceOf(ie, gd))$

É importante notar que, na Figura 14 as instâncias dos tipos de segunda ordem **Categoria Econômica**, **Grupo de Despesa** e **Modalidade de Aplicação** (chamados de classificadores das despesas públicas) são, de fato, especializações de **Item de Empenho**. Ou seja, cada um desses tipos de segunda ordem impõe um critério de classificação (definindo um *generalization set* correspondente) para **Item de Empenho**. Por exemplo, o *generalization set* formado pelos tipos “Despesa Corrente” e “Despesa de Capital” (não mostrado na Figura 14) define uma especialização do tipo **Item de Empenho** a partir do critério de classificação imposto pelo tipo de segunda ordem **Categoria Econômica**.

Retomando a explicação da subontologia mostrada na Figura 13, **Item de Empenho de Material** e **Item de Empenho de Tipo de Material** são especializações de **Item de Empenho** que descrevem, respectivamente, um **Material (Bem)** e um **Tipo de Material** (tipo de segunda ordem, conforme MLT). Por exemplo, pode-se considerar o indivíduo “Veículo Chassi 9BW ZZZ377 VT 004251” como uma instância de **Material (Bem)**, enquanto pode-se considerar como instância de **Tipo de Material** o tipo “Veículo Marca WX, Modelo YZ, Ano 2016”. A instância de **Material (Bem)** “Veículo Chassi 9BW ZZZ377 VT 004251” pode ser

simultaneamente uma instância de: (i) “Equipamentos e Material Permanente” - que por sua vez é uma instância do classificador **Elemento de Despesa** (tipo de segunda ordem de acordo com MLT)); e (ii) “Veículos e Equipamentos de Transporte e Serviços” – que é uma instância do classificador **Subelemento de Despesa** (também um tipo de segunda ordem).

A Tabela 5 apresenta dois axiomas. O axioma A2 visa garantir que o **Subelemento de Despesa** prescrito por um **Item de Empenho** deve ser instanciado pelo **Material (Bem)** que é descrito por este mesmo item. O axioma A3 busca garantir que o **Material (Bem)** descrito em um **Item de Empenho de Material** é instância tanto do **Subelemento de Despesa** prescrito pelo item, quanto do **Elemento de Despesa** prescrito pelo **Empenho** do qual o item é parte.

Tabela 5. Axiomas A2 e A3 da subontologia de Empenho

A2	Se um Item de Empenho de Material iem prescreve o Subelemento de Despesa sd e descreve o Material (Bem) m , então m deve ser instância de sd .
	$\forall iem: ItemEmpenhoMaterial, sd: SubelementoDespesa, m: MaterialBem$ $(prescreve(iem, sd) \wedge descreve(iem, m)) \rightarrow instanceOf(m, sd)$
A3	Se um Item de Empenho de Material iem descreve o Material (Bem) m e é parte de um Empenho e que prescreve o Elemento de Despesa ed , então m deve ser instância de ed .
	$\forall iem: ItemEmpenhoMaterial, e: Empenho, ed: ElementoDespesa,$ $m: MaterialBem (partOf(iem, e) \wedge prescreve(e, ed) \wedge descreve(iem, m))$ $\rightarrow instanceOf(m, ed)$

Vale observar que o escopo da ontologia de referência aqui apresentada trata apenas da execução de despesas públicas com aquisição de material de consumo ou material permanente (bem), representados pelo conceito **Material (Bem)**. Por esse motivo, o *generalization set* de **Item de Empenho** na Figura 13 é caracterizado como *incomplete*, ou seja, apresenta apenas como especialização o **Item de Empenho de Material** e o **Item de Empenho de Tipo de Material**. De forma análoga, nas subontologias de liquidação e pagamento apresentadas nas seções a

seguir, há *generalization sets* de **Item de Liquidação** (especializado em **Item de Liquidação de Material**) e de **Item de Pagamento** (especializado em **Item de Pagamento de Material**) também incompletos, modelando somente liquidações e pagamentos desses tipos de itens. Vale destacar que essa decisão de modelagem possibilita que sejam adicionadas novas especializações no futuro, contemplando, p. ex., a execução de despesas com serviços, pensões, indenizações, subvenções, correções, pagamento de juros, etc.

A Tabela 6 apresenta os conceitos, relações, propriedades e axiomas relativos às questões de competência dessa subontologia.

Tabela 6. Tabela de Conceitos, Relações, Propriedades e Axiomas para as Questões de Competência relativas à Subontologia de Empenho

QCs	Conceitos/Relações	Axiomas
QC5	Quais empenhos foram feitos tendo como base uma determinada autorização de despesa?	
	Empenho <i>refere-se a</i> Autorização de Despesa	
Q6	Qual é a unidade gestora e o credor de um empenho?	
	Unidade Gestora <i>realiza</i> Empenho que <i>favorece</i> Credor	
QC7	Quais os itens relativos a materiais empenhados em um empenho e as quantidades e valores associados a esses itens?	
	Empenho que <i>tem como parte</i> Item de Empenho, que é <i>especializado em</i> : Item de Empenho de Material e Item de Empenho de Tipo de Material. Item de Empenho especifica <i>quantidade</i> .	
QC8	Como é classificado um material descrito em um determinado item de empenho?	A2, A3
	Empenho, que <i>tem como parte</i> Item de Empenho, <i>prescreve</i> Elemento de Despesa.	
	Item de Empenho é <i>especializado em</i> Item de Empenho de Material, o qual <i>descreve</i> Material (Bem) que é instância de (<i>instanceOf</i>) : Elemento de Despesa e Subelemento de Despesa.	

Tabela 6. Tabela de Conceitos, Relações, Propriedades e Axiomas para as Questões de Competência relativas à Subontologia de Empenho (Continuação)

QC9	<p>Quais são os classificadores dos itens que compõem um determinado empenho?</p> <p>Empenho <i>prescreve</i> Elemento de Despesa.</p> <p>Empenho <i>tem como parte</i> Item de Empenho, o qual <i>prescreve</i> Subelemento de Despesa.</p> <p>Item de Empenho é instância de (<i>instanceOf</i>): Modalidade de Aplicação, Categoria Econômica e Grupo da Despesa.</p> <p>Item de Empenho é <i>parte de</i> Empenho, o qual <i>refere-se</i> a Autorização de Despesa, que, por sua vez, <i>prescreve</i>: Modalidade de Aplicação, Categoria Econômica e Grupo da Despesa.</p>	A1
QC10	<p>Quais unidades gestoras empenharam recursos de uma determinada autorização de despesa?</p> <p>Unidade Gestora <i>realiza</i> Empenho, o qual <i>refere-se</i> a Autorização de Despesa.</p>	
QC11	<p>Quais credores foram favorecidos com empenhos relacionados a uma determinada autorização de despesa?</p> <p>Empenho <i>favorece</i> Credor</p> <p>Empenho <i>refere-se</i> a Autorização de Despesa</p>	
QC12	<p>Em um exercício fiscal, quanto foi empenhado a determinado credor?</p> <p>Lei Orçamentária Anual <i>descreve</i> Orçamento que <i>tem como parte</i> Autorização de Despesa.</p> <p>Empenho especifica <i>valorTotal</i>, <i>refere-se</i> a Autorização de Despesa e <i>favorece</i> Credor.</p>	

Tabela 6. Tabela de Conceitos, Relações, Propriedades e Axiomas para as Questões de Competência relativas à Subontologia de Empenho (Continuação)

QC13	<p>Em um exercício fiscal, qual valor empenhado para determinado classificador de despesa?</p> <p>Lei Orçamentária Anual <i>descreve</i> Orçamento que <i>tem como parte</i> Autorização de Despesa.</p> <p>Empenho <i>refere-se</i> a Autorização de Despesa e <i>prescreve</i> Elemento de Despesa.</p> <p>Item de Empenho é <i>parte de</i> Empenho, especifica <i>valorUnitario</i> e <i>quantidade</i>, e é instância de (<i>instanceOf</i>): Modalidade de Aplicação, Categoria Econômica e Grupo da Despesa.</p>	
QC14	<p>Em um exercício fiscal, qual o valor empenhado por uma unidade gestora?</p> <p>Lei Orçamentária Anual <i>descreve</i> Orçamento que <i>tem como parte</i> Autorização de Despesa.</p> <p>Empenho <i>refere-se</i> a Autorização de Despesa e especifica <i>valorTotal</i>.</p> <p>Unidade Gestora <i>realiza</i> Empenho.</p>	

3.3 SUBONTOLOGIA DE LIQUIDAÇÃO

Seguindo o processo de execução da despesa pública, após o estágio de empenho, é realizada a liquidação. Os conceitos relativos a esse estágio do processo de execução da despesa pública são apresentados na subontologia mostrada na Figura 15. Essa subontologia trata as questões de competência QC15 a QC21.

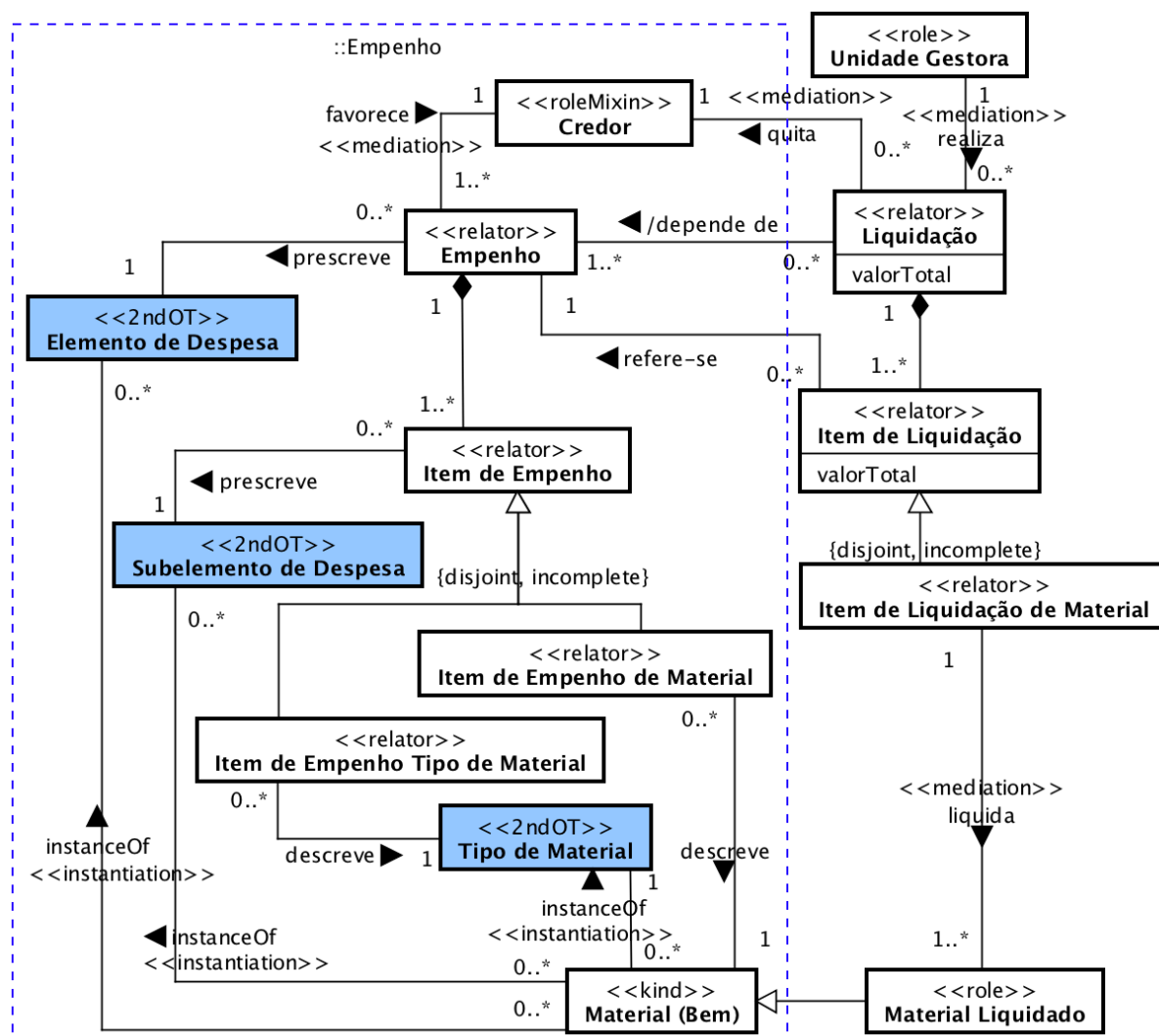


Figura 15. Subontologia de Liquidação - Ontologia de Autorização Orçamentária e Execução da Despesa Pública

A **Liquidação** ocorre somente se existir **Empenho** prévio (relação “depende”) no processo de execução da despesa pública. A **Liquidação** é um *relator* que reifica a relação na qual uma **Unidade Gestora** concede a quitação a um **Credor** pela entrega (que pode ser parcial) de algum material que tenha sido empenhado.

Uma **Liquidação** é composta por **Itens de Liquidação**, os quais são individualmente *relators* em que uma **Unidade Gestora** concede a quitação a um **Credor** e liquida um determinado **Material Liquidado** (papel exercido pelo **Material (Bem)** no momento da **Liquidação**).

Na liquidação, há dois casos a considerar, exemplificados a seguir:

- Caso 1 - Um determinado **Empenho** é composto por uma instância de **Item de Empenho de Tipo de Material**, a qual descreve o **Tipo de Material** “Veículo Marca WX, Modelo YZ, Ano 2016”. Neste caso, uma instância de **Liquidação** que depende desse **Empenho** é composta por um **Item de Liquidação de Material** (que se refere àquele mesmo **Empenho**) o qual liquida a instância de **Material Liquidado** “Veículo Chassi 9BW ZZZ377 VT 004251”, que, por sua vez, deve ser instância do tipo “Veículo Marca WX, Modelo YZ, Ano 2016” descrito pelo **Item de Empenho de Tipo de Material**.
- Caso 2 – Um dado **Empenho** é composto por uma instância de **Item de Empenho de Material** a qual descreve a aquisição de uma instância de **Material (Bem)** específico, tal como uma “Área Urbana localizada no endereço ABC e com dimensões XYZ” (trata-se aqui da descrição de um indivíduo e não de um tipo, diferente do caso anterior). Neste caso, a instância de **Liquidação** que depende daquele **Empenho** é composta por um **Item de Liquidação de Material** (que se refere àquele mesmo **Empenho**) o qual liquida a instância de **Material Liquidado** “Área Urbana localizada no endereço ABC e com dimensões XYZ”, que está descrita pela instância de **Item de Empenho de Tipo de Material**.

A fim de garantir que cada **Item de Liquidação** refere-se a um **Empenho** e faz parte de uma **Liquidação** que depende desse mesmo **Empenho**, foi desenvolvido o axioma A4. O axioma A5 visa garantir que a **Unidade Gestora** e o **Credor** são os mesmos nos estágios de empenho e de liquidação para uma determinada despesa pública. O axioma A6 visa garantir que um **Material Liquidado** é o mesmo tanto para o **Item de Liquidação** que o liquida, quanto para o **Item de Empenho** que o descreve. Esses axiomas são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Axiomas da subontologia de Liquidação

A4	Para todo Empenho e do qual uma Liquidação l depende, existe um Item de Liquidação il que faz parte da Liquidação l e se refere ao mesmo Empenho e .
	$\forall e: Empenho, l: Liquidacao\ dependeDe(l, e)$ $\leftrightarrow \exists il: ItemLiquidacao\ partOf(il, l) \wedge refere_se(il, e)$
A5	Para todo Empenho e e Liquidação l em que l depende de e , deve existir uma única Unidade Gestora ug e um único Credor c , tal que ug realiza o Empenho e , e favorece c , ug realiza a Liquidação l , e l quita c .
	$\forall e: Empenho, l: Liquidacao\ dependeDe(l, e)$ $\rightarrow \exists ug: UnidadeGestora, c: Credor\ realiza(ug, e)$ $\wedge favorece(e, c) \wedge realiza(ug, l) \wedge quita(l, c)$
A6	Para todo Material Liquidado ml , instância de Tipo de Material tm , e liquidado por um Item de Liquidação de Material ilm que é parte da Liquidação l , a qual depende do Empenho e , deve existir um Item de Empenho ie que é parte de e e ou ie é um Item de Empenho de Material que descreve ml , ou ie é um Item de Empenho Tipo Material que descreve tm .
	$\forall l: Liquidacao, e: Empenho, ilm: ItemLiquidacaoMaterial, ml: MaterialLiquidado, tm: TipoMaterial$ $\wedge dependeDe(l, e) \wedge partOf(ilm, l) \wedge liquida(ilm, ml) \wedge instanceOf(ml, tm)$ $\rightarrow \exists ie: ItemEmpenho,$ $partOf(ie, e) \wedge ((ItemEmpenhoMaterial(ie) \wedge descreve(ie, ml))$ $\vee (ItemEmpenhoTipoMaterial(ie) \wedge descreve(ie, tm)))$

A Tabela 8 apresenta os conceitos, relações, propriedades e axiomas relativos às questões de competência dessa subontologia.

Tabela 8. Tabela de Conceitos, Relações, Propriedades e Axiomas para as Questões de Competência relativas à Subontologia de Liquidação

QCs	Conceitos/Relações	Axiomas
QC15	Qual é a unidade gestora e o credor de uma liquidação?	A5
	<p>Unidade Gestora <i>realiza</i> Liquidação que <i>quita</i> Credor.</p> <p>Liquidação <i>depende de</i> Empenho.</p> <p>Unidade Gestora <i>realiza</i> Empenho que <i>favorece</i> um Credor.</p>	
QC16	Quais os itens liquidados em uma liquidação e os valores associados a esses itens?	
	Item de Liquidação é <i>parte de</i> Liquidação e especifica <i>valorTotal</i> .	
QC17	A quais empenhos se referem uma liquidação e seus itens?	A4
	<p>Liquidação <i>depende de</i> Empenho.</p> <p>Liquidação que <i>tem como parte</i> Itens de Liquidação que <i>referem-se</i> a Empenho.</p>	
QC18	Quais os materiais liquidados por um item de liquidação?	A6
	Item de Liquidação é <i>especializado em</i> Item de Liquidação de Material que <i>liquida</i> Material Liquidado que <i>especializa</i> Material (Bem).	
QC19	Quais liquidações foram feitas tendo como base uma determinada autorização de despesa?	
	Liquidação <i>depende de</i> Empenho que <i>refere-se a</i> Autorização de Despesa.	
QC20	Em um exercício fiscal, quanto foi liquidado de um determinado credor?	
	<p>Lei Orçamentária Anual <i>descreve</i> Orçamento que <i>tem como parte</i> Autorização de Despesa.</p> <p>Liquidação <i>depende de</i> Empenho que <i>refere-se a</i> Autorização de Despesa.</p> <p>Liquidação <i>quita</i> Credor e especifica <i>valorTotal</i>.</p>	

Tabela 8. Tabela de Conceitos, Relações, Propriedades e Axiomas para as Questões de Competência relativas à Subontologia de Liquidação (Continuação)

QC21	Em um exercício fiscal, quanto foi liquidado de determinada unidade gestora?	A4, A5
	Lei Orçamentária Anual <i>descreve</i> Orçamento que <i>tem como parte</i> Autorização de Despesa.	
	Unidade Gestora <i>realiza</i> Liquidação, que especifica <i>valorTotal</i> e <i>depende de</i> Empenho, que <i>refere-se</i> a Autorização de Despesa.	

3.4 SUBONTOLOGIA DE PAGAMENTO

O último estágio no processo de execução da despesa pública é o pagamento, que é tratado pela subontologia de Pagamento, mostrada na Figura 16. Essa subontologia trata das questões de competência QC22 a QC28.

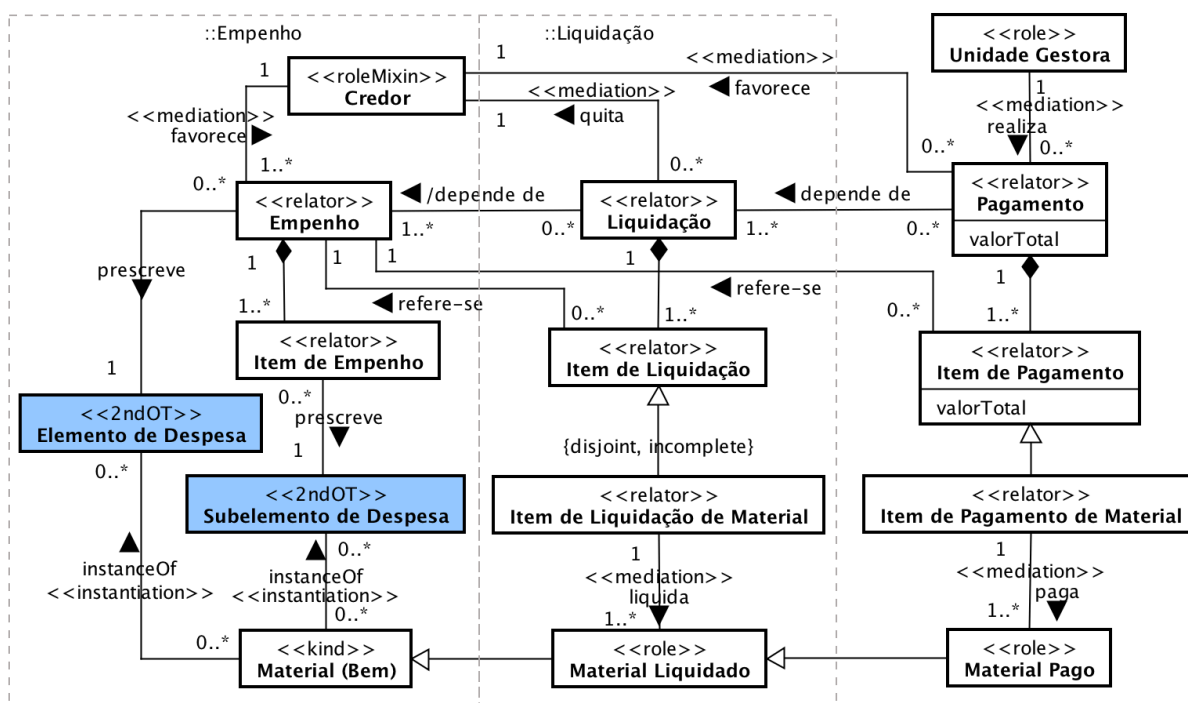


Figura 16. Subontologia de Pagamento - Ontologia de Autorização Orçamentária e Execução da Despesa Pública

Pagamento é um *relator* que reifica a relação na qual uma **Unidade Gestora** da administração pública realiza o repasse de numerário em favor de um **Credor**. O **Pagamento** é efetuado mediante prévia **Liquidação**, o que está representado na subontologia pela relação “depende de” entre essas entidades.

Cada **Item de Pagamento de Material** faz parte de um **Pagamento**, sendo representado como um *relator* em que uma **Unidade Gestora** paga a um **Credor** (relação “favorece”) por um **Material Pago** (especialização de **Material Liquidado** e, por conseguinte, um papel representado por **Material (Bem)**). É possível que um **Pagamento** seja composto por **Itens de Pagamento** que se referem a **Empenhos** diferentes, admitindo-se, assim, que aquele **Pagamento** dependa de várias **Liquidações** e **Empenhos**.

A fim de garantir que cada **Item de Pagamento** refere-se a um **Empenho** e faz parte de um **Pagamento**, o qual depende de uma **Liquidação** que, por sua vez, depende daquele mesmo **Empenho** foi definido o axioma A7. O axioma A8 garante que a **Unidade Gestora** e o **Credor** são os mesmos nos estágios de liquidação e pagamento de uma despesa (de forma similar ao axioma A5 que trata deste mesmo aspecto para os estágios de empenho e liquidação). Ambos são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Axiomas da subontologia de Pagamento

A7	<p>Para toda Liquidação l da qual um Pagamento p depende, existe um Empenho e e um Item de Pagamento ip tal que ip é parte de p, l depende de e e ip se refere a este mesmo e.</p> $\forall l: Liquidacao, p: Pagamento \text{ dependeDe}(p, l)$ $\leftrightarrow \exists e: Empenho, ip: ItemPagamento \text{ dependeDe}(l, e) \wedge \text{partOf}(ip, p)$ $\wedge \text{refere_se}(ip, e)$
A8	<p>Para toda Liquidação l e Pagamento p em que p depende de l, deve existir uma única Unidade Gestora ug e um único Credor c, tal que ug realiza a Liquidação l, l quita c, ug realiza o Pagamento p e p favorece c.</p> $\forall l: Liquidacao, p: Pagamento \text{ dependeDe}(p, l) \rightarrow$ $\exists ug: UnidadeGestora, c: Credor \text{ realiza}(ug, l) \wedge \text{quita}(l, c) \wedge \text{realiza}(ug, p) \wedge$

	$paga(p, c)$
--	--------------

A Tabela 10 apresenta os conceitos, relações, propriedades e axiomas relativos às questões de competência dessa subontologia.

Tabela 10. Tabela de Conceitos, Relações, Propriedades e Axiomas para as Questões de Competência relativas à Subontologia de Pagamento

QCs	Conceitos/Relações/Propriedades	Axiomas
QC22	Qual é a unidade gestora que realizou um pagamento e qual o credor favorecido por esse pagamento?	A8
	Unidade Gestora <i>realiza</i> Pagamento que <i>favorece</i> um Credor	
QC23	De quais liquidações um pagamento depende?	
	Pagamento <i>depende de</i> Liquidação	
QC24	A que empenho se refere um item de pagamento?	A7
	Item Pagamento <i>refere-se a</i> Empenho	
QC25	Quais pagamentos foram feitos tendo como base uma determinada autorização de despesa?	A1, A8
	Pagamento <i>depende de</i> Liquidação que <i>depende de</i> Empenho que <i>refere-se a</i> Autorização de Despesa	
QC26	Quanto do valor de uma autorização de despesa da LOA foi efetivamente objeto de pagamentos?	A1, A8
	Item de Pagamento especifica <i>valorTotal</i> e <i>refere-se a</i> Empenho, o qual <i>refere-se a</i> Autorização de Despesa	
QC27	Em um exercício fiscal, quanto foi pago a determinado credor?	
	Lei Orçamentária Anual <i>descreve</i> Orçamento que <i>tem como parte</i> Autorização de Despesa. Pagamento especifica <i>valorTotal</i> , <i>favorece</i> Credor e <i>depende de</i> Liquidação, que <i>depende de</i> Empenho, que, por sua vez, <i>refere-se a</i> Autorização de Despesa.	
QC28	Em um exercício fiscal, quanto foi pago por determinada unidade gestora?	
	Lei Orçamentária Anual <i>descreve</i> Orçamento que <i>tem como parte</i> Autorização de Despesa.	

	Pagamento especifica <i>valorTotal</i> , favorece Credor e depende de Liquidação, que <i>depende de</i> Empenho, que, por sua vez, <i>refere-se a</i> Autorização de Despesa.	
--	---	--

3.5 CONCLUSÃO

No desenvolvimento de ORDP, o uso da linguagem OntoUML permitiu ancorar os conceitos a uma ontologia de fundamentação subjacente bem consolidada (UFO). Além disso, foi utilizada a teoria MLT para lidar com a modelagem de conceitos de diferentes ordens presentes na ontologia. Neste processo, o conceito de *relator* teve um papel central para estabelecer a semântica das entidades envolvidas, uma vez que a autorização orçamentária e a execução de despesas podem ser compreendidas como relações sociais, que se desdobram em uma cadeia de dependências ao longo do processo, envolvendo diferentes atores que desempenham diferentes papéis. Por fim, foram definidos axiomas formais para melhorar a precisão da ontologia e cobrir restrições que não eram possíveis definir por meio da linguagem de modelagem utilizada.

Ontologias de referência podem ser usadas como base para construção de ontologias operacionais. Por possuírem conceitos com semântica bem definida, elas permitem um entendimento melhor do domínio e simplificam o processo de implementação de uma ontologia operacional. Para uma prova de conceito, desenvolveu-se neste trabalho uma ontologia operacional com base na ontologia de referência para apoiar a integração de duas bases de dados do governo federal, a qual é descrita no próximo capítulo.

4 PROVA DE CONCEITO

Para avaliar o potencial da ORDP de apoiar iniciativas de integração de dados orçamentários, foi realizada uma prova de conceito integrando dados sobre execução da despesa pública do governo federal extraídos do Portal da Transparência e dados sobre autorização orçamentária obtidos por meio do *endpoint*⁴ do SIOP, utilizando tecnologias da Web Semântica.

O intuito da prova de conceito é demonstrar a aplicabilidade da ontologia proposta em uma situação de mundo real, objetivando evidenciar a cobertura dos conceitos do domínio e sua capacidade de apoiar a integração de dados publicados pelo governo federal referentes à etapa de autorização orçamentária (*endpoint* do SIOP), com aqueles da etapa de execução da despesa (publicados no Portal da Transparência). Dessa forma, espera-se ser possível executar consultas que cruzam os dados dessas bases, como por exemplo: (i) Quais foram os credores mais favorecidos com recursos provenientes de uma determinada autorização de despesa da LOA? (ii) Quanto do valor de uma autorização de despesa da LOA foi efetivamente objeto de pagamentos? (iii) Com quais subelementos de despesa foram efetivadas despesas com recursos provenientes de uma determinada autorização de despesa da LOA?

Conforme mostrado na Figura 17, a iniciativa de integração foi estruturada em cinco etapas, a saber:

⁴ <http://www1.siop.planejamento.gov.br/sparql/>

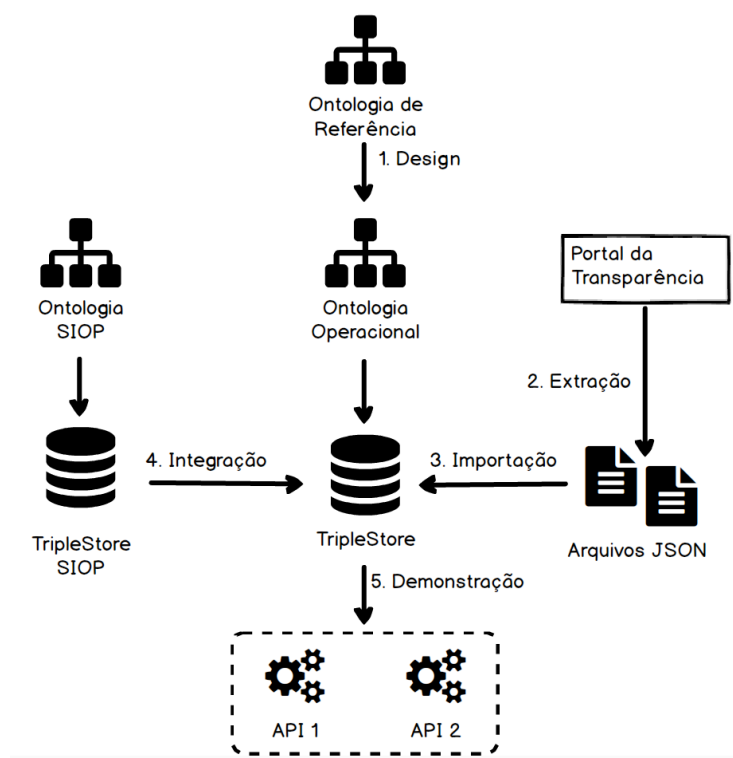


Figura 17. Etapas da prova de conceito

1. **Design** e implementação da ontologia operacional a ser utilizada na iniciativa de integração. Essa versão operacional foi criada com base na ORDP.
2. **Extração** de dados do Portal da Transparência sobre execução da despesa pública (empenhos, liquidações e pagamentos).
3. **Importação** dos dados extraídos do Portal da Transparência para um *triplestore*, usando mapeamentos baseados na ontologia operacional desenvolvida.
4. **Integração** dos dados importados do Portal da Transparência com os dados do SIOp. Nessa etapa é realizado um *matching* dos dados sobre autorização orçamentária disponibilizados pelo *endpoint* do SIOp com os dados sobre execução orçamentária importados no *triplestore*.
5. **Demonstração** por meio de casos de testes utilizando consultas SPARQL que refletem algumas questões de competência descritas no trabalho; e através de uma aplicação *mobile* que se conecta a uma API (*Application Programming Interface*) consultando diretamente os dados do *triplestore*.

4.1 DESIGN E IMPLEMENTAÇÃO DA ONTOLOGIA OPERACIONAL

Antes de realizar a importação, foi necessário desenvolver uma versão operacional da ontologia de referência, correspondendo às fases de design e implementação da abordagem de Engenharia de Ontologias SABI^o.

Dessa forma, para fins de design foi considerada a necessidade de posterior integração das triplas RDF geradas nesta etapa com os dados sobre autorização orçamentária disponibilizados pelo *endpoint* do SIOP (Etapa 4 desta prova de conceito), o que levou a algumas decisões de projeto a respeito da ontologia operacional.

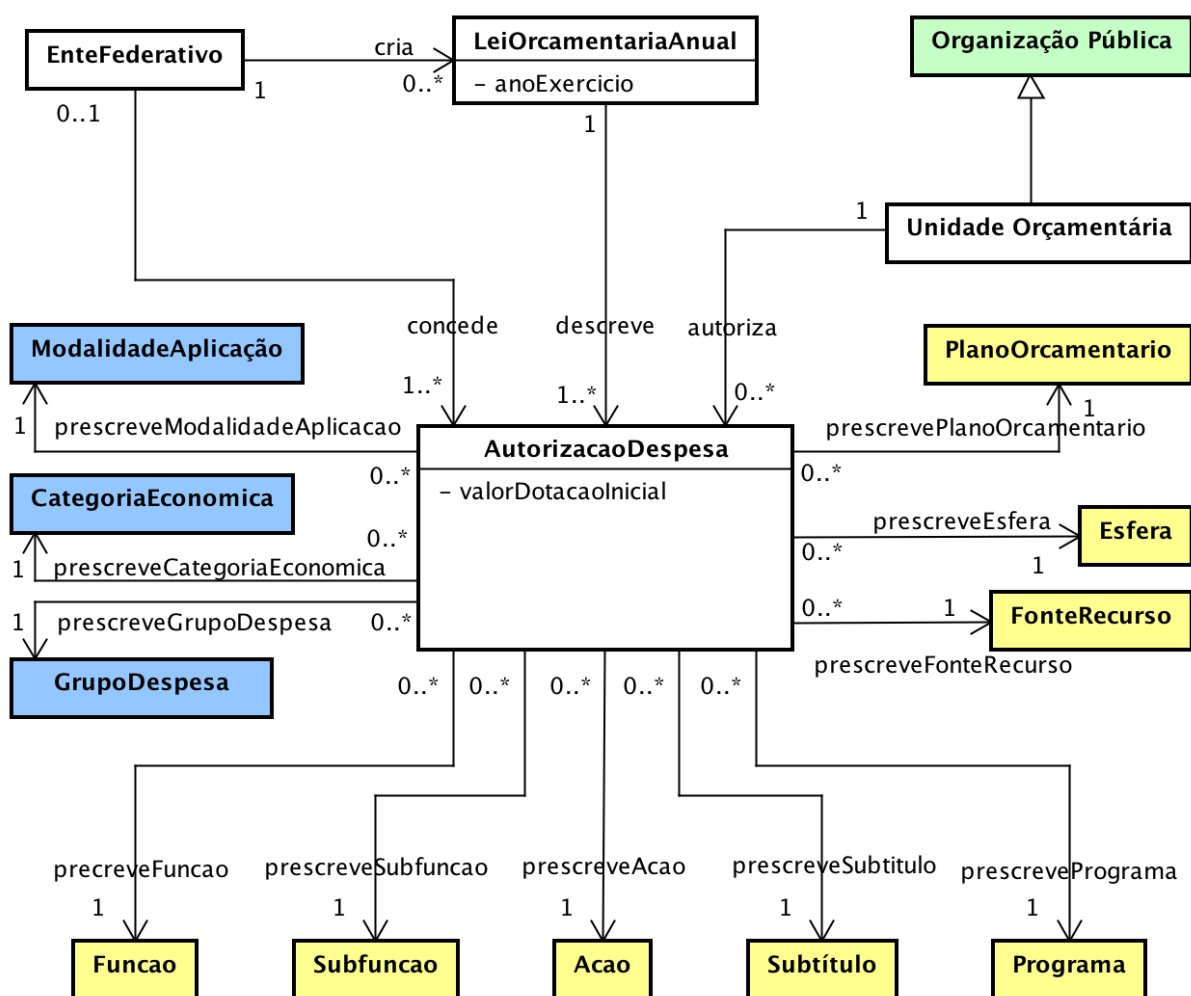


Figura 18. Modelo de Design da subontologia de Autorização Orçamentária

Como mostra a Figura 18, foi necessário inserir alguns conceitos (em amarelo) na subontologia de autorização orçamentária que correspondessem aos classificadores orçamentários não contemplados no escopo de ORDOP por carecerem de investigação e detalhamento à parte, no domínio envolvendo as conceituações do Plano Plurianual (PPA) e da Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO). Esses conceitos identificam a autorização no portal do SIOF e são fundamentais para integração com os dados de execução orçamentária do Portal da Transparência. Além disso, optou-se por omitir conceitos que não possuem dados correspondentes disponíveis no *endpoint* do SIOF, a saber: **Outorgante de Gasto e Orçamento** (e todos os seus subtipos). Com essa alteração, **Ente Federativo** passa a conceder a **Autorização de Despesa** e a **Lei Orçamentária Anual** a descrever a **Autorização de Despesa** diretamente. Vale destacar que a ontologia operacional foi criada seguindo apenas uma direção de navegabilidade das relações, mas nada impede que a relação inversa seja criada.

No projeto da subontologia de empenho, como mostra a Figura 19, os conceitos de **Material (Bem)** e **Tipo de Material** foram omitidos por apenas aparecerem como parte do texto contido no campo “Descrição” do item empenhado, conforme será explicado posteriormente. A solução proposta foi tratar indistintamente como **Item de Empenho** os conceitos **Item de Empenho de Tipo de Material** e **Item de Empenho de Material**, desconsiderando a especialização que conceitualmente serve para diferenciar se o item empenhado descreve um tipo de material ou um bem específico (tipo de segunda ou de primeira ordem, de acordo com MLT).

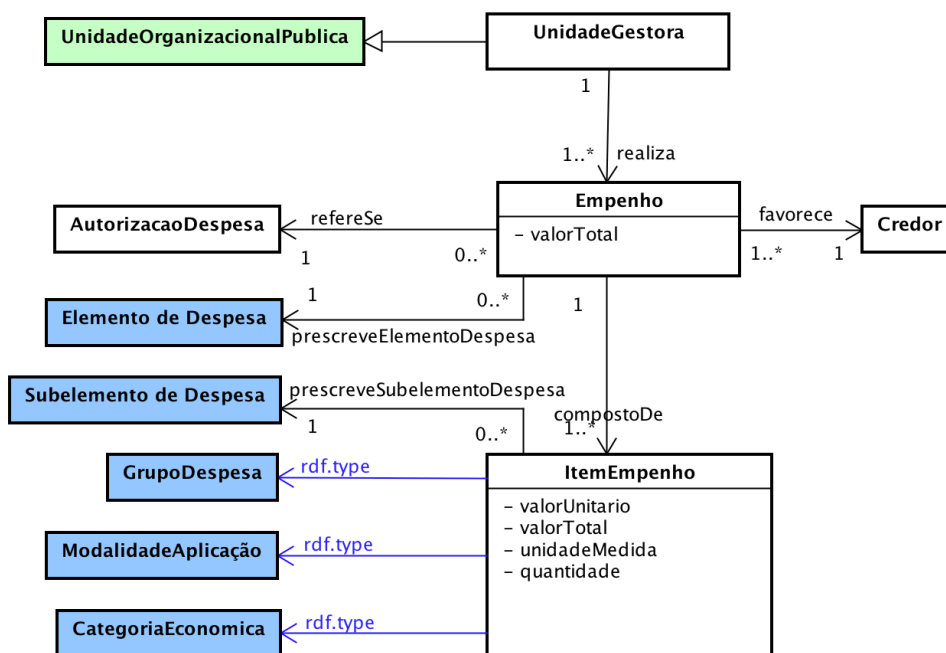


Figura 19. Modelo de Design da subontologia de Empenho

Assim como na subontologia de empenho, foi aplicado procedimento equivalente de tratar apenas os conceitos mais gerais de **Item de Liquidação** e **Item de Pagamento** nos estágios de liquidação e pagamento, respectivamente, como mostra a Figura 20.

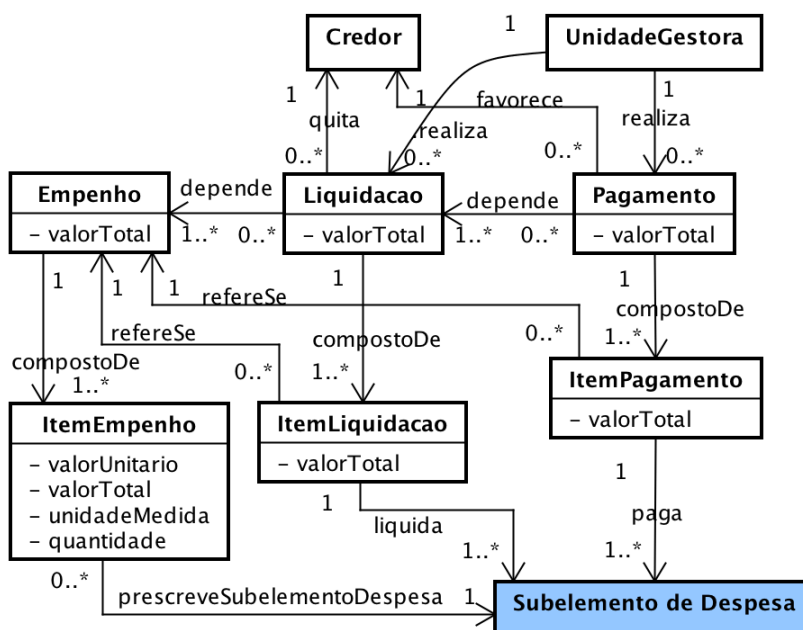


Figura 20. Modelo de Design das subontologias de Liquidação e Pagamento

Através da ferramenta Menthor⁵, foi realizada uma transformação automática do modelo da ontologia operacional para o artefato computacional na linguagem OWL (*Web Ontology Language*), que é uma extensão do RDF que provê maior capacidade de descrição de classes e propriedades (MCGUINNESS; HARMELEN, 2004). Um exemplo desta capacidade é a possibilidade de dizer que dois recursos são iguais através da relação *sameAs*. A ontologia OWL é o artefato computacional utilizado para mapeamento e integração das bases de dados, descritos nas seções seguintes.

4.2 EXTRAÇÃO DE DADOS

A primeira etapa da extração de dados foi a extração de dados referentes à execução da despesa pública. Nesta etapa foi necessário fixar alguns parâmetros a fim de se obter uma amostra de dados, a saber:

- **Período:** 01/01/2016 - 28/02/2016
- **Órgão Superior:** Ministério da Educação
- **Órgão / Entidade Vinculada:** Universidade Federal do Espírito Santo

Algumas dificuldades foram enfrentadas no processo de obtenção dos dados nos portais do governo federal. O Portal da Transparência, que é o principal portal do governo para disponibilização dos dados sobre empenhos, liquidações e pagamentos, não disponibiliza uma opção para realizar o *download* da base de dados sobre empenhos, liquidações ou pagamentos, sendo possível apenas realizar consultas e visualizar documentos individuais (tipicamente, as Notas de Empenho – NE; Notas de Lançamento de Sistema – NS; e Ordens Bancárias - OB).

Devido à impossibilidade de realizar *download* dos dados, buscou-se uma forma alternativa para obtê-los. A primeira alternativa foi usar o Sistema Eletrônico do

⁵ <http://www.menthor.net/>

Serviço de Informação ao Cidadão (e-SIC) para solicitar os dados aos responsáveis. A amostra foi encaminhada, no entanto, os dados foram fornecidos em um formato textual não documentado, o que comprometeu o aproveitamento dos mesmos na iniciativa de integração.

Buscou-se, então, uma segunda alternativa para obtenção da amostra dos dados. Para tanto, foi desenvolvido um *Web Crawler*⁶ com o objetivo de rastrear as páginas, como a mostrada na Figura 21, sobre empenhos, liquidações e pagamentos do Portal de Transparência, coletando as informações desejadas e gerando arquivos em um formato processável por máquina. Como o processo foi feito na linguagem de programação JavaScript⁷, optou-se por utilizar o formato formato JSON (*JavaScript Object Notation*)⁸.

Ministério da Transparência, Fiscalização e Controladoria-Geral da União
Portal da Transparência
 GOVERNO FEDERAL

Perguntas frequentes | Contato | Glossário | Links | Manual de navegação

Acesso rápido Seleccione... OK

Você está em:
 Início » Detalhamento Diário das Despesas » **Detalhamento do Documento**

Detalhamento Diário das Despesas
 Detalhamento do documento: **2016NE800027**

DADOS BÁSICOS			
Fase:	Empenho		
Documento:	2016NE800027	Tipo de Documento:	Nota de Empenho (NE)
Data:	07/01/2016		
Tipo de Empenho:	ORDINARIO	Espécie de Empenho:	Original
Órgão Superior:	26000 - MINISTERIO DA EDUCACAO		
Órgão / Entidade Vinculada:	26234 - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRITO SANTO		
Unidade Gestora Emitente:	153048 - RESTAURANTE CENTRAL DA UFES		
Gestão:	15225 - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRITO SANTO		
Favorecido:	10.518.100/0001-68 - EMERSON JOSE TESCH - EPP		
Valor:	R\$ 8.011,04		

DADOS DETALHADOS

Figura 21. Exemplo de página do Portal da Transparência sobre um documento de Empenho

O processo de coleta de dados por meio do *Web Crawler* precisou ser dividido em etapas devido ao impedimento interposto pelo Portal da Transparência,

⁶ <https://github.com/LucasBassetti/crawler-transparencia>

⁷ <https://www.javascript.com/>

⁸ <http://www.json.org/>

que exigia a digitação de CAPTCHAs (*Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart*) quando a ferramenta tentava realizar várias requisições em um curto espaço de tempo no Portal. Após alguns aprimoramentos do *Web Crawler*, foi possível superar a dificuldade interposta pelos CAPTCHAs, viabilizando-se assim a obtenção automática dos dados necessários.

A Listagem 1 apresenta o fragmento de um documento de empenho coletado por meio do *Web Crawler*. Após a extração de dados, iniciou-se o processo de importação.

Listagem 1. Fragmento do arquivo JSON de um empenho gerado pelo *Web Crawler*

```
{
  "fase": "Empenho",
  "documento": "2016NE800027",
  "tipo": "ORDINARIO",
  "especie": "Original",
  "orgaoSuperior": {
    "codigo": "26000",
    "rotulo": "MINISTERIO DA EDUCACAO"
  },
  "orgao": {
    "codigo": "26234",
    "rotulo": "UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRITO SANTO"
  },
  "subitens": [
    {
      "codigo": "7",
      "rotulo": "GENEROS DE ALIMENTACAO",
      "valorTotal": "240,00"
    }
  ]
}
```

4.3 IMPORTAÇÃO

Na etapa de importação, realizou-se um mapeamento entre os dados sobre execução de despesas extraídos do Portal da Transparência e os conceitos da ontologia operacional, transformando-os em triplas RDF (em um processo denominado triplificação). Para esse fim, um *script* de triplificação foi desenvolvido na linguagem de programação JavaScript, utilizando o interpretador NodeJS⁹, que permite execução de código no lado do servidor. Esse *script* lê os arquivos JSON

⁹ <https://nodejs.org>

extraídos pelo *Web Crawler*, transforma os dados em triplas no formato RDF (*Resource Description Framework*) (SCHREIBER; YVES, 2014) com base no mapeamento feito com a ontologia operacional e, por fim, insere as triplas em um *triplestore* (no caso, o *triplestore* utilizado foi o Stardog¹⁰).

Analisando o fragmento do documento de Empenho¹¹ (Nota de Empenho) mostrado na Figura 22, observa-se que o detalhamento do gasto contém uma lista de subitens da despesa. Estendendo essa análise para vários documentos, notou-se que muitos subitens possuem o mesmo nome, variando apenas o texto contido em seus campos “Descrição”. Dessa forma, concluiu-se que o dado apresentado no campo “Subitem da Despesa” é um tipo do que é apresentado no campo “Descrição”. Realizando o mapeando com a ontologia operacional, esse tipo representa o conceito **Subelemento de Despesa** que é prescrito pelo **Item de Empenho**.

Detalhamento do Gasto				
Subitem da Despesa	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
7 - GENEROS DE ALIMENTACAO	100	2,40	240,00	100,00000 QUILOGRAMA FRUTA IN NATURA, TIPO ABACAXI, ESPÉCIE PÉROLA MARCA: SITIO TESCH ITEM DO PROCESSO: 00001 ITEM DE MATERIAL: 000224397
7 - GENEROS DE ALIMENTACAO	100	2,10	210,00	100,00000 QUILOGRAMA FRUTA IN NATURA, TIPO BANANA, ESPÉCIE DA TERRA MARCA: SITIO TESCH ITEM DO PROCESSO: 00002 ITEM DE MATERIAL: 000224407
7 - GENEROS DE ALIMENTACAO	270	3,40	918,00	270,00000 QUILOGRAMA FRUTA IN NATURA, TIPO MAÇÃ, ESPÉCIE NACIONAL, APLICAÇÃO ALIMENTAR MARCA: SITIO TESCH ITEM DO PROCESSO: 00007 ITEM DE MATERIAL: 000274417
7 - GENEROS DE ALIMENTACAO	250	1,50	375,00	250,00000 QUILOGRAMA FRUTA IN NATURA, TIPO MELANCIA, ESPÉCIE REDONDA, APLICAÇÃO ALIMENTAR MARCA: SITIO TESCH ITEM DO PROCESSO: 00009 ITEM DE MATERIAL: 000258268

Figura 22. Fragmento do documento de Empenho sobre subitens da despesa retirado do Portal da Transparência

De forma semelhante ao observado nos documentos de Empenho, tanto os documentos de Liquidação quanto os de Pagamento não explicitam qual **Material (Bem)** (ou **Tipo de Material**) está sendo liquidado ou pago. Esses documentos têm como maior nível de detalhamento apenas a indicação dos subitens das despesas (**Subelemento de Despesa**) liquidados ou pagos, respectivamente.

¹⁰ <http://stardog.com>

¹¹ <http://portaltransparencia.gov.br/despesasdiarias/empenho?documento=153048152252016NE800027>

Seguindo o exemplo do documento de Liquidação¹² da Figura 23, observa-se que, ao invés do **Material** (ou **Tipo de Material**), cada linha liquida um “Subitem da Despesa”. Isso impossibilita saber qual dos materiais (ou tipos de materiais) descritos no estágio de Empenho está sendo especificamente liquidado (ou pago, pois a mesma ideia é seguida no pagamento). Com base nessa restrição foi que se decidiu não usar os conceitos **Material (Bem)** e **Tipo de Material** da ORDP na ontologia operacional. Além disso, os conceitos **Item de Liquidação** e **Item de Pagamento** passaram a ter relações diretas com o conceito **Subelemento de Despesa** (“Subitem da Despesa”), denominadas respectivamente “liquida” e “paga”.

Empenho	Subitem da Despesa	Estorno	Valor (R\$)
2015NE801467	7 - GENEROS DE ALIMENTACAO	Não	1.633,56
2015NE801467	7 - GENEROS DE ALIMENTACAO	Sim	1.633,56
2016NE800027	7 - GENEROS DE ALIMENTACAO	Não	1.633,56
2016NE800027	7 - GENEROS DE ALIMENTACAO	Sim	1.633,56

Figura 23. Fragmento do documento de Liquidação sobre subitens da despesa retirado do Portal da Transparência

Com base no mapeando, foi realizado o processo de triplificação dos arquivos JSON para o formato RDF. A Figura 24 apresenta um exemplo do mapeamento da Listagem 1. Elementos nas cores verde são instâncias geradas pelo conteúdo dos arquivos JSON. Cada instância representa um URI gerado com os códigos dos classificadores orçamentários (Programa, Ação, Função, etc.). Já os elementos na cor amarela representam os conceitos da ontologia operacional. As instâncias na cor verde com bordas arredondadas são indivíduos (instanciando, portanto, tipos de primeira ordem). Instâncias na cor verde com borda quadrada são tipos de primeira ordem (instanciando, por sua vez, tipos de segunda ordem).

As relações seguem o padrão da ontologia, exceto a relação de instanciação que aqui é representada pela relação *rdf:type* de RDF. Os nomes das instâncias foram representados em RDF por rótulos (utilizando a relação *rdfs:label*). No entanto, os rótulos foram retirados do exemplo para não poluir a imagem. Por exemplo, a função *uri-base:funcao/2016/12* tem o rótulo “Educação”.

¹² <http://portaltransparencia.gov.br/despesasdiarias/liquidacao?documento=153048152252016NS000043>

Conforme discutido no Capítulo 2, o modelo ontológico do SIOP tem o Item de Despesa como conceito central, o qual conecta todos os classificadores orçamentários. Aos itens estão associadas propriedades que colapsam numa mesma entidade valores financeiros correspondentes a diferentes etapas (autorização orçamentária e execução da despesa) e estágios (empenho, liquidação e pagamento) dos gastos públicos, sendo eles o valor do PLOA – Projeto de Lei Orçamentaria Anual, valor da LOA – Lei Orçamentária Anual (também chamado de Dotação Inicial), valor da LOA mais Créditos (também chamado de Dotação Atual), valor Empenhado, valor Liquidado e valor Pago (ARAÚJO et al., 2012).

Dessa forma, percebe-se que o modelo ontológico utilizado pelo SIOP apresenta uma sobrecarga semântica para o conceito de Item de Despesa. No intuito de compreender os dados extraídos do SIOP, foram investigados alguns padrões recorrentes, buscando-se diferenciar os dados relacionados à etapa de autorização orçamentária, daqueles referentes à etapa de execução da despesa. Foi possível perceber que os Itens de Despesa com valor diferente de zero para a propriedade Dotação Inicial e valores zerados para as demais propriedades eram itens referentes à etapa de autorização (instâncias de **Autorização de Despesa**).

Foi possível observar, também, outro padrão no qual as propriedades de Item de Despesa que indicam os valores de empenho, liquidação e pagamento estão com valores diferentes de zero, tendo sido esses itens interpretados como se referindo à etapa de execução da despesa.

Um exemplo contendo dados extraídos do SIOP é mostrado na Figura 26, em que o primeiro Item de Despesa é interpretado como uma instância de **Autorização de Despesa** e o segundo como instância de um item da execução de despesa.

http://orcamento.dados.gov.br/id/2016/ItemDespesa/16070	http://vocab.e.gov.br/2013/09/loa#valorEmpenhado	0
http://orcamento.dados.gov.br/id/2016/ItemDespesa/16070	http://vocab.e.gov.br/2013/09/loa#valorLiquidado	0
http://orcamento.dados.gov.br/id/2016/ItemDespesa/16070	http://vocab.e.gov.br/2013/09/loa#valorDotacaoInicial	6484391
http://orcamento.dados.gov.br/id/2016/ItemDespesa/16070	http://vocab.e.gov.br/2013/09/loa#valorProjetoLei	0
http://orcamento.dados.gov.br/id/2016/ItemDespesa/16070	http://vocab.e.gov.br/2013/09/loa#valorPago	0
http://orcamento.dados.gov.br/id/2016/ItemDespesa/78852	http://vocab.e.gov.br/2013/09/loa#valorEmpenhado	31283.62
http://orcamento.dados.gov.br/id/2016/ItemDespesa/78852	http://vocab.e.gov.br/2013/09/loa#valorLiquidado	31283.62
http://orcamento.dados.gov.br/id/2016/ItemDespesa/78852	http://vocab.e.gov.br/2013/09/loa#valorDotacaoInicial	0
http://orcamento.dados.gov.br/id/2016/ItemDespesa/78852	http://vocab.e.gov.br/2013/09/loa#valorProjetoLei	0
http://orcamento.dados.gov.br/id/2016/ItemDespesa/78852	http://vocab.e.gov.br/2013/09/loa#valorPago	31283.62

Figura 26. Exemplo de Sobrecarga Semântica - Item de Despesa com significados distintos nos dados extraídos do SIOP

Seguindo essa forma de interpretação, foram realizados os mapeamentos dos Itens da Despesa (extraídos do SIOP) cujo valor da dotação inicial fosse maior que zero como uma **Autorização de Despesa** da ontologia aqui apresentada. Para esse fim, foi desenvolvido um *script* para associar (usando a relação *owl:sameAs*) as **Autorizações de Despesa** com os Itens de Despesa do SIOP que possuíam os mesmos classificadores orçamentários, ou seja, ambos indicavam o mesmo Órgão, Unidade Orçamentária, Programa, Ação, Função, Subfunção, etc. A Figura 27 apresenta um exemplo de instância de **Autorização de Despesa** ligada a uma instância de Item de Despesa por meio da relação *owl:sameAs*, indicando que na realidade ambos retratam um mesmo indivíduo.

Autorização da Despesa 20161208040020032123640000003390

AutorizacaoDespesa

prescreveEsfera ORÇAMENTO FISCAL	prescreveFuncao EDUCAÇÃO
prescreveSubtitulo PESSOAL ATIVO DA UNIAO - NO ESTADO DO ESPIRITO SANTO	prescrevePrograma EDUCAÇÃO DE QUALIDADE PARA TODOS
prescrevePlanoOrçamentario PESSOAL ATIVO DA UNIAO	prescreveAcao ASSISTENCIA AO ESTUDANTE DE ENSINO SUPERIOR
prescreveCategoriaEconomica Despesas Correntes	prescreveFonteRecursos RECURSOS ORDINARIOS
prescreveModalidadeAplicacao Aplic. Diretas (Gastos Diretos do Governo Federal)	label Autorização da Despesa 20161208040020032123640000003390
prescreveGrupoDespesa Outras Despesas Correntes	sameAs http://orcamento.dados.gov.br/id/2016/ItemDespesa/3988

Figura 27. Exemplo de integração entre uma Autorização de Despesa com um Item de Despesa do SIOP

4.5 DEMONSTRAÇÃO

Esta seção apresenta a demonstração feita para a prova de conceito, iniciando com casos de testes para as questões de competência e finalizando com uma aplicação mobile que consome os dados através de queries SPARQL.

4.5.1 Casos de Teste

Para demonstrar o resultado da triplificação e demonstração dos dados, realizou-se inicialmente casos de testes através de consultas SPARQL que refletem as questões de competência descritas no trabalho. O objetivo é avaliar a ontologia através de consultas sobre dados reais que cruzem todo o seu escopo.

A Tabela 11 apresenta as consultas SPARQL referente às Questões de Competência da ORDP. Alguns pontos importantes que foram considerados na construção das consultas:

- As questões QC04, QC08 e QC18 não foram exploradas por não existir os conceitos na ontologia operacional.
- A QC07 foi alterada para se adequar às decisões de design da ontologia operacional.
- Questões que iniciam com “em um exercício fiscal” foram reduzidas, pois a amostra dos dados extraídas é do exercício fiscal de 2016. Em casos que tenha dados de vários exercícios fiscais, é necessário incrementar a consulta para que tenha o filtro do exercício desejado.
- A QC13 trata apenas do classificador programa. Para consultar outros classificadores de despesa, basta alterar a relação para o classificador desejado.

Tabela 11. Consultas SPARQL referentes às Questões de Competência

QC	Consulta SPARQL
QC01	<p>Quais despesas uma organização pública está autorizada a realizar de acordo com a LOA?</p> <pre> SELECT DISTINCT ?unidadeOrcamentariaURI ?unidadeOrcamentaria WHERE { ?unidadeOrcamentariaURI rdf:type ordp:UnidadeOrcamentaria ; rdfs:label ?unidadeOrcamentaria ; ordp:autorizadaAExecutarDespesaPor ?autorizacaoDespesa . } </pre>
QC02	<p>Quais classificadores estão prescritos por uma determinada autorização de despesa?</p> <pre> SELECT DISTINCT ?autorizacaoDespesa ?categoriaEconomica ?grupoDespesa ?modalidadeAplicacao ?esfera ?programa ?acao ?subtitulo ?funcao ?subfuncao WHERE { ?autorizacaoDespesa ordp:prescreveCategoriaEconomica/rdfs:label ?categoriaEconomica ; ordp:prescreveGrupoDespesa/rdfs:label ?grupoDespesa ; ordp:prescreveModalidadeAplicacao/rdfs:label ?modalidadeAplicacao ; ordp:prescreveEsfera/rdfs:label ?esfera ; ordp:prescrevePrograma/rdfs:label ?programa ; ordp:prescreveAcao/rdfs:label ?acao ; ordp:prescreveSubtitulo/rdfs:label ?subtitulo ; ordp:prescreveFuncao/rdfs:label ?funcao ; ordp:prescreveSubfuncao/rdfs:label ?subfuncao . } </pre>
QC03	<p>Que ente federativo cria uma LOA e, portanto, concede autorizações de despesa nos orçamentos descritos por essa LOA?</p> <pre> SELECT ?enteFederativo WHERE { ?enteFederativoURI ordp:cria ?LOA . ?LOA rdf:type ordp:LeiOrcamentariaAnual . ?enteFederativoURI rdfs:label ?enteFederativo } </pre>
QC05	<p>Quais empenhos foram feitos tendo como base uma determinada autorização de despesa?</p> <pre> SELECT ?empenho ?autorizacaoDespesa WHERE { ?empenho rdf:type ordp:Empenho . ?empenho ordp:refereSe ?autorizacaoDespesa . } </pre>

Tabela11. Consultas SPARQL referentes às Questões de Competência (Continuação)

QC06	<p>Qual é a unidade gestora e o credor de um empenho?</p> <pre> SELECT ?empenho ?credor ?unidadeGestora WHERE { ?empenho ordp:favorece ?credorURI . ?credorURI rdfs:label ?credor . ?unidadeGestoraURI ordp:realiza ?empenho ; rdfs:label ?unidadeGestora . } </pre>
QC07	<p>Quais os itens relativos a um empenho e as quantidades e valores associados a esses itens?</p> <pre> SELECT ?empenho ?itemEmpenho ?valorTotal ?quantidade WHERE { ?empenho ordp:compostoDe ?itemEmpenho . ?itemEmpenho ordp:valorTotal ?valorTotal ; ordp:quantidade ?quantidade . } </pre>
QC09	<p>Quais são os classificadores dos itens que compõem um determinado empenho?</p> <pre> SELECT DISTINCT ?empenho ?categoriaEconomica ?grupoDespesa ?modalidadeAplicacao ?esfera ?programa ?acao ?subtitulo ?funcao ?subfuncao WHERE { ?empenho ordp:refereSe ?autorizacaoDespesa . ?autorizacaoDespesa ordp:prescreveCategoriaEconomica/rdfs:label ?categoriaEconomica ; ordp:prescreveGrupoDespesa/rdfs:label ?grupoDespesa ; ordp:prescreveModalidadeAplicacao/rdfs:label ?modalidadeAplicacao ; ordp:prescreveEsfera/rdfs:label ?esfera ; ordp:prescrevePrograma/rdfs:label ?programa ; ordp:prescreveAcao/rdfs:label ?acao ; ordp:prescreveSubtitulo/rdfs:label ?subtitulo ; ordp:prescreveFuncao/rdfs:label ?funcao ; ordp:prescreveSubfuncao/rdfs:label ?subfuncao . } </pre>
QC10	<p>Quais unidades gestoras empenharam recursos de uma determinada autorização da despesa?</p> <pre> SELECT DISTINCT ?unidadeGestora ?autorizacaoDespesa WHERE { ?unidadeGestoraURI ordp:realiza ?empenho ; rdfs:label ?unidadeGestora . ?empenho a ordp:Empenho ; ordp:refereSe ?autorizacaoDespesa . } </pre>

Tabela11. Consultas SPARQL referentes às Questões de Competência (Continuação)

QC11	<p>Quais credores foram favorecidos com empenhos relacionados a uma determinada autorização de despesa?</p> <pre> SELECT DISTINCT ?credor ?autorizacaoDespesa WHERE { ?empenho a ordp:Empenho ; ordp:favorece ?credorURI ; ordp:refereSe ?autorizacaoDespesa . ?credorURI rdfs:label ?credor . } </pre>
QC12	<p>Em um exercício fiscal, quanto foi empenhado a determinado credor?</p> <pre> SELECT ?credor (SUM(xsd:double(?valorTotal)) as ?valorEmpenhado) WHERE { ?empenho a ordp:Empenho ; ordp:favorece ?credor ; ordp:valorTotal ?valorTotal . } GROUP BY ?credor </pre>
QC13	<p>Em um exercício fiscal, qual valor empenhado para determinado classificador de despesa?</p> <pre> SELECT ?programa (SUM(xsd:double(?valorTotal)) as ?valorEmpenhado) WHERE { ?empenho a ordp:Empenho ; ordp:refereSe ?autorizacaoDespesa ; ordp:valorTotal ?valorTotal . ?autorizacaoDespesa ordp:prescrevePrograma/rdfs:label ?programa . } GROUP BY ?programa ORDER BY DESC(?valorEmpenhado) </pre>
QC14	<p>Em um exercício fiscal, qual o valor empenhado por uma unidade gestora?</p> <pre> SELECT ?unidadeGestora (SUM(xsd:double(?valorTotal)) as ?valorEmpenhado) WHERE { ?unidadeGestoraURI ordp:realiza ?empenho ; rdfs:label ?unidadeGestora . ?empenho a ordp:Empenho ; ordp:valorTotal ?valorTotal . } GROUP BY ?unidadeGestora ORDER BY DESC(?valorEmpenhado) </pre>

Tabela11. Consultas SPARQL referentes às Questões de Competência (Continuação)

QC15	<p>Qual é a unidade gestora e o credor de uma liquidação?</p> <pre> SELECT ?liquidacao ?credor ?unidadeGestora WHERE { ?liquidacao ordp:quita/rdfs:label ?credor . ?unidadeGestoraURI ordp:realiza ?liquidacao ; rdfs:label ?unidadeGestora . } </pre>
QC16	<p>Quais os itens liquidados em uma liquidação e os valores associados a esses itens?</p> <pre> SELECT ?liquidacao ?itemLiquidacao ?valorTotal WHERE { ?liquidacao ordp:compostoDe ?itemLiquidacao . ?itemLiquidacao ordp:valorTotal ?valorTotal . } </pre>
QC17	<p>A quais empenhos se referem uma liquidação e seus itens?</p> <pre> SELECT ?liquidacao ?itemLiquidacao ?empenho WHERE { ?liquidacao ordp:depende ?empenho ; ordp:compostoDe ?itemLiquidacao . } </pre>
QC19	<p>Quais liquidações foram feitas tendo como base uma determinada autorização de despesa?</p> <pre> SELECT ?liquidacao ?autorizacaoDespesa WHERE { ?liquidacao rdf:type ordp:Liquidacao ; ordp:depende ?empenho . ?empenho rdf:type ordp:Empenho ; ordp:refereSe ?autorizacaoDespesa . } </pre>
QC20	<p>Em um exercício fiscal, quanto foi liquidado a um determinado credor?</p> <pre> SELECT ?credor (SUM(xsd:double(?valorTotal)) as ?valorLiquidado) WHERE { ?liquidacao a ordp:Liquidacao ; ordp:quita ?credor; ordp:compostoDe ?itemLiquidacao . ?itemLiquidacao ordp:valorTotal ?valorTotal . } GROUP BY ?credor </pre>

Tabela11. Consultas SPARQL referentes às Questões de Competência (Continuação)

QC21	<p>Em um exercício fiscal, quanto foi liquidado de determinada unidade gestora?</p> <pre>SELECT ?unidadeGestora (SUM(xsd:double(?valorTotal)) as ?valorLiquidado) WHERE { ?unidadeGestoraURI ordp:realiza ?liquidacao ; rdfs:label ?unidadeGestora . ?liquidacao a ordp:Liquidacao ; ordp:compostoDe ?itemLiquidacao . ?itemLiquidacao ordp:valorTotal ?valorTotal . } GROUP BY ?unidadeGestora ORDER BY DESC(?valorLiquidado)</pre>
QC22	<p>Qual é a unidade gestora que realizou um pagamento e qual o credor favorecido por esse pagamento?</p> <pre>SELECT ?pagamento ?unidadeGestora ?credor WHERE { ?pagamento ordp:favorece/rdfs:label ?credor . ?unidadeGestoraURI ordp:realiza ?pagamento ; rdfs:label ?unidadeGestora . }</pre>
QC23	<p>De quais liquidações um pagamento depende?</p> <pre>SELECT ?liquidacao ?pagamento WHERE { ?pagamento ordp:depende ?liquidacao . ?liquidacao rdf:type ordp:Liquidacao . }</pre>
QC24	<p>A que empenho se refere um item de pagamento?</p> <pre>SELECT ?itemPagamento ?empenho WHERE { ?itemPagamento ordp:depende ?empenho . ?empenho rdf:type ordp:Empenho . }</pre>
QC25	<p>Quais pagamentos foram feitos tendo como base uma determinada autorização de despesa da LOA?</p> <pre>SELECT ?pagamento ?autorizacaoDespesa WHERE { ?pagamento rdf:type ordp:Pagamento ; ordp:depende ?empenho . ?empenho rdf:type ordp:Empenho ; ordp:refereSe ?autorizacaoDespesa . }</pre>

Tabela11. Consultas SPARQL referentes às Questões de Competência (Continuação)

QC26	<p>Quanto do valor de uma autorização de despesa da LOA foi efetivamente objeto de pagamentos?</p> <pre> SELECT ?autorizacaoDespesa (SUM(xsd:double(?valorTotalAD)) as ?valorAD) (SUM(xsd:double(?valorTotalPago)) as ?valorPago) WHERE { ?pagamento rdf:type ordp:Pagamento ; ordp:depende ?empenho ; ordp:valorTotal ?valorTotalPago . ?empenho rdf:type ordp:Empenho ; ordp:refereSe ?autorizacaoDespesa . ?autorizacaoDespesa ordp:valorDotacaoInicial ?valorTotalAD . } GROUP BY ?autorizacaoDespesa </pre>
QC27	<p>Em um exercício fiscal, quanto foi pago a determinado credor?</p> <pre> SELECT ?credor (SUM(xsd:double(?valorTotal)) as ?valorPago) WHERE { ?pagamento a ordp:Pagamento ; ordp:favorece ?credor ; ordp:valorTotal ?valorTotal . } GROUP BY ?credor </pre>
QC28	<p>Em um exercício fiscal, quanto foi pago por determinada unidade gestora?</p> <pre> SELECT ?unidadeGestora (SUM(xsd:double(?valorTotal)) as ?valorPago) WHERE { ?unidadeGestoraURI ordp:realiza ?pagamento ; rdfs:label ?unidadeGestora . ?pagamento a ordp:Pagamento ; ordp:compostoDe ?itemPagamento . ?itemPagamento ordp:valorTotal ?valorTotal . } GROUP BY ?unidadeGestora ORDER BY DESC(?valorPago) </pre>

Entre as principais questões de competência, encontram-se as questões que requerem integração dos dados, ou seja, que envolvem tanto autorização da despesa, quanto a execução orçamentária. Elas permitem rastrear, por exemplo, qual foi a autorização da despesa presente na LOA que autorizou determinado pagamento, ou quais unidades gestoras que empenharam recursos de determinada autorização. Para exemplificar este caso, abaixo seguem duas questões de competência com suas respectivas consultas SPARQL e resultados obtidos para a autorização da despesa abaixo. Para as questões, foi utilizada a autorização de despesa representada pela seguinte URI:

<http://ontology.com.br/ordp/resource/autorizacao-despesa/2016/20161208020GK0032123645000003390>

A Tabela 12 apresenta a consulta SPARQL e o resultado para QC10.

Tabela 12. Consulta SPARQL e resultado para a QC10

QC10	Quais unidades gestoras empenharam recursos de uma determinada autorização de despesa?
SPARQL	<pre>SELECT DISTINCT ?unidadeGestora WHERE { ?unidadeGestoraURI ordp:realiza ?empenho ; rdfs:label ?unidadeGestora . ?empenho a ordp:Empenho ; ordp:refereSe <http://ontology.com.br/ordp/resource/autorizacao- despesa/2016/20161208020GK0032123645000003390> . }</pre>
Resultado	unidadeGestora UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRITO SANTO

A Tabela 13 apresenta a consulta SPARQL e o resultado para QC26.

Tabela 13. Consulta SPARQL e resultado para a QC26

QC26	Quanto do valor de uma autorização de despesa da LOA foi efetivamente objeto de pagamentos?				
SPARQL	<pre>SELECT (SUM(xsd:double(?valorTotalAD)) as ?valorAD) (SUM(xsd:double(?valorTotalPago)) as ?valorPago) WHERE { ?pagamento rdf:type ordp:Pagamento ; ordp:depende ?empenho ; ordp:valorTotal ?valorTotalPago ; owl:sameAs ?urlPortal . ?empenho rdf:type ordp:Empenho ; ordp:refereSe <http://ontology.com.br/ordp/resource/autorizacao- despesa/2016/20161208020GK0032123645000003390> . <http://ontology.com.br/ordp/resource/autorizacao- despesa/2016/20161208020GK0032123645000003390> ordp:valorDotacaoInicial ?valorTotalAD . }</pre>				
Resultado	<table border="1"> <thead> <tr> <th>valorAD</th> <th>valorPago</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R\$ 12.968.782,00</td> <td>R\$ 308.747,93</td> </tr> </tbody> </table>	valorAD	valorPago	R\$ 12.968.782,00	R\$ 308.747,93
valorAD	valorPago				
R\$ 12.968.782,00	R\$ 308.747,93				

As demais questões de competência, assim como a ontologia operacional (em RDF), estão disponíveis no repositório do GitHub¹⁴ para consulta. O repositório

¹⁴ <https://github.com/LucasBassetti/despesa-orcamentaria>

também apresenta um *link* para um SPARQL *endpoint*, onde é possível testar as questões de competência com a amostra dos dados obtidos.

4.5.2 Exemplo de Aplicação Mobile de Consumo dos Dados Obtidos

Uma vantagem dos dados triplicados em RDF é a possibilidade de se realizar diferentes consultas interligando diversas informações do grafo RDF. Além disso, é possível transformar essas consultas em funções de uma API, ou seja, através dos dados triplicados é possível gerar uma gama de APIs que manipulem os dados de diferentes formas.

Como demonstração desta capacidade viabilizada pela abordagem utilizada neste trabalho, foi desenvolvida uma API¹⁵ em NodeJS com duas funções: (i) uma função que busca o número de empenhos por credores e (2) uma função que busca detalhes de um credor com número e valor total de empenhos e pagamentos.

Foi desenvolvida uma aplicação *mobile*¹⁶ para apresentar os dados obtidos das funções da API. A aplicação possui duas telas principais, como mostra a Figura 28. A tela da esquerda apresenta a lista de credores ordenadas pelo número de empenhos, sendo que, ao selecionar um credor, a aplicação apresenta a tela da direita detalhando o número de pagamentos e o valor total empenhado e pago.

¹⁵ <https://github.com/LucasBassetti/despesa-orcamentaria/tree/master/api>

¹⁶ <https://github.com/LucasBassetti/despesa-orcamentaria/tree/master/loa-app>

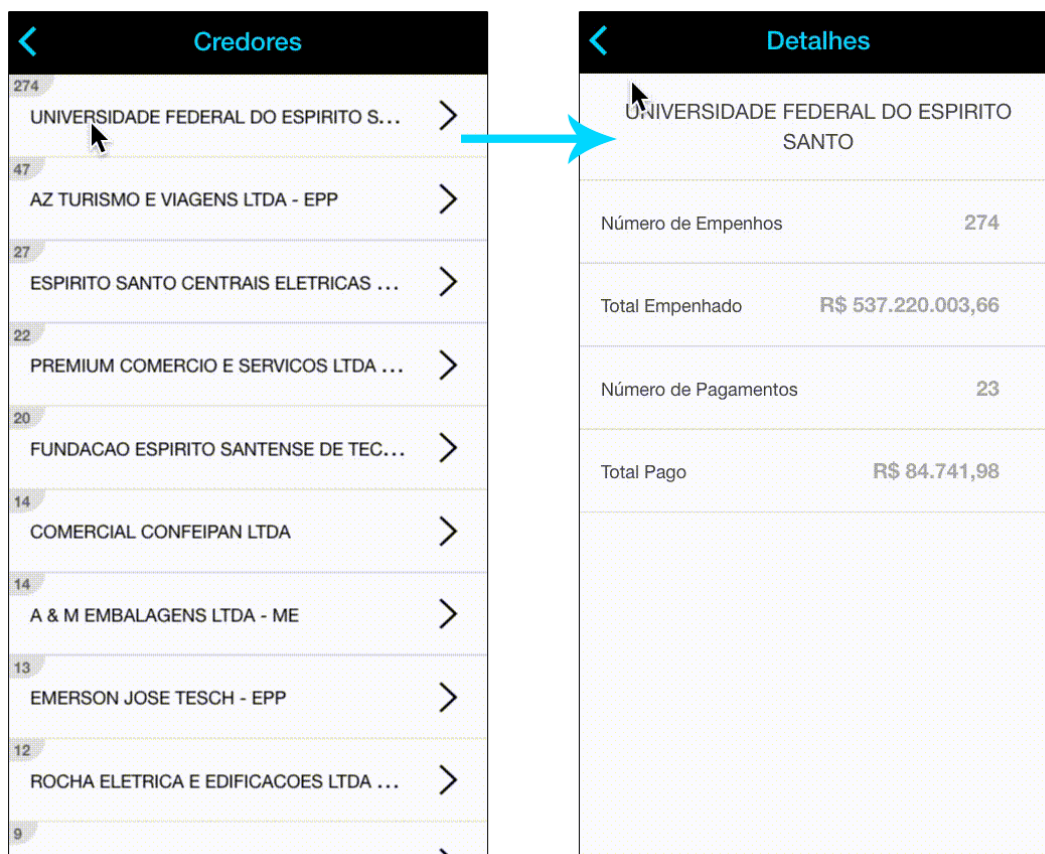


Figura 28. Exemplo de aplicação usando os dados triplicados.

4.6 CONCLUSÃO

Na prova de conceito, foi gerada uma ontologia operacional com base na ORDP, utilizada para a integração de duas fontes de dados abertos do governo federal, a saber: dados sobre autorização orçamentária presentes no SIOF e dados sobre execução orçamentária presentes no Portal da Transparência. Enquanto os dados dos SIOF são triplicados e possuem uma ontologia subjacente, há uma carência em relação a disponibilidade de dados no Portal da Transparência, onde foi necessário o desenvolvimento de um *Web Crawler* para extração de uma amostra de dados.

Com a amostra de dados coletadas, foi possível realizar uma integração entre os dados de autorização e execução orçamentária, permitindo rastrear informações entre os domínios e responder questões que antes não eram possíveis, tais como:

(i) Quais unidades gestoras empenharam recursos de uma determinada autorização de despesa?; (ii) Quanto do valor de uma autorização de despesa da LOA foi efetivamente objeto de pagamentos? Além disso, uma aplicação *mobile* foi desenvolvida para reforçar os benefícios da abordagem utilizada neste trabalho.

5 CONCLUSÃO

Neste capítulo são feitas as considerações finais deste trabalho, sendo apresentadas suas principais contribuições e perspectivas de trabalhos futuros para continuidade e aprimoramento da pesquisa.

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Lei de Acesso a Informação foi um marco para a democracia, levando à disponibilização para o cidadão de dados da administração pública por meio de portais de acesso à informação na Web. Dado o interesse do cidadão na transparência do gasto público, uma grande parte dos dados disponibilizados refere-se justamente ao orçamento e às despesas, o que em princípio dá ao cidadão o poder de acessar e fiscalizar os gastos públicos, auxiliando no combate à corrupção e na melhoria da efetividade dos gastos governamentais.

Não obstante, há uma série de empecilhos para o consumo e ligação dos dados disponibilizados por estes portais. Primeiramente, os dados advêm de fontes heterogêneas (diferentes sistemas de informação, como SIOF e SIAFI) e carecem de uma estrutura padronizada. Assim, diferentes portais e sistemas relatam informações parciais sobre o mesmo processo de forma desarticulada. Em segundo lugar, a documentação disponibilizada sobre os dados do orçamento tem duas fontes de naturezas distintas: (i) a legislação, que utiliza terminologia e jargão mais abstratos e sem detalhamento, e, por outro lado, (ii) os manuais técnicos de sistemas, que se restringem à descrição de aspectos operacionais do preenchimento de “telas” e/ou “formulários” e à execução de transações de sistema. Isto faz com que haja terminologias e conceituações diferentes, o que é exacerbado pelo fato de que o orçamento abrange diferentes esferas de poder, coordenação entre diferentes órgãos de um mesmo poder, e diferentes etapas de um processo eminentemente técnico.

Nesta dissertação é relatado o processo de desenvolvimento de uma ontologia de referência (ORDP) para as etapas de autorização orçamentária e execução da despesa pública federal.

Vale indicar algumas observações colhidas durante as pesquisas desenvolvidas e propor aprimoramentos para integração dos dados publicados pelo governo federal sobre as etapas de autorização orçamentária e execução de despesas públicas, e assim facilitar a compreensão e processamento desses dados.

Primeiramente, percebeu-se que o SIAFI é administrado no âmbito do Ministério da Fazenda, porém a divulgação dos seus dados (sobre a execução de despesas públicas) ocorre através do Portal da Transparência do Governo Federal, o qual é administrado por um órgão vinculado a outro ministério, a Controladoria Geral da União. Por outro lado, o SIOF que é mantido pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, o qual também é responsável pelo portal de divulgação dos dados sobre autorização orçamentária.

Para o SIOF, existe a iniciativa de um modelo ontológico de classificação das despesas do orçamento federal brasileiro, descrita em (ARAÚJO et al., 2012) e apresentada no capítulo sobre os trabalhos correlatos. Vale destacar a diferença conceitual existente entre a entidade Item de Despesa (siop:ItemDeDespesa) apresentada em (ARAÚJO et al., 2012), daquela apresentada no presente trabalho (no caso, Autorização de Despesa). Nesta etapa, o uso de uma ontologia de fundamentação foi importante para capturar a natureza ontológica da entidade no mundo real. Na ORDP, é apresentada uma semântica para este conceito central no orçamento (Autorização de Despesa): instâncias deste conceito são *relators* sociais que autorizam a execução das despesas públicas. O conceito de *relator* teve um papel central para estabelecer a semântica das entidades envolvidas, uma vez que a autorização orçamentária e a execução de despesas podem ser compreendidas como relações sociais, que se desdobram em uma cadeia de dependências ao longo do processo, envolvendo diferentes atores que desempenham diferentes papéis (*roles*). Além disso, o uso de MLT foi fundamental para lidar com a modelagem de conceitos de diferentes ordens presentes na ontologia, como os

classificadores da despesa (que na ontologia do SIOF não são claramente identificados como classes cujas instâncias são também classes).

Já o Portal da Transparência (ou mesmo o SIAFI) prescinde de uma ontologia subjacente aos dados divulgados (pelo menos da divulgação dessa ontologia, se é que existe uma), a fim de permitir uma melhor compreensão dos dados publicados, assim como sua integração com outras fontes de dados. Voltando a atenção para esse aspecto do SIOF, há o comprometimento em divulgar seus dados de acordo com uma ontologia publicada, ainda que algumas limitações de tal ontologia tenham sido discutidas neste trabalho.

Outro ponto relevante é a falta por parte do SIAFI, e do Portal da Transparência, de um *endpoint* em que seja possível realizar consultas SPARQL ou realizar *download* de arquivos contendo os dados sobre execução de despesas públicas no formato RDF (padrão W3C¹⁷ para intercâmbio de dados na Web), possibilitando uma integração mais simples com outras fontes de dados.

Por fim, percebe-se uma limitação quanto à granularidade da informação capturada pelo SIAFI na etapa de execução de despesas, haja vista que o conceito **Material (Bem)**, ou **Tipo de Material**, fica apenas subentendido como parte do texto que descreve (campo “Descrição”) um **Item de Empenho**, ou seja, esse conceito não é capturado pelo sistema. Dessa forma, nos casos em que o **Empenho** é composto por vários **Itens de Empenho** que prescrevam um mesmo tipo de **Subelemento de Despesa** (como é o caso do exemplo mostrado na Figura 22), o sistema não permite saber, nos estágios de liquidação e pagamento, qual desses **Itens de Empenho** (e por conseguinte qual **Material (Bem)**) está sendo efetivamente liquidado ou pago. Ou seja, não é possível saber, pelo sistema, se estão sendo liquidados (ou pagos) os abacaxis ou as maçãs que foram objetos de um mesmo **Empenho** (para isso seria necessário ter acesso ao documento fiscal que originou a liquidação).

¹⁷ World Wide Web Consortium - comunidade internacional que desenvolve padrões abertos para a Web (<https://www.w3.org/RDF/>).

5.2 CONTRIBUIÇÕES

As principais contribuições desta dissertação são:

- I. Ontologia de referência para o domínio de execução da despesa pública federal (ORDP), integrando estágios desde a autorização da programação orçamentária até o pagamento de despesas pelos órgãos da administração pública.
- II. Ontologia operacional gerada a partir do mapeamento de dados reais sobre autorização e execução orçamentária do governo com a ontologia de referência proposta neste trabalho.
- III. Integração de dados do Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (SIOP) sobre autorização orçamentária com dados do Portal da Transparência sobre execução orçamentária, usando a ontologia operacional desenvolvida como base.

5.3 LIMITAÇÕES

Em relação à **ontologia de referência**, destacam-se as seguintes limitações:

- I. Alguns classificadores orçamentários (por exemplo, programa, ação, função, esfera, etc.) não foram contemplados no escopo de ORDP por carecerem de investigação e detalhamento à parte no domínio envolvendo as conceituações do Plano Plurianual (PPA) e da Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO).
- II. Assim como os classificadores orçamentários, outros tipos de empenho além do material (por exemplo, diárias, contribuições e serviços) não foram contemplados por carecerem de investigação e detalhamento à parte.
- III. ORDP foi desenvolvida com foco na esfera federal, carecendo de um estudo maior para sua aplicabilidade nas demais esferas (estadual e municipal).
- IV. A necessidade de realizar testes com o cidadão para avaliar se ele é capaz de compreender o domínio de despesa pública através da ontologia.

Em relação à **aplicação da ontologia**, destacam-se as seguintes limitações:

- I. A amostra de dados coletada é pequena em relação à quantidade de dados existente sobre autorização e execução orçamentária.
- II. O conceito **Material (Bem)** de ORDP não foi considerado na ontologia operacional, devido a limitações existentes nos portais do governo federal que relacionam o valor empenhado, liquidado ou pago diretamente a um **Subelemento de Despesa**.
- III. Direção única das relações na ontologia operacional, acarretando, por exemplo, em consultas um pouco maiores em alguns casos, pois as mesma devem seguir sempre a direção adotada.

5.4 PERSPECTIVAS FUTURAS

Considerando a pesquisa aqui apresentada, há algumas perspectivas de trabalhos futuros. No âmbito da **ontologia de referência** pode-se destacar:

- I. Aprofundar o modelo sobre autorização orçamentária de forma a explorar com mais detalhes a semântica dos classificadores orçamentários não representados na ontologia, permitindo entender, de fato, o que os conceitos representam na realidade.
- II. Explorar a ontologia nas três esferas (federal, estadual e municipal) para que ela possa ser facilmente intercambiável entre elas essas esferas, servindo como um modelo genérico.
- III. Ampliar o escopo da ontologia para abranger conceitos de outras classificações orçamentárias, tais como a funcional e, principalmente a classificação programática a partir de pesquisas sobre os conceitos inerentes ao PPA e à LDO, assim como as inter-relações desses conceitos com aqueles apresentados aqui sobre a LOA. Além disso, deve-se estudar a inclusão de conceitos que contemplem despesas públicas diversas daquelas modeladas neste trabalho (que foram as despesas com aquisição de materiais de consumo e permanentes, ou bens).
- IV. Expandir a ontologia com outros domínios do governo (p.ex.: Receita Orçamentária, Gestão de Convênios da Administração Pública, etc.),

buscando uma padronização e estruturação dos dados públicos, melhorando a confiabilidade da informação, além da integração e consumo dos dados.

- V. Realizar testes com o cidadão para avaliar se ele é capaz de compreender o domínio de despesa pública através da ontologia.

Em relação à **aplicação da ontologia**, pode-se:

- I. Aumentar a quantidade de dados utilizados na integração para testar as consultas com outros órgãos e credores, e para verificar o comportamento em relação ao tempo de resposta dos resultados.
- II. Integrar os dados de autorização e execução com outras bases de dados e vocabulários (p. ex.: base de dados sobre órgãos ou o vocabulário de localizações geográficas). Isso aumentaria a nuvem de dados governamentais e de dados abertos, permitindo consultas cada vez mais sofisticadas.
- III. Explorar dados das três esferas (federal, estadual, municipal) e possíveis integrações com base na ontologia.

6 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. S. O. et al. Uma Ontologia das Classificações da Despesa do Orçamento Federal. **Proceedings of Ontobras**, p. 266–271, 2012.

BIZER, C.; HEATH, T.; BERNERS-LEE, T. Linked Data - The Story So Far. **International journal on semantic web and information systems**, v. 5, n. 3, p. 1–22, 2009.

BRASILEIRO, F. et al. Applying a Multi-Level Modeling Theory to Assess Taxonomic Hierarchies in Wikidata. **Wiki Workshop 2016 at 25th Int. Conference Companion on World Wide Web**, p. 975–980, 2016.

CALIARI, F. M. **Deronto: Método para Construção de Ontologias a partir de Diagramas de Entidade-Relacionamento**. Curitiba - Brasil: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2007.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **LOA 2016 - Redação Final - Portal da Câmara dos Deputados**. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/orcamentobrasil/loa/loa-2016>>. Acesso em: 17 fev. 2016.

CARVALHO, V. A. et al. Extending the Foundations of Ontology-based Conceptual Modeling with a Multi-Level Theory. **34rd International Conference on Conceptual Modeling (ER2015)**, 2015.

CARVALHO, V. A.; ALMEIDA, J. P. A. A Semantic Foundation for Organizational Structures: A Multi-level Approach. **2015 IEEE 19th International Enterprise Distributed Object Computing Conference**, p. 50–59, 2015.

CARVALHO, V. A.; ALMEIDA, J. P. A.; GUIZZARDI, G. Using a Well-Founded Multi-Level Theory to Support the Analysis and Representation of the Powertype Pattern in Conceptual Modeling. **28th Intl. Conf. on Advanced Information Systems Engineering**, 2016.

CARVALHO, V. A. DE; ALMEIDA, J. P. A. Towards a Well-Founded Theory for Multi-

Level Conceptual Modelling. **Int. J. Softw. Syst. Model**, 2016.

CRAVEIRO, G. DA S.; SANTANA, M. T. DE; ALBUQUERQUE, J. P. DE. **Assessing Open Government Budgetary Data in Brazil** ICDS 2013, The Seventh International Conference on Digital Society. **Anais...**2013

CYGANIAK, R.; WOOD, D.; LANTHALER, M. **RDF 1.1 Concepts and Abstract Syntax**. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/rdf11-concepts/>>.

FALBO, R. D. A. et al. Organizing Ontology Design Patterns as Ontology Pattern Languages. **10th Extended Semantic Web Conference, Montpellier, France, 2013**.

FALBO, R. D. A. SABiO : Systematic Approach for Building Ontologies An Overview of SABiO. **1st Joint Workshop Onto.Com/ODISE on Ontologies in Conceptual Modeling and Information Systems Engineering**, 2014.

FONSECA, L. B. R. et al. Uma Proposta de Ontologia de Referência para Autorização Orçamentária e Execução da Despesa Pública. **Ontobras**, 2016.

FONSECA, L. B. R.; AZEVEDO, C. L. B.; ALMEIDA, J. P. A. **Mapeando Dados Governamentais com uma Ontologia de Organizações** LOD Brasil, Linked Open Data. **Anais...**2014

GIACOMONI, J. **Orçamento Público**. São Paulo: Atlas, 2010.

GRIFFO, C.; ALMEIDA, J. P. A.; GUIZZARDI, G. Towards a Legal Core Ontology based on Alexy ' s Theory of Fundamental Rights. **Multilingual Workshop on Artificial Intelligence and Law, ICAIL 2015**, 2015.

GRÜNINGER, M.; FOX, M. . Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies. **Proceedings of the Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, IJCAI**, v. 95, p. 1–10, 1995.

GUARINO, N. **Formal ontology in information systems: Proceedings of the first international conference (FOIS'98), June 6-8, Trento, Italy**. Amsterdam: IOS Press, 1998.

GUARINO, N.; GUIZZARDI, G. “We need to discuss the Relationship”: Revisiting Relationships as Modeling Constructs. **Advanced Information Systems Engineering**, p. 279–294, 2015.

GUARINO, N.; STAAB, S.; STUDER, R. **Handbook on Ontologies**. Second ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009.

GUIZZARDI, G. **Ontological Foundations for Structural Conceptual Models**. Enschede, The Netherlands: University of Twente, 2005.

GUIZZARDI, G. On Ontology, ontologies, Conceptualizations, Modeling Languages, and (Meta)Models. **Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Databases and Information Systems IV**, v. 155, p. 18–39, 2007.

GUIZZARDI, G.; FALBO, R.; GUIZZARDI, R. S. S. Grounding Software Domain Ontologies in the Unified Foundational Ontology (UFO): The case of the ODE Software Process Ontology. **CibSE**, n. i, p. 127–140, 2008.

MARTINS, L. C.; CRAVEIRO, G. S.; ALCÁZAR, J. DE J. Definição e Validação de uma Ontologia para o Orçamento Público Federal Brasileiro (v.1.0). **Relatório Técnico PPgSI-002/2013**, n. 11, 2013.

MCGUINNESS, D. L.; HARMELEN, F. VAN. **OWL Web Ontology Language Overview**. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/owl-features/>>.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO DESENVOLVIMENTO E GESTÃO. **Manual Técnico De Orçamento: 2016**. Brasília, DF: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2016. Disponível em: <http://www.orcamentofederal.gov.br/informacoes-orcamentarias/manual-tecnico/mto_2016_1aeducacao-200515.pdf>.

MPOG. **Esboço de Modelagem Conceitual para Estruturas Organizacionais Governamentais Brasileiras e o SIORG**. Disponível em: <<http://vocab.e.gov.br/2011/09/org>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

NARDI, J. C. et al. A commitment-based reference ontology for services. **Information Systems**, v. 54, p. 263–288, 2015.

SCHREIBER, G.; YVES, R. **RDF 1.1 Primer**. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/rdf11-primer/>>.

SECRETARIA DE ORÇAMENTO FEDERAL. **Modelo Ontológico da Classificação das Despesas do Orçamento Federal Brasileiro**. Disponível em: <<http://vocab.e.gov.br/2013/09/loa>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

SENADO FEDERAL. **Portal do Orçamento - Senado Federal - Glossário**. Disponível em: <<http://www12.senado.gov.br/orcamento/glossario>>. Acesso em: 12 fev. 2016.

TESOURO NACIONAL. **Tesouro Nacional - Glossário**. Disponível em: <http://www3.tesouro.fazenda.gov.br/servicos/glossario/glossario_a.asp>. Acesso em: 15 fev. 2016a.

TESOURO NACIONAL. **Tesouro Nacional - Execução Orçamentária**. Disponível em: <<http://www.tesouro.fazenda.gov.br/execucao-orcamentaria>>. Acesso em: 15 fev. 2016b.