

# Emprego de Ontologia e Regras para Apoio à Decisão em Dimensionamento de Enlaces

Marcelo Gonçalves dos Santos<sup>1,\*,\dagger</sup>, José Maria Parente de Oliveira<sup>1,\dagger</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Praça Marechal do Ar Eduardo Gomes, 12.228-900, São José dos Campos, SP, Brasil

## Abstract

The Data Age demands very efficient connectivity services to deal with the growing exchange of data in the internal and external environments of corporations. Dimensioning links, especially in large networks, has become a major challenge. This work presents a proposal for the use of ontology to support decision-making on link sizing. The proposal consists of an ontology, rules and a support process that, together, explore the knowledge representation and generate messages for the decision maker. The experiments were carried out in a real scenario based on a large network. The results showed that the proposal achieved the objective of providing a situational view based on the convergence of data related to the levels of governance, management and operation of IT services.

## Resumo

A Era dos Dados demanda serviços de conectividade bastante eficientes para lidar com a crescente troca de dados nos ambientes interno e externo das corporações. Dimensionar enlaces, principalmente em redes de grande porte, tornou-se um grande desafio. Este trabalho apresenta uma proposta de utilização de ontologia para subsidiar a tomada de decisão sobre dimensionamento de enlaces. A proposta consiste em uma ontologia, regras e um processo de apoio que, juntos, exploram a representação do conhecimento e geram mensagens para o decisor. Os experimentos foram realizados em um cenário real baseado em uma rede de grande porte. Os resultados demonstraram que a proposta atingiu o objetivo de fornecer uma visão situacional baseada na convergência de dados relacionados aos níveis de governança, gestão e operação dos serviços de TI.

## Keywords

Data link, Support decision-making, SWRL Rules

## 1. Introdução

Os dias atuais são marcados por uma grande produção e consumo de dados, tanto no ambiente interno como no cenário externo às organizações. Houve uma evolução da digitalização dos processos, que passaram a transacionar com serviços hospedados na nuvem por meio de diversas plataformas e paradigmas de computação (negócios eletrônicos, repositórios de dados abertos,

---

*Proceedings of the XVI Seminar on Ontology Research in Brazil (ONTOBRAS 2023) and VII Doctoral and Masters Consortium on Ontologies (WTDO 2023), Brasilia, Brazil, August 28 - September 01, 2023.*

\*Corresponding author.


<sup>\dagger</sup>These authors contributed equally.

✉ marcelogsantos@yahoo.com.br (M. G. d. Santos)

🌐 <https://github.com/pesqonto/fontesodl> (M. G. d. Santos)

🆔 0009-0003-2301-8764 (M. G. d. Santos); 0000-0002-7803-1718 (J. M. P. d. Oliveira)

© 2023 Copyright for this paper by its authors. Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

 CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org)

redes sociais, *Cloud Computing*, *Big Data*, *Infrastructure as a Service*, *Software as a Service*, etc. Essa fase da evolução tecnológica está sendo chamada de Era dos Dados [1, 2, 3].

Em razão desse novo cenário, as organizações dependem fortemente de conectividade para coexistir de maneira eficiente com seus pares. Assim, projetar e implementar redes de dados para prover conectividade eficiente é um desafio crescente para a área de TI, pois a demanda por maiores larguras de banda é crescente enquanto que os recursos para sua implementação não aumentam no mesmo ritmo, sobretudo em redes de larga escala - quanto maior a escala da rede, maiores são os desafios. [3, 4, 5].

As redes em larga escala, assim entendidas aquelas constituídas por muitos enlaces, costumam ser operadas em ambientes que adotam a forma estruturada de serviços de TI. Atualmente, um paradigma bastante adotado é a composição dos serviços em três níveis de competência - Governança, Gerenciamento de Serviços e Operação de Serviços. Cada nível possui seus respectivos focos e atribuições especializadas. A entrega efetiva de um serviço, portanto, depende da convergência justa e equilibrada das visões dos níveis envolvidos [3, 6, 7].

Para enfrentar esse desafio, este trabalho apresenta uma proposta baseada em dois eixos fundamentais - uma ontologia para representação de conhecimento e análise de dados por meio de regras SWRL; e um processo de apoio para a coleta de dados, comunicação de resultados e tomada de decisão. O objetivo da proposta é prover ao *stakeholder* decisor uma visão situacional composta pela verificação e análise das visões que os níveis de governança, gerenciamento e operação de serviços possuem acerca da proposição de um novo enlace de dados.

Neste trabalho, a formação da visão situacional decorre do que foi chamado de alinhamento de parâmetros de enlace (ou, ainda, alinhamento do enlace). Trata-se da análise dos valores dos parâmetros que influenciam a decisão de uma largura de banda, retornando para o decisor dois conjuntos de informações: (i) se o enlace está “Alinhado” ou “Não Alinhado” (indica se os níveis de competência possuem visões convergentes ou divergentes quanto aos parâmetros); e (ii) mensagens de contexto (reportam quais parâmetros estão divergentes ou quais situações, embora alinhadas, indicam “Alertas” para nova verificação). Assim, essa classificação e as mensagens de contexto permitem ao decisor obter conhecimento acerca das necessidades de cada nível de competência. No entanto, o conhecimento extraído da ontologia deve ser empregado como um suporte à decisão, ficando preservada a competência do decisor.

Este artigo possui as seguintes seções: a introdução, apresentação do referencial teórico (Seção 2), apresentação resumida de pesquisas e aplicações relacionadas com o tema (Seção 3), uma proposta para o enfrentamento do problema de pesquisa (Seção 4), descrição dos experimentos e resultados (Seção 5) e a conclusão e apontamentos para futuros trabalhos (Seção 6).

## 2. Referencial Teórico

O termo “Governança” remete à ideia de “governo”, no sentido de exercer domínio sobre recursos disponíveis e empregá-los de forma adequada para que uma organização possa atingir os seus objetivos (direção, rumo, orientação) [7]. Assim, a Governança de TI é voltada para tratar os processos, serviços e ativos de TI quanto ao alinhamento com os objetivos da organização. De acordo com [8], corresponde a “especificação dos direitos decisórios e do *framework* de responsabilidades para estimular comportamentos desejáveis na utilização da TI”. Um padrão

bastante utilizado é o *Control Objectives for Information and Related Technology* (COBIT), editado pela *Information Systems Audit and Control Association* (ISACA). Trata-se de um modelo de melhores práticas, não prescritivo, para uso como referência para o desenho de processos ajustados a cada realidade [9]. [10].

De acordo com [7], Gerenciamento de Serviços de TI é uma composição de procedimentos, princípios, ideias e meios voltados para a transformação de recursos de TI em serviços com potencial agregação de valor. Em [11], é asseverado que o objetivo é descrever uma forma de trabalho para que a organização possa agregar valor a seus clientes. Logo, visa a empregar a TI de modo que sejam entregues serviços que, de fato, convertam recursos em valor. Um *framework* bastante empregado para o gerenciamento de serviços é a *Information Technology Infrastructure Library* (ITIL). Trata-se de uma biblioteca de melhores práticas, não prescritivas, para balizar a implementação do gerenciamento de serviços eficiente de TI [7, 12].

De acordo com [13, 14], uma rede de larga escala é constituída por um conjunto variado de enlaces de dados, os quais proporcionam conectividade e redundância de rotas. Os enlaces funcionam para interligar dois pontos de modo que seja possível transmitir dados entre eles [6]. De uma maneira bastante simplificada, um enlace possui os seguintes elementos essenciais: *hardware* (dispositivos eletrônicos posicionados nas extremidades dos enlaces e responsáveis por transmitir e receber sinais correspondentes aos dados; neste trabalho, tratam-se dos roteadores); *software* (componentes especializados em ordenar o funcionamento conjunto, convergente e organizado de todo o *hardware* envolvido em uma rede; neste trabalho, tratam-se dos protocolos); e meio de propagação (meio físico por onde os sinais de dados são transmitidos na forma de pulsos elétricos, pulsos de feixe de luz ou ondas eletromagnéticas) [14, 13, 6].

De acordo com [15], o termo ontologia surgiu em épocas antigas, na Grécia, no campo de estudo da Filosofia, representando o estudo do ser, da existência das coisas, da compreensão daquilo que existe e como existe. Em [16], é lecionado que uma ontologia trata da representação das características mais elementares de uma realidade - trabalha com a identidade, as qualidades e a estrutura das entidades, conservando relação com os estudos de metafísica conduzidos por Aristóteles. O emprego de ontologias nas aplicações modernas possui as seguintes vantagens: simplificação da gestão da informação; integração entre domínios diferentes; interoperabilidade de dados entre sistemas e entre humanos e máquinas. [17, 18, 16]

A ontologia desenvolvida para este trabalho foi implementada no *Protégé Desktop* versão 4.3.0 (Build 304). Trata-se de um *software* de código aberto que permite a edição e manipulação de ontologias. Possui vários *plug-ins* que ampliam suas funcionalidades e a sua operacionalidade, a exemplo dos *reasoners Hermit* e *Pellet*, os quais agregam as funcionalidades de lógica e raciocínio baseado em inferências. Por meio do *Protégé* é possível usar renderizador, construir hierarquia entre classes e entre propriedades, estabelecer axiomas sobre classes e sobre propriedades, bem como declarar propriedades sobre indivíduos [19, 15, 20, 21, 22].

Com relação ao conhecimento representado em uma ontologia, é possível aplicar regras escritas em *Semantic Web Rule Language* (SWRL), que é uma linguagem que conjuga Lógica de Descrição e Lógica de Horn para agregar capacidade de raciocínio a uma ferramenta de ontologia. As regras SWRL são constituídas por duas partes - um antecedente e um conseqüente. Tanto o antecedente como o conseqüente são formados por uma combinação de átomos os quais são formados por um predicado e argumentos. Quando os conceitos atômicos do antecedente são verdadeiros, o conseqüente também é verdadeiro, sendo assim a estrutura básica do mecanismo

de raciocínio baseado em SWRL [23].

O emprego de ontologia para apoio à decisão encontra, ainda, bastante potencial de aplicação no campo da Indústria 4.0, na medida em que permite automatizar raciocínio sobre uma base de representação de conhecimento. A transformação digital em curso demanda decisões rápidas as quais podem ser tomadas por meio da descoberta de conhecimento implícito, impactando positivamente a Governança Digital como um todo, com reflexos para a indústria, saúde, cidades, entre outros [16, 19, 9].

### 3. Revisão da Literatura

As técnicas baseadas em ontologia já são usadas há algum tempo para prover suporte às atividades relativas ao gerenciamento de redes de dados. No entanto, essas técnicas abarcam uma ampla gama de empregos, de maneira difusa, e ainda permitem pesquisas e estudos para a proposição de novas soluções. A seguir, serão elencados trabalhos considerados relevantes nessa área com contribuições significativas para a temática deste artigo.

De acordo com [24], há um considerável aumento nos desafios atuais para gerenciar redes de dados e serviços de comunicação pois as redes continuam crescendo, são compostas por muitos componentes diferentes e estão se tornando cada vez mais complexas de monitorar. Os autores propuseram uma abordagem baseada no uso de semântica para suportar uma configuração flexível de redes baseadas em contexto. A solução possui uma camada de monitoramento estruturada em três planos (Gerenciamento, Controle e de Dados) e um recomendador semântico.

De acordo com [25], uma ontologia pode ser usada para modelar vários recursos e requisitos em uma ecologia Internet das Coisas (IoT) para permitir o raciocínio sobre informações da rede. Foi demonstrado o uso de um componente inteligente para representar serviços em nuvem e em névoa e para lidar com uma variedade de dispositivos heterogêneos.

De acordo com [26], o gerenciamento de redes em larga escala exige lidar com fontes de dados heterogêneas, o que gera bastante dificuldade para os administradores. Os autores apresentaram uma maneira de lidar com várias fontes de dados usando raciocínio artificial, baseado em conhecimento representado por meio de uma ontologia. O trabalho demonstrou que foi possível superar o *gap* deixado pelas ferramentas de gerenciamento de redes com relação a convergência de fontes de dados heterogêneas.

De acordo com [27], as redes baseadas em *Internet Protocol* (IP) evoluíram e trouxeram novos desafios de gerenciamento e auditoria. Para seu enfrentamento, esses desafios exigem uma abordagem formal e uma sistematização de atividades as quais podem ser contempladas por meio de modelagem semântica dos serviços (gerenciamento autônomo de serviços, negociação e configuração de serviços). Os autores apresentaram um modelo com foco em auditoria da qualidade de serviços empregando contratos como meio para implementação de serviços de rede. Foi implementado um conjunto de regras em SWRL voltadas para a validação de capacidade das interfaces incluídas no escopo do contrato, classificação qualitativa das métricas de desempenho e, também, classificação das especificações dos níveis de serviço.

De acordo com [28], ontologia pode ser muito útil para gerar modelos de informações padronizados para o gerenciamento integrado de rede com entendimento comum entre os diferentes padrões de gerenciamento. Os autores exploraram a ideia de ir além de uma mera

tradução sintática e trabalharam com a incorporação de relações semânticas para a convergência de modelos variados, inclusive com o uso de técnicas de mapeamento de ontologias com interoperabilidade semântica em tempo de execução para conhecimento da rede.

De acordo com [29], existe um grande desafio para gerenciar serviços complexos que é lidar com diferentes domínios de gerenciamento de rede, dispositivos heterogêneos e variadas ferramentas. Foi apresentada uma ontologia com foco na interoperabilidade baseada em semântica para viabilizar a troca de dados e conhecimento, o comportamento coordenado dos participantes e a resolução cooperativa de problemas. A proposta visou oferecer reusabilidade, adaptabilidade, suporte para agentes inteligentes e semântica para interoperabilidade.

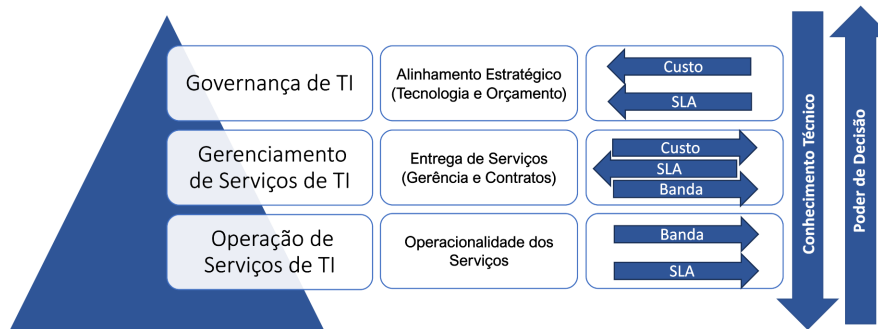
A proposta apresentada neste artigo assemelha-se aos trabalhos mencionados no tocante a representação de conhecimento por meio de ontologia [25, 26, 27, 28, 29 e 30], emprego de regras SWRL [25, 26 e 28], tratamento de dados produzidos em diferentes níveis [28 e 30] e produção de mensagens [25]. No entanto, nesta proposta todos esses elementos/técnicas foram empregados em conjunto dentro da mesma metodologia, diferenciando-se assim dos demais trabalhos. A abordagem em níveis de competência e a intensa geração de mensagens baseadas em contexto demonstraram ser muito úteis para a formação da consciência situacional do decisor, sendo um benefício em relação aos demais trabalhos.

#### **4. Uma Proposta de Solução com Emprego de Ontologia e Regras**

O intuito deste trabalho, tal como já mencionado, é apresentar um estudo de caso empregando regras em SWRL para prover uma visão situacional, baseada em valores de parâmetros por níveis de competência, para suporte à decisão de dimensionamento de enlace em redes de larga escala. A visão situacional decorre da conjugação das visões (posicionamento ou entendimento) que cada nível possui acerca dos parâmetros importantes para a decisão e implica em duas situações importantes: há um trabalho cooperativo para a construção da decisão e mantém preservada a autoridade do tomador de decisão. As regras em SWRL visam a identificar a convergência ou a divergência entre as visões e, para todos os casos, gerar mensagens de contexto para o *stakeholder* decisor.

Para a modelagem da solução proposta, foi formulado preliminarmente um discurso do domínio levando em conta o que foi tratado no referencial teórico e na revisão da literatura, na perspectiva do problema de pesquisa. Nesse sentido, foi adotado o seguinte discurso: um serviço de conectividade necessita de um enlace de dados operando de acordo com alguns critérios. Para estar em funcionamento, o enlace necessita no mínimo de três elementos: *hardware* para interligação de dois pontos de comunicação; *software* para fazer o *hardware* trocar dados entre si; e um meio de propagação por onde os dados irão trafegar na forma de sinais. Em sua forma mais fundamental, o enlace necessita então de dois roteadores, um protocolo e um meio de propagação, que pode ser óptico, metálico ou um espectro. No entanto, para que o enlace seja implantado e operado, é necessário ao menos que seja contratada uma operadora para instalar e configurar os elementos componentes do enlace. O serviço deverá operar de modo que atenda a um determinado perfil de demanda e a uma certa quantidade de terminais. Para isso, é importante estabelecer uma largura de banda, um SLA para o serviço bem como definir a capacidade de custeio do serviço.

Foram identificados os seguintes conceitos no discurso: serviço, enlace, contrato, operação, hardware, software, meio de propagação, roteador, protocolo, banda, SLA e custo. Ademais, segundo o referencial teórico, serviços de TI são estruturados normalmente em três níveis de competência: governança (foco no alinhamento estratégico), gerenciamento (foco na entrega de serviços) e operação (foco no funcionamento dos serviços). Para um serviço de enlace em rede de larga escala, os níveis de competência e seus respectivos focos e parâmetros de interesse podem ser observados na Figura 1.



**Figure 1:** Níveis de Competência, Focos e Parâmetros de Interesse

Com o discurso do domínio e os conceitos evidenciados, foi elaborada uma ontologia para a representação do conhecimento útil ao problema. A ontologia foi implementada no editor *Protégé Desktop*, versão 4.3.0, bastante conhecida no meio acadêmico. A Figura 2 apresenta uma visão geral da ontologia implementada.

A elaboração das regras SWRL para automação de raciocínio ocorreu de acordo com as seguintes etapas: primeiro, foi elaborada uma tabela organizando os conceitos empregados na solução do problema; depois, foram extraídos enunciados a partir da conjugação dos elementos dispostos na referida tabela (Competências, Polaridade de Interesses e Valores); por fim, as regras foram obtidas a partir da subsunção de pares de valores (para cada parâmetro, houve a combinação de valores desejáveis e limítrofes indicados pelos níveis de competência) aos enunciados da etapa anterior. Essas etapas são abordadas nos parágrafos seguintes.

Cada nível possui um conjunto de parâmetros de interesse e, para cada parâmetro, deve ser indicado um valor desejável (que representa a situação confortável) e um valor limítrofe (que indica o limite acima ou abaixo do qual, de acordo com a polaridade, a situação torna-se um problema). Essas situações foram representadas em tabelas chamadas de “Matrizes” permitindo uma visão geral das relações, tal como pode ser observado na Figura 3.

A partir dos relacionamentos representados nas três matrizes (Figura 3), foram extraídos os seguintes enunciados:

- a) Visão do Nível Operação - Ter mais largura de banda é melhor para operar o enlace; logo, deve ser definido um valor confortável  $b1$  que, se não for possível no orçamento do projeto, que seja no mínimo  $b2$ . Ter SLA mais longo é melhor para restabelecer o enlace em caso de pane; logo, deve ser definido um prazo confortável  $s1$  que, se não for viável aceitar, que seja no mínimo  $s2$  (abaixo desse limite, haverá dificuldade para restabelecer o enlace no prazo).



Figure 2: Implementação da Ontologia (Protégé Desktop - OWLViz)

- b) Visão do Nível Gerenciamento - Ter mais largura de banda é melhor para viabilizar a entrega de serviços; logo, deve ser definida uma banda confortável  $b3$  que, se não for viável atender, poderá ser reduzida até ao limite mínimo  $b4$  (abaixo desse valor, o Catálogo de Serviços ficará comprometido). Ter SLA mais curto é melhor para a entrega dos serviços; logo, deve ser definido um prazo razoável  $s3$  que, se não for viável atender, poderá ser aceitável o prazo máximo  $s4$  (acima desse prazo, a entrega dos serviços poderá ficar comprometida). Ter mais recursos financeiros é melhor para viabilizar as contratações; logo, deve ser definido um valor confortável  $c1$  que,

MATRIZ DE COMPETÊNCIAS									
RELAÇÕES	BANDA			SLA			CUSTO		
	Mínimo	Desejável	Máximo	Mínimo	Desejável	Máximo	Mínimo	Desejável	Máximo
<b>Operação</b>	SIM	SIM	N/A	SIM	SIM	N/A	NÃO SE APLICA		
<b>Gerenciamento</b>	SIM	SIM	N/A	N/A	SIM	SIM	SIM	SIM	N/A
<b>Governança</b>	NÃO SE APLICA			N/A	SIM	SIM	N/A	SIM	SIM

MATRIZ DE POLARIDADES						
RELAÇÕES	BANDA		SLA		CUSTO	
	Desejável	Limítrofe	Desejável	Limítrofe	Desejável	Limítrofe
<b>Operação</b>	> é melhor	> é melhor	> é melhor	> é melhor	Não se Aplica	Não se Aplica
<b>Gerenciamento</b>	> é melhor	> é melhor	< é melhor	< é melhor	> é melhor	> é melhor
<b>Governança</b>	Não se Aplica	Não se Aplica	< é melhor	< é melhor	< é melhor	< é melhor

MATRIZ DE VALORES LIMÍTROFES			
RELAÇÕES	BANDA LIMÍTROFE	SLA LIMÍTROFE	CUSTO LIMÍTROFE
<b>Operação</b>	O "maior valor possível" para estabelecer o limite mínimo	O "maior valor possível" para estabelecer o limite mínimo	Não se Aplica
<b>Gerenciamento</b>	O "maior valor possível" para estabelecer o limite mínimo	O "menor valor possível" para estabelecer o limite máximo	O "maior valor possível" para estabelecer o limite mínimo
<b>Governança</b>	Não se Aplica	O "menor valor possível" para estabelecer o limite máximo	O "menor valor possível" para estabelecer o limite máximo

**Figure 3:** Matrizes de Relações entre Níveis, Polaridades e Valores Limítrofes

se não for possível no orçamento do projeto, que seja no mínimo  $c_2$  (abaixo desse valor, é provável que não haja fornecedor).

- c) Visão do Nível Governança - Conter gastos é importante pois o orçamento é limitado; logo, deve ser definido um valor confortável  $c_3$  que, se não for viável diante do mercado local, poderá ser majorado ao máximo  $c_4$  (acima desse valor, o custeio do projeto ficará comprometido). Ter SLA menor é melhor para reduzir o tempo de inoperância dos processos; logo, deve ser estabelecido um prazo razoável  $s_5$  que, se não for possível atender, poderá ser aceitável o prazo máximo  $s_6$  (acima do qual a instituição poderá ser comprometida).
- d) Cada parâmetro, em cada nível, possui um par de valores (valor desejável e valor limítrofe). O valor limítrofe representa um patamar acima ou abaixo do qual, a depender da polaridade do interesse do respectivo nível, poderá haver comprometimento da entrega prevista para o nível.
- e) Para cada parâmetro, considerando os níveis competentes, deve ser verificado se os valores desejáveis estão compatíveis entre si; considera-se compatível quando o valor do nível menos elevado na hierarquia é abrangido pelo intervalo formado pelo valor do nível mais elevado, considerando a polaridade válida para o nível mais elevado; e
- f) Para cada parâmetro, considerando os níveis competentes, deve ser verificado se o valor limítrofe mais restritivo (considerando a polaridade) é respeitado, independente do nível de competência; considera-se respeitado quando não há outro valor além



ou aquém (dependendo da polaridade) dessa restrição.

A partir desses enunciados, foram elaboradas as regras SWRL por meio de um procedimento de verificação de pares de valores. Para isso, foram enumerados em B todos os pares de valores distintos pertencentes a {b1, b2, b3, b4}; foram enumerados em C todos os pares de valores distintos pertencentes a {c1, c2, c3, c4}; foram enumerados em S todos os pares de valores distintos pertencentes a {s1, s2, s3, s4, s5, s6}. Para todos os elementos de B, C e S (que são pares de valores), foram verificadas se as operações de igualdade "=", maior que ">" e menor que "<" atendem aos enunciados acima. Cada verificação indica apenas uma dentre as seguintes situações: a operação diverge dos enunciados; a operação não diverge mas é considerada um alerta; a operação é normal. Para a primeira situação, foi criada uma regra SWRL para classificar o enlace como "Não Alinhado" e gerar a respectiva mensagem de contexto. Para a segunda situação, foi criada uma regra SWRL para classificar o enlace como "Com Alerta" e gerar a respectiva mensagem de contexto.

Para o parâmetro Banda, foram verificadas 36 (trinta e seis) relações, das quais 6 (seis) representaram desalinhamento e 8 (oito) representaram alertas. Para o parâmetro SLA, foram verificadas 90 (noventa) relações, das quais 22 (vinte e duas) representaram desalinhamento e 20 (vinte) representaram alerta. Para o parâmetro Custo, foram verificadas 36 (trinta e seis) relações, das quais 10 (dez) representaram desalinhamentos e 10 (dez) representaram alerta. Após o refinamento para eliminar regras redundantes, foram implementadas 39 (trinta e nove) regras SWRL. A Figura 4 apresenta uma composição de telas do *Protégé* ilustrando a edição, aplicação e mensagens de contexto geradas pelas regras SWRL neste trabalho.

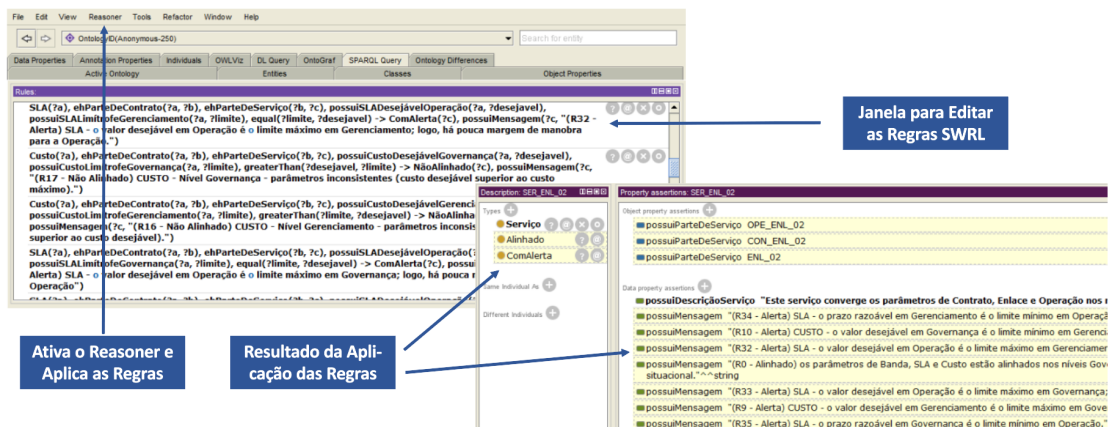


Figure 4: Regras SWRL - Exemplo de Edição, Aplicação e Resultados

Para tornar funcional a atividade de busca de alinhamento de visões por meio dessa ontologia, foi elaborado um processo de apoio. Esse processo tem a finalidade de suportar as ações dos usuários para a coleta de dados, alimentação da ontologia e devolução dos resultados para o *stakeholder* decisor. A Figura 5 apresenta o processo, o qual é composto por 15 (quinze) atividades (de A1 até A11.B), distribuídas nos níveis de competência.

As atividades A2, A3.A, A3.B e A3.C são para a coleta de dados. Para isso, foram implemen-



de Terminais, protocolo, meio de propagação). Na atividade A3.A, são solicitados os valores para SLA Razoável, SLA Máximo, Custo Desejável e Custo Máximo. Na atividade A3.B, são solicitados os valores para Banda Mínima, Banda Desejável, SLA Razoável, SLA Máximo, Custo Mínimo e Custo Desejável. Na atividade A3.C, são solicitados os valores para Banda Mínima, Banda Desejável, SLA Mínimo e SLA Desejável.

A atividade A4 recebe como entrada o desenho do enlace (dados básicos do enlace), os parâmetros de governança, gerenciamento e operação; os dados são reescritos em formato OWL-RDF/S e salvo em um arquivo “.owl”. Essa atividade também foi implementada em Python. Na atividade A5, o arquivo com a ontologia é aberto no editor e os dados são visualizados. Na atividade A6, as regras SWRL são aplicadas por meio do *reasoner*. Por meio dessas regras, os enlaces são classificados em “Alinhado” ou “Não Alinhado” e são geradas mensagens de contextualização a partir do resultado de cada análise. A atividade A7 consiste em extrair da ontologia as mensagens geradas para cada um dos enlaces e enviar para o *stakeholder* decisor (mensagens de alinhamento, de alerta ou de não alinhamento).

Ao conhecer o resultado da análise, o decisor pode adotar uma das seguintes alternativas: (i) formalizar o aceite dos valores dos parâmetros cuja análise resultou em alinhamento; (ii) para os enlaces sem alinhamento, poderá aceitar mesmo assim os valores dos parâmetros, convertendo as divergências em riscos assumidos; (iii) demandar uma nova rodada de tentativa de alinhamento de parâmetros. Por meio das atividades A8, A9.A e A9.B é iniciada uma iteração dentro do processo para tentar buscar valores mais convergentes. Por meio das atividades A10, A11.A e A11.B os valores dos parâmetros são aceitos pelo decisor significando que os dados que possui são suficientes para a sua visão situacional acerca do novo enlace.

## 5. Experimentos e Resultados

Os experimentos foram realizados em um cenário real com uma rede de dados do Serviço Público Federal. Participaram dos experimentos três agentes públicos que atuam, respectivamente, em atividades de Governança, Gerenciamento de Serviços e Operação de Redes de Dados. Foram tratados cinco enlaces nos experimentos, os quais representavam necessidades reais daquela instituição.

Houve três iterações ao longo do processo; cada iteração representa uma passagem pelas atividades A5 e A6. Na primeira e segunda iterações, o decisor optou por acionar a atividade A8. Na terceira iteração, cuja análise resultou em “Alinhado”, o decisor acionou a atividade A10 e formalizou o encerramento do processo.

Na primeira iteração, a análise realizada retornou os seguintes resultados: nenhum enlace alinhado, 16 (dezesesseis) mensagens de alerta e 34 (trinta e quatro) mensagens de desalinhamento de parâmetros. Na segunda iteração, foram obtidos os seguintes resultados: nenhum enlace alinhado, 26 (vinte e seis) mensagens de alerta e 31 (trinta e uma) mensagens de desalinhamento de parâmetros. Porém, na terceira iteração foi observado o seguinte: todos os enlaces alinhados e 29 (vinte e nove) mensagens de alerta.

Foi aplicada também uma pesquisa qualitativa com o intuito de avaliar se a proposta agregou valor às atividades dos *stakeholders*. A pesquisa continha o seguinte enunciado: “Houve três iterações (chamadas de rodadas) ao longo do experimento. Para cada enlace em cada iteração,

informe o grau de conhecimento que o senhor foi adquirindo (por meio das atividades A8, A9A e A9B) acerca da visão dos demais níveis”. Abaixo, seguem as perguntas e a frequência das respectivas respostas:

- a) Pergunta 1 - Na primeira rodada, qual o nível de informação que o senhor possuía em relação à visão dos demais níveis?  
Resposta - Nenhuma informação (0), Alguma informação (15), Muita informação (0);
- b) Pergunta 2 - Na segunda rodada, em que proporção o senhor considera que seu conhecimento aumentou acerca da visão dos demais níveis?  
Resposta - Não aumentou (0), Aumentou pouco (10), Aumentou muito (5);
- c) Pergunta 3 - Na terceira rodada, em que proporção o senhor considera que seu conhecimento aumentou acerca da visão dos demais níveis?  
Resposta - Não aumentou (0), Aumentou pouco (5), Aumentou muito (10);
- d) Pergunta 4 - Comparando o procedimento convencional (tomada de decisão sem buscar alinhamento) com a abordagem testada (busca de alinhamento antes da decisão), atribua uma nota que represente em quanto esta nova abordagem pode melhorar o processo de dimensionamento de enlaces em rede de dados (considere estritamente o seu nível funcional).  
Resposta - atribuir nota entre 0 a 10; Média das atribuições: 9,6; e
- e) Pergunta 5 - (Apenas o nível Governança) Na condição de decisor, o senhor avalia que os experimentos contribuíram para aumentar sua consciência situacional (considere as três rodadas e as mensagens geradas pela ontologia)?  
Resposta - Não contribuíram (0), Contribuíram pouco (0), Contribuíam razoavelmente (0), Contribuíram muito (5).

Em números absolutos, o conjunto de regras SWRL (formado por 39 regras) foi acionado 15 vezes, ou seja, cinco enlaces submetidos a três iterações cada um. Assim, considerando a extensão dos experimentos e a resposta dos participantes na pesquisa qualitativa, pode-se concluir que a proposta atende ao objetivo a que se propõe sendo útil para prover visão situacional para suporte ao processo de dimensionamento de enlace de dados em redes de larga escala.

## 6. Conclusão e Trabalhos Futuros

Os experimentos e os resultados alcançados demonstraram que a ontologia, as regras em SWRL e o processo de apoio atingiram o objetivo para o qual foram propostos. Tanto os resultados objetivos como a pesquisa qualitativa confirmaram que o objetivo foi atingido. No entanto, novos trabalhos podem ser desenvolvidos para incrementar o uso de ontologia e regras SWRL como apoio às decisões em Serviços de TI. A princípio, foram vislumbrados as seguintes possibilidades para trabalhos futuros:

- a) Inclusão de novos conceitos na ontologia (nível de competência, parâmetro de decisão, valor desejável, valor limítrofe, entre outros) para incrementar o potencial de raciocínio automatizado; e
- b) Criação de uma ontologia de domínio acerca de Catálogo de Serviços para intercâmbio de dados relacionados ao processo de dimensionamento de enlaces.

## References

- [1] J. Berman, Principles of Big Data, Morgan Kaufmann, USA, 2013.
- [2] M. Bramer, Principles of Data Mining, 3 ed., Springer, Hampshire UK, 2016.
- [3] R. Mansur, A Evolução da Governança da Nova TI, Ciência Moderna, Rio de Janeiro, 2017.
- [4] K. C. Laudon, J. Laudon, Management Information Systems, 17 ed., Pearson, Reino Unido, 2021.
- [5] F. Amaral, Introdução à Ciência de Dados, Alta Books, Rio de Janeiro, 2016.
- [6] D. E. Comer, Redes de Computadores e Internet, 6 ed., Bookman, Porto Alegre, 2016.
- [7] A. A. Fernandes, V. F. de Abreu, Implantando a governança de TI, 4 ed., Brasport Livros e Multimídia, São Paulo, 2014.
- [8] P. Weill, J. W. Ross, Governança de TI, M. Books do Brasil, São Paulo, 2006.
- [9] A. A. Fernandes, J. L. Diniz, V. F. de Abreu, Governança Digital 4.0, 1 ed., Brasport Livros e Multimídia, São Paulo, 2019.
- [10] COBIT 2019 Framework, ISACA, USA, 2019.
- [11] C. Agutter, ITIL 4 Essentials, 2 ed., IT Governance Publishing, United Kingdom, 2020.
- [12] ITIL Foundation - ITIL 4 Edition, Axelos Global Best Practice, London, 2019.
- [13] A. Tanenbaum, N. Feamster, D. Wetherall, Redes de Computadores, 6 ed., Pearson, São Paulo, 2021.
- [14] J. F. Kurose, K. W. Ross, Redes de Computadores e a Internet, 8 ed., Pearson, São Paulo, 2021.
- [15] G. Antoniou, F. van Harmelen, A semantic Web Primer, 2 ed., The MIT Press, Massachusetts, 2008.
- [16] M. B. Almeida, Ontologia em Ciência da Informação, Editora CRV, Curitiba, 2020.
- [17] J. Domingue, D. Fensel, J. A. Hendler, Handbook of Semantic Web Technologies, Springer, UK, 2011.
- [18] D. Allemang, J. Hendler, Semantic Web for the Working Ontologist, 2 ed., Elsevier, USA, 2011.
- [19] M. B. Almeida, Ontologia em Ciência da Informação, Editora CRV, Curitiba, 2021.
- [20] M. Horridge, A practical guide to building owl ontologies using protégé 4 and co-ode tools, 2023. URL: [mowl-power.cs.man.ac.uk/protegeowltutorial/resources/ProtegeOWLTutorialP4\\_v1\\_3.pdf](http://mowl-power.cs.man.ac.uk/protegeowltutorial/resources/ProtegeOWLTutorialP4_v1_3.pdf).
- [21] W3C, Owl web ontology language guide, 2023. URL: <https://www.w3.org/TR/owl-guide/>.
- [22] Protégé, A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems, 2022. URL: <https://protege.stanford.edu/>.
- [23] W3C, Swrl: A semantic web rule language combining owl and ruleml, 2023. URL: <https://www.w3.org/Submission/SWRL/>.
- [24] P. M. M. Carvalho, S. R. Lima, L. M. Á. Sabucedo, J. M. Santos-Gago, J. M. C. Silva, Towards a holistic semantic support for context-aware network monitoring, Computing 102 (2020) 2565 – 2585.
- [25] Z. Nezami, K. Zamanifar, D. Arena, D. Kiritsis, Ontology-based resource allocation for internet of things, in: F. Ameri, K. E. Stecke, G. von Cieminski, D. Kiritsis (Eds.), Advances in Production Management Systems. Production Management for the Factory of the Future, Springer International Publishing, Cham, 2019, pp. 323–330.

- [26] K. G. Kyriakopoulos, D. J. Parish, J. N. Whitley, Flowstats: An ontology based network management tool, in: 2015 Second International Conference on Computing Technology and Information Management (ICCTIM), 2015, pp. 13–18. doi:10.1109/ICCTIM.2015.7224586.
- [27] C. Rodrigues, S. R. Lima, L. M. Álvarez Sabucedo, P. Carvalho, An ontology for managing network services quality, *Expert systems with applications* 39 (2012) 7938–7946.
- [28] J. E. López de Vergara, A. Guerrero, V. A. Villagrà, J. Berrocal, Ontology-based network management - study cases and lessons learned, *Journal of network and systems management* 17 (2009) 234–254.
- [29] A. Wong, P. Ray, N. Parameswaran, J. Strassner, Ontology mapping for the interoperability problem in network management, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* 23 (2005) 2058–2068. doi:10.1109/JSAC.2005.854130.

## A. Recursos Disponíveis Online

Estão disponíveis para consulta, por meio de acesso a <https://github.com/pesqonto/fontesodl>, os seguintes arquivos:

- a) Arquivos “.py” com código fonte em Python;
- b) Arquivo “.owl” com a ontologia desenvolvida para este trabalho; e
- c) Arquivo “.pdf” com a relação das regras SWRL implementadas na ontologia.