

CONHECIMENTO ESPECIALIZADO NO DOMÍNIO DA ENERGIA ELÉTRICA: ESTUDO DE CASO SOBRE A AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO PARA ONTOLOGIA

Specialized Knowledge in the Domain of Power Supply: a case of study on the knowledge acquisition for ontology

Livia Marangon Duffles TEIXEIRA

Doutora em Gestão e Organização do Conhecimento
Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em
Telecomunicações, Campinas, SP
liviamarangon@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-9728-3905> 

Jeanne Louize EMYGDIO

Doutoranda em Gestão e Organização do Conhecimento
Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de
Minas Gerais, Belo Horizonte, MG
jeanne.emygdio@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7329-4447> 

Murillo Lima MODESTO

Mestrando em Gestão e Organização do Conhecimento
Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de
Minas Gerais, Belo Horizonte, MG
murilloef@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8344-4832> 

Cristiano MOREIRA

Doutorando em Gestão e Organização do Conhecimento
Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de
Minas Gerais, Belo Horizonte, MG
cristianomoreirasilva@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9350-8262> 

Mauricio Barcellos ALMEIDA

Doutor, Professor Associado
Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de
Minas Gerais, Belo Horizonte, MG
priv.mba@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4711-270X> 

A lista completa com informações dos autores está no final do artigo 

RESUMO

Objetivo: o presente artigo aborda a organização do conhecimento no setor elétrico brasileiro, usando ontologias como alternativa.

Método: Descreve-se aqui um processo de aquisição do conhecimento realizado junto a uma grande empresa nacional do setor de energia, destacando as dificuldades, erros e lições aprendidas. A expressão “aquisição do conhecimento” é usada para nomear a etapa do desenvolvimento de ontologias em que a *expertise* é elicitada e registrada para posterior formalização. Pesquisadores em Ciência da Informação foram treinados a gerar definições formais seguindo um padrão axiomático típico de ontologias. Cada pesquisador recebeu cerca de 50 termos, além de insumos para desenvolver o trabalho, a saber: registros de conhecimento especializado no domínio obtidos via entrevistas com *experts*, tabelas com listas de processos relativos aos ativos da empresa, ativos esses que eram o escopo da ontologia.

Resultados: a aquisição de conhecimento gerou quase 400 definições em linguagem natural, as quais foram revisadas, adequadas segundo o padrão. Como resultado intermediário, foram obtidos quase 100 termos definidos semiformalmente, que foram então validados.

Conclusões: os resultados parciais do estudo de caso exibem questões – lógicas e terminológicas – verificadas durante a aquisição do conhecimento e validação, as quais merecem atenção, visto que representam uma das primeiras frentes para combater a falta de interoperabilidade entre sistemas. O estudo de caso evidencia ainda lições aprendidas e possíveis melhorias, tanto para o setor quanto para a sociedade, oferecidas pela Ciência da Informação a partir desse tipo de trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Ontologia. Setor Elétrico. Aquisição de Conhecimento.

ABSTRACT

Objective: The present article addresses knowledge organization in the Brazilian power supply sector, using ontologies as an alternative.

Method: We describe a process of knowledge acquisition performed within a large national company in the supply sector, highlighting the difficulties, errors and lessons learned. The expression “knowledge acquisition” is used to name the stage of the development of ontologies in which expertise is elicited and registered for further formalization. Information Science researchers were trained to create formal definitions following an axiomatic pattern typical of ontologies. Each researcher received about 50 terms, in addition to knowledge inputs to develop the work, namely: records of the specialized domain knowledge obtained through interviews with experts, tables with lists of processes related to the company’s assets that were the scope of the ontology, to mention a few.

Results: the knowledge acquisition generated almost 400 definitions in natural language, which were revised and adapted according to the pattern. As an intermediate result, we obtained almost 100 semi-formally defined terms that were, then validated.

Conclusions: The partial results of the case study reveal issues – logical and terminological – verified during knowledge acquisition that deserve attention, since they constitute one of the first fronts to be faced regarding the lack of interoperability between systems. The case study also highlights learned lessons and possible improvements, for the sector and for society, offered by Information Science when performing this type of work.

KEYWORDS: Ontology. Power Supply Sector. Knowledge Acquisition.

1 INTRODUÇÃO

O setor energético é estratégico para o desenvolvimento de qualquer nação pois é a base para uma melhor condição de vida da população. Em um círculo virtuoso, o aumento da renda gera um aumento do consumo de energia e a conseqüente demanda por mais geração de energia. Estudos em diversos países têm buscado fomentar melhorias na cadeia de serviços e produtos que envolvem energia desde a geração, passando pela transmissão e até a distribuição (MADRAZO; SICILIA, GAMBOA, 2012; USLAR et al, 2012; LEFRANÇOISE; GHARIANI, ZIMMERMANN, 2016; CUENCA; LARRINAGA, CURRY, 2017; KÜÇÜK et al, 2010; KÜÇÜK; ARSLAN, 2014); BARACHO et al, 2018). Existem ainda projetos de *smartgrid*¹ e *IoT*² em concessionárias de energia, o que sugere interesse dessas organizações por melhoria no uso da informação em prol de uma gestão eficiente.

Uma das questões que têm sido amplamente discutidas é a interoperabilidade entre sistemas de informação (CGEE, 2017). Quando se fala em interoperabilidade, o que se espera é que diversas tecnologias e aplicações possam trocar informação sem intervenção humana, a partir de um vocabulário comum. Para isso, é preciso que as interpretações e conclusões únicas sejam obtidas por diferentes sistemas e usuários. Essa possibilidade, denominada especificamente de “interoperabilidade semântica” (UKOLN, 2005), é essencial no contexto digital e pode ser obtida por meio da semântica legível por máquina (ALMEIDA; SOUZA, FONSECA, 2011). Nesse cenário, ontologias são uma alternativa para solucionar problemas de representação e organização do conhecimento, e mitigar a falta de interoperabilidade. Ontologias representam o conhecimento de forma fidedigna, com redução da ambigüidade e limitação de aspectos epistêmicos que dificultam o processamento por máquinas. Alguém pode dizer que nenhuma representação é “fidedigna”, pois trata-se de um recorte, mas o que se deseja

¹ *Smartgrid* é uma rede elétrica dita “inteligente” que deve suportar: i) dispositivos e sistemas desenvolvidos de maneira independente; ii) dispositivos de propósitos distintos; iii) grande volume de clientes industriais, comerciais e residenciais; iv) diferentes ambientes regulatórios (USA, 2007; NIST, 2014; MADNI e SIEVERS, 2014).

² A Internet das Coisas é um termo criado para fazer referência à conexão digital entre objetos e serviços cotidianos usados pelas pessoas (carros, eletrodomésticos, iluminação, equipamentos municipais, etc) e a internet.

explicar com o termo é que ontologias são capazes criar representação mais precisa do que outras formas comuns em sistemas de informação, justamente em função de suas características lógicas.

O desenvolvimento de ontologias não é tarefa trivial, uma vez que constituída de etapas nem sempre bem descritas e elucidadas nas metodologias, o que impacta na qualidade dos artefatos resultantes. O presente trabalho objetiva descrever a atividade de Aquisição de Conhecimento (AC), típica de processos de desenvolvimento de ontologias, realizada no âmbito de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em uma grande concessionária de energia elétrica. O objetivo do projeto foi construir ontologia representativa de um aspecto relevante para setor elétrico – seus ativos – a partir de boas práticas de projeto e de métodos consolidados. A ontologia foi planejada para representar além dos ativos, principalmente equipamentos e instalações, também atores envolvidos, processos e funções do setor de energia elétrica, buscando racionalizar a gestão dos ativos da organização.

A ontologia foi planejada ainda para fomentar a interoperabilidade entre diferentes sistemas da organização – mais especificamente a contabilidade, a gestão de ativos, e investimentos em engenharia, dentre outros – que fazem uso de terminologia técnica complexa e variada. Por “fomentar a interoperabilidade” entende-se que boas práticas foram introduzidas na organização durante o processo de construção da ontologia, as quais atacam questões terminológicas pouco abordadas por funcionários e tecnólogos e são uma das frentes em que a falta de interoperabilidade se manifesta.

A AC é uma etapa essencial para a construção de artefatos ontológicos de qualidade, por elicitar e reunir conhecimento especializado, organizá-lo e reformatá-lo. No presente artigo, a atividade de AC é fundamentada do ponto de vista teórico, para que depois sejam exibidas dificuldades e alternativas para sua consecução prática. O restante do presente artigo está organizado como segue: a Seção 2 se dedica ao setor elétrico, revelando a miríade de questões legais e técnicas em seu entorno; a Seção 3 apresenta uma visão geral de temas de pesquisa relevantes que envolvem ontologias, além de tangenciar problemas comuns como a falta de interoperabilidade; a Seção 4 relata o estudo de caso enfatizando a atividade de AC; a Seção 5 apresenta resultados e discute lições aprendidas; finalmente, a Seção 6 oferece considerações finais.

2 SETOR ELÉTRICO

O setor elétrico abrange macroprocessos de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia. No Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), criada em 1996 e vinculada ao Ministério de Minas e Energia, é o órgão regulador do setor que estabelece políticas e diretrizes para as concessionárias. A agência realiza fiscalização sobre a prestação do serviço, bem como mediação dos conflitos entre os atores envolvidos (ANEEL, s.d).

As empresas de geração, transmissão e distribuição recebem uma concessão para explorar a prestação de serviços públicos de energia elétrica (ANEEL, 2009), pois os bens e as instalações relacionadas aos negócios de energia são ativos públicos da União. Pelo termo “ativo”, a ANEEL entende um “recurso controlado por uma empresa como resultado de eventos passados e do qual se espera que futuros benefícios econômicos resultem para a empresa” (ANEEL, 2015, p.148). Esses ativos são máquinas, materiais, equipamentos e instalações que se destinam à prestação de serviços relacionados à eletricidade, dentre outros, que possuem um ciclo de vida, um valor atribuído e uma expectativa de vida útil. As concessionárias são remuneradas por manter esses ativos públicos em operação da forma mais racional possível.

Em função desse modelo, a ANEEL produz normas, padrões e regulações para que sejam conduzidas as atividades técnicas e administrativas. Para melhor entendimento do contexto e da importância do setor na sociedade, bem como para justificar a necessidade de melhorias constantes, a Seção 2.1 descreve as bases legais do setor, a Seção 2.2 explica fundamentos da parte técnica, enquanto a Seção 2.3 exemplifica questões conceituais e terminológicas envolvidas.

2.1 O Setor Elétrico Brasileiro e a Questão Legal

Devido à importância e posicionamento estratégico para a economia, o setor de energia é fiscalizado por se entender que a desregulamentação traz riscos (WRATE, 2002). O marco regulatório do setor elétrico compreende leis federais³, além de documentos normativos e regulatórios da ANEEL. A legislação trata da política energética e concessões, enquanto documentos regulatórios estabelecem restrições na atuação das concessionárias.

³ Lei 9.427, de 26 de dezembro de 1996, Lei 9.478, de 6 de agosto de 1997; Lei 10.848, de 15 de março de 2004; Lei 12.783, de 11 de janeiro de 2013, dentre outras.

Na documentação normativa, estão procedimentos obrigatórios para concessionárias para fiscalização de ativos, dentre os quais: i) o Manual de Controle Patrimonial do Setor Elétrico⁴ (MCPSE), que normatiza o controle dos bens e instalações das concessionárias e suas movimentações; ii) o Manual de Contabilidade do Setor Elétrico (MCSE), que traz o plano de contas padrão, instruções gerais, instruções contábeis, instruções de divulgação de informações contábeis, financeiras, administrativas; e iii) e os Procedimentos de Distribuição (PRODIST) que padronizam atividades técnicas de funcionamento da distribuição de energia elétrica.

No âmbito desse ambiente extremamente regulado e normatizado, está o processo de gestão técnica sobre os ativos, o qual é validado pela ANEEL para fins de remuneração. Todo o ciclo de vida do ativo – desde a compra e implantação até a desativação e descarte, passando por manutenção e fiscalização – precisa estar registrado, de forma rastreável e auditável. Essa exigência legal gera grandes desafios para a gestão da informação nas concessionárias.

2.2 O Setor Elétrico Brasileiro e a Questão Técnica

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)⁵ realizou em 2017 um estudo sobre a necessidade de reestruturação da distribuição elétrica, por entender que as novas tecnologias de gestão e de geração de energia implicavam novos modelos de negócio. O estudo descreveu objetivos para doze macrotemáticas e, para cada uma delas, apontou uma visão de futuro, a evolução da maturidade tecnológica e as rotas priorizadas. A questão técnica da interoperabilidade é identificada em 5 delas, entre requisitos da visão de futuro e da evolução da maturidade tecnológica. São elas: i) medição avançada (interoperabilidade entre os equipamentos); ii) Automação da rede (arquiteturas para a integração de dados); iii) Compartilhamento de serviços no contexto das cidades inteligentes (integração de tecnologias, sistemas e modelos de negócio compartilhados voltados a cidades inteligentes; integração de tecnologias e sistemas.

As empresas de energia são caracterizadas por uma variedade de aplicações em sua infraestrutura tecnológica. Diferentes divisões usam diferentes sistemas para lidar com processos de negócio, os quais produzem informações em diferentes formatos, em diferentes níveis de granularidade e usando terminologias e padrões distintos. Assim, ao

⁴ Toda a documentação regulatória citada nessa seção está disponível em: <https://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 29 jan. 2020.

⁵ Disponível na internet em <https://www.cgee.org.br/>. Acesso em 20/05/2020.

observar o cenário tecnológico do setor elétrico como descrito em CGEE (2017), percebe-se que toda esta heterogeneidade resulta em inconsistências e, por esse motivo, seu tratamento é um pré-requisito para a evolução no setor. A inviabilidade de troca de informações entre sistemas afeta a qualidade do serviço tanto nas demandas regulatórias quanto na gestão e tomada de decisão.

O intercâmbio de informação entre sistemas de forma em que essa possa ser reutilizada é um dos benefícios da interoperabilidade (UKOLN, 2005). Dentre os diferentes tipos dessa integração já identificados, a interoperabilidade semântica diz respeito à manutenção do significado dos termos, independentemente do sistema que os utiliza (UKOLN, 2005; MILLER, 2000). O desafio se torna evidente considerando que informações são produzidas por projetos, engenharia, planejamento, compras, construção, manutenção, contabilidade, dentre outros, em diferentes sistemas e fazendo uso de diferentes termos. O que se busca, em última instância, é mitigar riscos de sanções, multas e penalidades, os quais são reflexos de falhas na gestão de ativos.

2.3 O Setor Elétrico e a Questão Terminológica

Existem iniciativas para padronização terminológica e, até mesmo semântica, no setor de energia elétrica. Dentre elas, destacam-se i) o vocabulário controlado da ANEEL, constituído por catálogo de assuntos, lista de autoridade, lista de empreendimentos, terminologia geográfica e hidrográfica; ii) glossário ANEEL⁶ constituído por termos e respectivas definições mais as fontes consultadas; iii) a SEAS⁷ *Ontology* que provê representação do conhecimento em ontologias modulares e; iv) o SEMANCO⁸ Project, um sistema de informação sobre energia baseado na *web* semântica; v) a OEMA⁹ *Ontology*, uma rede de ontologias para representar o desempenho energético; vi) a PQONTO, uma ontologia criada a partir de livros didáticos sobre qualidade da energia (KÜÇÜK et al., 2014); e a WONT, uma ontologia sobre energia eólica, criada a partir de conteúdo da *Wikipedia* (KÜÇÜK; ARSLAN, 2014).

Ao analisar tais artefatos de representação do conhecimento, o que se observa é que nenhum deles faz uso de uma ontologia de fundamentação consolidada. De fato, apesar da variedade de iniciativas, problemas de natureza terminológica e semântica se

⁶ Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/glossario>. Acesso em: 24 jul. 2019

⁷ *Smart Energy Aware Systems*. Disponível em: <https://ci.mines-stetienne.fr/seas/ElectricPowerSystemOntology>. Acesso em: 01 jul. 2109

⁸ Disponível em: <http://semanco-project.eu/index.htm>. Acesso em: 02 jul. 2019

⁹ Disponível em: <http://ceur-ws.org/Vol-1936/paper-08.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2019

mantêm nessas iniciativas. Alguns desses problemas estão presentes nos próprios documentos regulatórios, o que resulta em uma cascata de equívocos quando tais documentos são usados nas concessionárias.

No manual da ANEEL (MCPSE), exemplos de equívocos são termos como “válvula motorizada de diâmetro igual ou superior a 150mm” e “válvula não-motorizada de diâmetro igual ou superior a 450mm”, cujas propriedades, do ponto de vista ontológico, não trazem a existência uma nova entidade, ou seja, as duas sentenças representam apenas a válvula. Casos similares são abundantes no documento, por exemplo, “motor de potência igual ou superior a 7,5 c.v.” ou “válvula motorizada de diâmetro igual ou superior a 150 mm”, etc. Outro tipo de exemplo é ilustrado pelas sentenças “reservatório, barragem e adutora” ou “conduto e canaleta”, dentre outros similares, os quais reúnem em uma única declaração entidades que, por serem distintas, não poderiam estar na mesma classe. Existem também agregados de objetos de significado vago, como “sistema de iluminação e força” ou “sistema de segurança”, dentre outros. O uso de substantivos coletivos – como no caso de “cabo” ou “líquido” – também leva a problemas lógicos.

Esses tipos de problema confirmam a necessidade de profissionais da informação no mercado de trabalho, inclusive em órgãos que regulam ou legislam para setores chave do país. A economia obtida evitando uma multa de órgão regulatório justifica plenamente o emprego de profissionais da informação para organizar o conhecimento antes de qualquer implementação.

3 ONTOLOGIAS COMO ALTERNATIVAS PARA INTEROPERABILIDADE

Ontologias tem várias possibilidades de aplicação, dentre as quais, talvez a mais importante seja o uso como uma alternativa para mitigar problemas advindos da falta de interoperabilidade. O assunto é discutido no restante dessa seção.

3.1 Uma Visão Geral de Ontologias e Interoperabilidade

Falar sobre ontologias envolve adentrar em uma área de pesquisa que pertence a pelo menos três domínios do conhecimento, a saber, a Filosofia, a Ciência da Computação (CC) e a Ciência da Informação (CI). Na Filosofia, o ramo da Metafísica se dedica ao estudo das entidades que existem na realidade. Na CC, ontologias são artefatos de *software* formais para uso em sistemas de Inteligência Artificial e Modelagem. Já na CI, ontologias são estruturas de representação do conhecimento que auxiliam na

organização de entidades em categorias, classes e relações. A partir da década de 1990, ontologias passaram a ser vistas como iniciativas integradas aos objetivos da CI (VICKERY, 1997; SOERGEL, 1997) e, desde então, tem-se destacado por prover soluções no contexto digital e na *web* semântica.

Definições para o termo “interoperabilidade” são diversas e pouco consensuais, encontradas na perspectiva militar, governamental, organizacional, científica e de órgãos de padronização. Na perspectiva da CI, o Tesauro Brasileiro da Ciência da Informação define interoperabilidade como “a capacidade do produto de *software* interagir com um ou mais sistemas” (PINHEIRO; FERREZ, 2014, 138). Entretanto uma definição única é difícil em função das dimensões de interoperabilidade, tais como a dimensão técnica, a sintática, a semântica, a organizacional, a legal e a internacional. A dimensão de interesse no presente artigo é a semântica, conforme já citado, pois o que se busca é uniformizar significados de termos obtidos em processo de AC (REZAEI et al., 2014; UKOLN, 2005; SUTOR, 2011). Adota-se assim, no restante do presente artigo, a interoperabilidade na perspectiva semântica.

Em função da complexidade de se prover interoperabilidade em domínios e ambientes técnicos e de negócio diversos, várias propostas de *frameworks* para problemas interoperabilidade vem sendo desenvolvidas na busca por eficiência em atividades e custos. Nas últimas três décadas, dezenas de *frameworks* e modelos de maturidade foram desenvolvidos visando prover maior eficiência via interoperabilidade (JABIN et al., 2019). Um exemplo conhecido é o TOGAF, um padrão constituído por uma metodologia e uma arquitetura corporativa para eficiência de negócios que suporta diferentes configurações (THE OPEN GROUP, 2018). Os benefícios esperados desse tipo de iniciativa consistem na redução de custos de integração, operação, capital investido em tecnologias de informação, instalação e atualização das soluções tecnológicas, além de melhoria no gerenciamento de segurança (GWAC, 2011). Existem também investimentos na área de saúde (LEAL et al., 2019), um setor em que os desafios da interoperabilidade ultrapassam questões técnicas, e envolvem difíceis barreiras semânticas (ELEFThERIOU, 2018; LEE; SIEGEL, 1996).

As ontologias são capazes de traduzir conhecimento especializado da linguagem natural para um formato adequando para artefatos computacionais, funcionando como um tipo de complexo de conhecimento canônico (SMITH, 2003) que auxilia a identificar e distinguir aspectos epistemológicos – típicos da comunicação humana – dos aspectos ontológicos (SCHULZ; JANSEN, 2013). Nesse contexto, embora padrões venham sendo

considerados prerrogativa fundamental para alcançar a interoperabilidade, as ontologias podem colaborar com as soluções de integração (WALLACE et al., 2018). O sucesso do uso de ontologias baseadas na abordagem do realismo ontológico para representação do conhecimento e integração no domínio da saúde motivou a criação da *OBO Foundry* (WALLACE et al., 2018), além de alavancar a adoção da perspectiva realista para a norma ISO/IEC DIS 201838-1¹⁰ que trata dos requisitos para construção de ontologias de alto nível. Todas essas iniciativas se fundamentam na *Basic Formal Ontology* (BFO), que também se consolidou em norma ISO, a saber, a ISO/IEC 21838-2¹¹. Outra iniciativa que vale a pena citar é a *Industrial Ontology Foundry* (IOF)¹², que compreende um conjunto de ontologias para representação do conhecimento no domínio industrial. A IOF é a ontologia de base no projeto mencionado nesse artigo, uma iniciativa pioneira no país.

Nesse ponto cabe destacar que o assunto interoperabilidade é extenso, complexo e multifacetado, de forma que seria impossível atender as expectativas de todos os leitores em apenas um artigo. A inclusão da interoperabilidade no tema da presente pesquisa serve para enfatizar a necessidade de atenção ao problema desde fases preliminares do processo, como aquelas que lidam com a terminologia ainda num formato informal e aquelas que, na sequência, iniciam a formalização. No primeiro caso, já se podem verificar problemas de conteúdo e entendimento nas entrevistas; no segundo caso, os erros são sutis e de caráter lógico. Como já citado, essa é uma das primeiras frentes a se atacar para mitigar a falta de interoperabilidade.

Um exemplo proveniente de outra área, a medicina, ajuda a entender a questão e é bem didático: não existe um hospital no Brasil em que os sistemas ou computadores “saibam” que a hepatite só ocorre no fígado. Médicos, enfermeiros, enfim, diversas pessoas mesmo leigas sabem sobre isso, mas não se pode imaginar que computadores ou sistemas tenham qualquer tipo de apreensão de contexto ou significado, por mais básica que seja, sem a orientação de uma ontologia. Um exemplo similar encontrado no setor energético é apresentado na seção seguinte (Seção 3.2).

3.2 Frameworks de Interoperabilidade para o Setor Elétrico

Vista a popularidade no uso de ontologias com artefatos para integração, aliada à necessidade de atendimento de requisitos regulatórios, era de se esperar que existissem

¹⁰ *Information technology – Top-level ontologies (TLO) — Part 1: Requirements*. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/71954.html>. Acesso em: 27 abr. 2020.

¹¹ *Information technology – Top-level ontologies (TLO) – Part 2: Basic Formal Ontology*. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/74572.html>. Acesso em: 27 abr. 2020.

¹² Disponível em: <https://www.industrialontologies.org/>. Acesso em 22/02/2020.

iniciativas nesse sentido. Na verdade, a iniciativa nacional, da qual uma etapa é descrita nesse artigo, é pioneira ainda que outras internacionais possam ser encontradas na literatura.

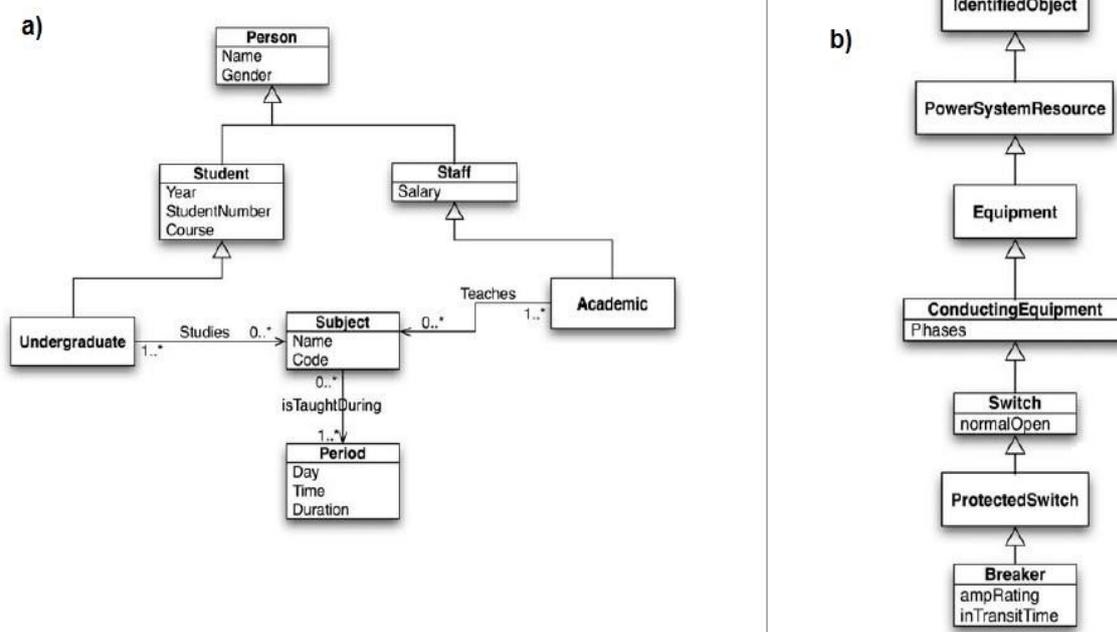
O *GridWise Architecture Council* (GWAC)¹³ mantém iniciativa de interoperabilidade numa abordagem de categorização de alto nível, em que oito camadas estruturam um eixo de graus de interoperação (GWAC, 2011). Outro padrão de interoperabilidade para o setor é o *Smart-Grid Architecture Model* (SGAM), que se baseia no *framework* GWAC. Já o *Common Information Model* (CIM) descreve propriedades independentemente de implementação, permitindo a troca de informação sobre gestão entre sistemas e aplicativos sobre distribuição, transmissão e geração de energia elétrica (USLAR et al., 2012).

Ao comparar as propostas de *framework* para a interoperabilidade no setor elétrico com o estudo CGEE (2017) (vide Seção 2.2), observa-se que a lacuna da interoperabilidade semântica continua em aberto e sem solução. Tal cenário pode ser parcialmente explicado pela utilização da popular *Unified Modeling Language* (UML) para a especificação e geração de modelos. Os diagramas UML não guardam uma semântica precisa e contêm ambiguidades entre seus tipos, porque é uma notação semiformal (OLIVEIRA, 2009). De fato, imprecisões de modelagem são encontradas até mesmo em manuais, como no caso do Modelo CIM, comprometendo a integração entre sistemas.

Na Figura 1, o exemplo (a) contém duas especializações para a classe “*Person*”: “*Student*” e “*Staff*”. As subclasses “*Student*” e “*Staff*”, como representadas, definem dois tipos de pessoas: estudantes e funcionários. Essa representação causa ambiguidade semântica: i) as subclasses são, na verdade, papéis exercidos pelas pessoas e não tipos de pessoas. Seria adequada uma representação de “pessoas no papel de estudantes” e “pessoas no papel de *staff*”; ii) também é inadequada a apresentação das classes como irmãs, no mesmo nível hierárquico, como subclasses da classe “*Person*”. No exemplo (b) da Figura 4, o erro reside na propriedade utilizada para especificação de um novo tipo de equipamento, como se pode observar na generalização “*ProtectedSwitch*” derivada da classe “*Switch*”. A propriedade “*protected*” não é suficiente para trazer a existência uma nova entidade.

¹³ Vide: <https://www.gridwiseac.org/about/imm.aspx>. Acesso em: 20 mar. 2020.

Figura 1 - Modelagem de relações hierárquicas a partir do Modelo CIM.



Fonte: Adaptado de McMorran (2007).

3.3 Aquisição do Conhecimento

A literatura exibe uma variedade de metodologias para a construção de ontologias desde os anos 1990, por exemplo, a *Methontology* (GÓMEZ-PEREZ et al., 1996), a *NeOn Methodology* (SUÁREZ-FIGUEROA et al., 2008), a *OntoForInfoScience* (MENDONÇA, 2015), para citar algumas. A etapa de AC está presente de alguma forma em todas e lida com as necessidades e uso da informação, com métodos utilizados desde os anos 1980. Nos anos 90, a atividade recebeu contribuições da Gestão do Conhecimento, nas formas de elicitar conhecimento individual e convertê-lo em organizacional (COELHO; ALMEIDA, 2015).

A busca por informação é um processo dinâmico, contínuo, conduzido a partir de necessidades. A necessidade de informação leva um indivíduo, ou um grupo social a buscá-la para aplicação em seu ambiente na solução de problemas (CHOO, 2006). AC é o processo de extrair, estruturar e organizar o conhecimento de diversas fontes, inclusive especialistas (DEHGHANI; AKHAVAN, 2017). Trata-se de um procedimento sistemático que envolve a elicitação de processos e etapas que surgem ao longo das atividades dos especialistas (POSTOLACHE, 2016). A AC faz uso de técnicas diversas, por exemplo: *brainstorming*, grupos focais, técnicas estatísticas, técnicas linguísticas, entrevistas, processamento de linguagem natural, dentre outras.

Os principais elementos envolvidos na atividade de AC, descritos no restante da presente seção, são: i) levantamento e análise de materiais de referência; ii) identificação de especialistas; iii) aplicação de técnicas colaborativas.

No que diz respeito ao levantamento e análise de materiais de referência, um mapeamento de fontes de qualidade permite o entendimento do domínio, possibilitando identificar termos seminais. Integram o universo de materiais de referência, os vocabulários controlados, os glossários e os tesouros especializados, as ontologias, os textos acadêmicos, livros e artigos científicos, documentos normativos e documentos regulatórios (TEIXEIRA; ÁVILA, 2019). Tais insumos motivam estudos que culminam no entendimento do conteúdo individual, na seleção do que é aplicável à ontologia, na indicação de termos candidatos, etc. Todo *background* obtido sobre o tema permite que se estabeleça uma macro visão do domínio ou assunto, criando condições para a construção do artefato ontológico.

Sobre a identificação do especialista de domínio, Wang et al (2006) afirmam que as ontologias já são conhecimento estruturado e consensual. Tal conhecimento é obtido a partir de fontes registradas – textos de referência – e por meio de especialistas. Um indivíduo é considerado especialista por sua experiência profissional e acadêmica em certo domínio. Por deter tal experiência, a análise proporcionada pelo especialista engloba uma relação útil entre desempenho cognitivo-percepção, memória, conhecimento e solução de problemas. O desempenho de um especialista é identificado em comparação a pares que possuem menor experiência no mesmo domínio.

Nesse sentido, atividades que envolvem conhecimento especializado são essenciais para representar qualquer domínio complexo. Essas atividades incluem obtenção, registro, análise, estruturação e validação do conhecimento especializado (MENDONÇA et al., 2012). É necessário o uso de técnicas para alinhar o perfil do estudo, o pesquisador e o especialista. De fato, a lacuna existente entre a mente do profissional da informação e a mente dos especialistas é uma barreira para a representação do conhecimento (COELHO; ALMEIDA, 2012, 2015).

Com respeito à aplicação de técnicas colaborativas, a presença de grupos de especialistas é um requisito para que sejam obtidas diversas perspectivas. Para Dehghani e Akhavan (2017), a possibilidade de personalização do processo de AC permite reduzir barreiras, tais como a distância, o tempo e o desconhecimento sobre o domínio. O Quadro 1 lista os tipos de técnicas encontradas na literatura.

Quadro 1 - Exemplos de técnicas de extração do conhecimento

Técnica	Variação	Descrição
Entrevista	Não estruturada	São entrevistas abertas em que se usa um esboço como guia, além de um número limitado de perguntas gerais, estratificadas ou semi estratificadas.
	Estruturada	É como um questionário, porém as respostas às perguntas são feitas pelos entrevistadores; menos flexível já que as perguntas são fechadas.
	Semiestruturada	Combinação das duas formas anteriores em que as questões são estruturadas antes da entrevista e enviadas para o entrevistado para que ele se prepare.
<i>Card Sorting</i>	-	É fornecido um número de cartões contendo o nome dos termos e o especialista possui a tarefa de, repetidamente, separar os cartões em colunas onde os termos são comuns.
Mapa Conceitual	-	Consiste num tipo de diagrama que mostra os termos como “nós” e relação entre eles como “linhas”. Trata-se de uma rede semântica usada na psicologia cognitiva.
<i>Design Thinking</i>	-	Técnica estruturada que busca, colaborativamente e por meio de um facilitador, mapear e mesclar a experiência cultural, a visão de mundo e os processos individuais, para obter uma visão completa.
<i>Wikis</i>	-	Plataforma baseada na <i>web</i> , interativa e colaborativa para registro do conhecimento do domínio por especialistas e interação dos mesmos, disponível a todo momento.
<i>Brainstorming e grupos focais</i>	-	São técnicas que facilitam a construção do conhecimento de forma colaborativa, em uma sessão intermediada por um facilitador e um registrador, que registra toda opinião levantada.

Fonte: adaptado de Dehghani e Akhavan (2017); Coelho e Almeida (2015); Mendonça (2015).

Na fase de AC, um projeto sempre está sujeito a riscos ao envolver especialistas. Os obstáculos são as conhecidas limitações de tempo, a transmissão do conhecimento de forma clara, e as barreiras de compartilhamento que resultam em imprecisão (AKHAVAN; SHAHABIPOUR; HOSNAVI, 2018). Os especialistas podem, por exemplo, fazer uso de expressões pouco claras que criam erros de compreensão e de registro do conhecimento (COELHO; ALMEIDA, 2015). Como explica Choo (2006), é complicado para o profissional da informação descobrir na mente do especialista tanto o que ele sabe, o que não sabe, e o que ele nem sabe que não sabe.

No âmbito da AC, cabe ainda citar questões que envolvem a ontologia como um todo, referentes a anomalias ou a falta de boas práticas durante o processo. A pesquisa e a inspeção manual de ontologias já implementadas resultou na identificação de “armadilhas” comuns que ocorrem mesmo que sejam seguidas diretrizes de modelagem usuais e fundamentos ontológicos (POVEDA-VILLALÓN; SUÁREZ-FIGUEROA; GÓMEZ-

PÉREZ, 2010). Um catálogo dessas armadilhas aborda cinco tipos principais que envolvem a etapa de AC (GÓMEZ-PÉREZ, FERNÁNDEZ-LÓPEZ e CORCHO, 2004): i) falhas de entendimento humano; ii) consistência lógica; iii) representação do mundo real; iv) modelagem computacional; e, v) especificação da linguagem de representação.

4 ESTUDO DE CASO: AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO NO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA

Para revelar as dificuldades e facilitar o entendimento da atividade de AC, descreve-se aqui caso desenvolvimento de ontologias em projeto de P&D da ANEEL, executado pela Fundação CPQD¹⁴, na Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). A CEMIG é uma das principais concessionárias de energia elétrica do Brasil e a maior integradora do setor, aglutinando as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia. Com o propósito de melhorar a gestão de seus ativos regulados pela ANEEL, a CEMIG lançou um Sistema para Gestão de Ativos alimentado por um vocabulário organizado em uma ontologia, a qual foi desenvolvida no P&D mencionado.

O relato do estudo de caso fornece dados empíricos complementares a toda a teoria apresentada. Descrevem-se as atividades e respectivos resultados do P&D: a Seção 4.1 contextualiza o problema, a Seção 4.2 explica a metodologia da pesquisa, a Seção 4.3 descreve a coleta de dados e a Seção 4.5 apresenta exemplos dos resultados obtidos.

4.1 Contexto e Problemas

Para melhor contextualizar o problema, é necessária uma explicação básica da gestão de ativos. A Norma ISO 55.000¹⁵ define ativo como um item, ou conjunto de itens, que possui valor real ou potencial para uma organização. O valor pode ser tangível ou intangível, financeiro ou não financeiro, positivo ou negativo, manifesta-se em diferentes estágios da vida do ativo e inclui riscos e passivos. Existem os ativos físicos como equipamentos e instalações; e os ativos intangíveis como contratos, marcas, *software*, direitos de uso, licenças, direitos de propriedade intelectual, acordos, etc. A gestão de ativos compreende um conjunto de procedimentos coordenados para estabelecer controle e ganhos de valor sobre o ativo, o qual, no setor elétrico, é um equipamento ou instalação.

¹⁴ Disponível em: www.cpqd.com.br

¹⁵ Série de normas ISO que cobre a gestão de ativos, lançada em 2014 e constantemente revisada.

Já um Sistema de Gestão para a Gestão de Ativos tem a função de estabelecer a política e os objetivos da Gestão de Ativos do ponto de vista estratégico e operacional. O nível estratégico está vinculado à alta administração e o nível operacional à gestão do ativo, ou seja, a etapas do seu ciclo de vida. Esse ciclo abrange o projeto, a especificação técnica, a aquisição, a implantação, a operação, a manutenção e o monitoramento, incluindo o descomissionamento e descarte. Ocorre exatamente no nível operacional onde se localizam as entradas de informação relacionadas à vida dos ativos em diferentes usos de uma infraestrutura corporativa de tecnologia da informação.

Este contexto exige elevada qualidade para a informação na busca por melhorias no nível de interoperabilidade semântica entre sistemas, para fins de reutilização da informação, produção de novo conhecimento e apoio à tomada de decisão. Foi a partir desse tipo de problema que o P&D foi desenvolvido e orientado para ontologias.

4.2 Procedimentos Metodológicos

Até aqui, apresentou-se o *background* teórico da pesquisa, o contexto do setor elétrico e problemas conhecidos, além da demanda por interoperabilidade no atendimento tanto de questões técnicas quanto legais. Nesse momento, descreve-se a etapa de AC no âmbito da construção do artefato ontológico. A partir do arcabouço teórico e contextual mencionado, as etapas planejadas para a pesquisa foram: i) Levantamento e análise de material especializado de referência; ii) Identificação de especialistas de domínio; iii) Aplicação de técnicas colaborativas; iv) Validação após formalização.

A primeira etapa – levantamento e análise de material de referência – teve início com entrevistas não estruturadas com colaboradores e gestores de departamentos envolvidos na gestão de ativos. Esses levantamentos preliminares propiciaram uma macro visão do contexto, elucidação dos problemas e o direcionamento para o levantamento do material de referência. Ao mesmo tempo, foram mapeados os principais recursos de informação sobre o tema. Esses recursos foram estudados de forma a compor um corpus de textos com termos candidatos à ontologia. Os principais recursos identificados foram os próprios especialistas e o manual da ANEEL (MCPSE), o qual forneceu insumos para a maioria dos cerca de 400 termos previstos no escopo da pesquisa.

A segunda etapa – identificação de especialistas de domínio – representou um real desafio contextual, visto que a concepção original do projeto não previa ontologia, de forma que os recursos humanos e financeiros não eram adequados. Nesse sentido,

apenas três especialistas foram designados para contribuir. Em função da limitada disponibilidade de especialistas e da localização geográfica distribuída, a objetividade era requisito essencial para as entrevistas. Dessa forma, as entrevistas foram planejadas, com antecedência, além de criados recursos para colaboração. O que se observou ao longo das entrevistas é que a limitação quantitativa foi suplantada pela excelência qualitativa, pois foram escalados profissionais maduros, experientes, altamente especializados, com tempo disponível.

A terceira etapa – aplicação de técnicas colaborativas – foi planejada para ser executada por meio de plataforma wiki. Enquanto se aguardava o desenvolvimento das wiki, iniciou-se a realização de entrevistas com especialistas, nas quais três pesquisadores da CI realizaram mais de uma dezena de entrevistas estruturadas e semi. Cada seção se desenvolveu em aproximadamente duas horas e meia de conversas realizadas tanto presencialmente quanto por videoconferência. Os termos levantados foram apresentados aos especialistas, para que pudessem escolher os mais adequados a suas experiências.

Para direcionar o momento da entrevista e facilitar o registro do conhecimento, gerou-se um formulário usado pelos especialistas para definir termos. Desta maneira, foi possível avaliar e comparar as perspectivas individuais. Junto à terceira etapa, o conhecimento começou a ser formalizado para permitir a validação da AC realizada na quarta etapa. A formalização não é objeto desse artigo, mas para melhor compreensão apresentam-se o template utilizado e exemplos do estágio semiformal (Quadro 2).

Quadro 2 - Template e exemplos de definições semiformais

<p>Template: [INICIAIS] [...] é um equipamento industrial que suporta a função de [...], onde o processo de [...] realiza a função de [...] e é um processo industrial.</p>
<p>Exemplo 1: [LTDM] [caixa de automação submersível] é um equipamento industrial que suporta a função de [manobra, controle e proteção de motores e bombas], onde o processo de [proteção de rede] realiza a função de [manobra, controle e proteção de motores e bombas] e é um processo industrial.</p>
<p>Exemplo 2: [LTDM] [excitatriz] é um equipamento industrial que suporta a função de [verificação da tensão de saída do gerador], onde o processo de [distribuição de energia] realiza a função de [verificação da tensão de saída do gerador] e é um processo industrial.</p>

Fonte: elaborado pelos autores

A quarta etapa – validação após formalização – foi uma tarefa realizada um pouco adiante do núcleo da AC em sim, mas ainda parte do processo como um todo. Diz

respeito à verificação de que, se o conhecimento obtido e em seguida formalizado, de fato correspondia de fato ao que o especialista tinha dito anteriormente. Uma parte dos axiomas da ontologia sofreu assim um processo de remodelagem e foram organizadas novas entrevistas para validação. Os tipos de erros avaliados nessa fase da validação foram identificados e nomeados da seguinte forma:

- *Erros de atribuição de operadores lógicos*: em que se verifica a troca indevida do operador existencial pelo universal e vice versa;
- *Erros de conteúdo ou entendimento*: em que a própria definição em linguagem natural continha erros;
- *Erros derivados de “armadilhas” usuais do desenvolvimento*: “anotação perdida”, “ausência de equivalências e “ausência de instanciação”:

Para alcançar os resultados, sete pesquisadores de Ciência da Informação foram treinados para gerar as definições em padrão ontológico. Cada pesquisador recebeu aproximadamente 50 termos para serem definidos, além dos insumos para desenvolverem seus trabalhos: resultados de entrevistas em linguagem natural e tabelas de processos que envolvem os ativos da empresa.

4.3 Resultados

A proliferação de ontologias tem resultado em qualidade de dados e informação, porém, não elimina totalmente erros provenientes das dificuldades e complexidades inerentes ao processo, o qual abrange diferentes variáveis como: métodos de AC variados, especialistas de domínio com diferentes perspectivas e responsáveis pelo desenvolvimento de ontologias que não conhecem o domínio. O domínio da energia elétrica é complexo e apresenta peculiaridades. Resultados parciais, bem como observações diversas feitas ao longo do processo, são apresentadas no restante da presente seção.

Exemplos da primeira e segunda etapas – a identificação de especialistas e o levantamento e análise de material de referência – resultaram em entrevistas com colaboradores e gestores de selecionados (Figura 2, resultados preliminares e Figura 3, resultados de etapa intermediária):

Figura 2 – exemplo de fragmento de planilha preliminar com definições da AC

TERMO SUGERIDO	DEFINIÇÃO
Acessório de fixação	[acessório de fixação] é um equipamento industrial que suporta a função de [fixar dispositivo AND manter fixo um di
Anel	processo de [Viabilizar a operação dos sistemas de distribuição AND elaborar projeto de proteção de redes de dis
Anel anti corona	[anel anti corona] realiza a função de [fixar dispositivo AND manter fixo um dispositivo] e é um processo industrial
Banco de baterias	[banco de baterias] é um agregado de objeto [bateria] no processo industrial de [].
Banco de capacitores	[banco de capacitores] é um agregado de objeto [capacitor], no processo industrial de [].
Banco de capacitores de uma fase	[banco de capacitores de uma fase] é um [banco de capacitores AND em uma fase].
Banco de capacitores inseridos em paralelo	[banco de capacitores inseridos em paralelo] é um [banco de capacitores AND montado em paralelo].
Banco de capacitores inseridos em série	[banco de capacitores inseridos em série] é um [banco de capacitores AND montado em série].
Bastidor	[bastidor] é um equipamento industrial que suporta a função de [alocar dispositivos eletrônicos AND no cubículo], on
Blindagem	[blindagem] é um equipamento industrial que suporta a função de [vedar compartimento da rede subterrânea] onde
Bomba	[bomba] é um equipamento industrial que suporta a função de [extrair água de canaleta AND extrair água da galeria
Bomba com acionador de potência igual ou superior	[bomba com acionador de potência igual ou superior a 7,5 c.v] é um [bomba] que realiza a função de [AND potência
Bucha	[buchas] é um equipamento industrial que suporta a função de [realizar transição de condutor em potencial elevado] c
Cabo pára-raios	[cabo pára-raios] é um equipamento industrial que suporta a função de [proteger linhas de transmissão contra desc
Caixa de automação submersível	[caixa de automação submersível] é um equipamento industrial que suporta a função de [transmitir ao centro de ope
Caixa de inspeção	[caixa de inspeção] é um equipamento industrial que suporta a função de [acessar a malha de aterramento] onde o
Caixa de manobra	[caixa de manobra] é um equipamento industrial que suporta a função de [abrigar chave seccionadora AND abrigar
Caixa de manobra de 2 saídas	[caixa de manobra de 2 saídas] é um [caixa de manobra] que realiza a função de [AND possui 2 saídas].

Fonte: elaborado pelos autores

Figura 3 - Fragmento de registro em linguagem natural (KA1) e semiformal (KA2)

TUC 160: CHAVE		
EQUIPAMENTOS (OBJETOS CONSTITUINTES)	KA1	KA2
câmara de extinção a vácuo	Câmara de extinção a vácuo é um equipamento industrial que suporta a função de interrupção da corrente elétrica (em um disjuntor ou chave), onde o processo de proteção de equipamentos e circuitos elétricos realiza a função de de interrupção da corrente elétrica e é um processo industrial. Source: 1-Glossary of Terms For the Electric Utility Industry, North Carolina State University 2-https://slideplayer.com.br/slide/1734084/	[cemig] componente de um dispositivo de manobra onde ocorre a separação dos contatos com a consequente geração de arco elétrico e onde esse arco é extinto
chave	Chave é um equipamento industrial que suporta a função de ativar, desativar ou alternar o fornecimento de energia elétrica, onde o processo de proteção de equipamentos e circuitos elétricos realiza a função de ativar, desativar ou alternar o fornecimento de energia elétrica e é um processo industrial. Source: 1-Glossary of Terms For the Electric Utility Industry, North Carolina State University 2-http://www.ngeletrica.com.br/chaves	[cemig] Chave composta de um contato fixo e outro móvel utilizada para promover seccionamento visível no circuito elétrico. [cpqd] dispositivo de manobra ou seccionamento do circuito elétrico

Fonte: elaborado pelos autores

Exemplos das telas com resultados da terceira etapa – aplicação de técnicas colaborativas – executada por meio de plataforma wiki são apresentados na Figura 4:

Figura 4 – fragmento da página Wiki semântica para colaboração

Aspectos contábeis e atributos [\[editar\]](#)

Tabela I-a - Códigos e Parâmetros deste Tipo de Ativo no Manual de Controle Patrimonial do Setor Elétric

Tipo de Unidade de Cadastro - TUC	Tipo de Bem	Vida Útil
255 Estrutura	255.01 Poste	28 anos
	255.02 Torre	37 anos

Fontes: MCPSE - Tabela I - Codificação dos Tipos de UC (TUC) e Discriminação dos Atributos Técnicos e Tabela XVI - Taxas de Depreciação.

Obs.: A vida útil econômica da instalação é compatível com o prazo da depreciação.

Tabela I-b - Atributos de Ativos de Tipo Poste no MCPSE

Tipo	Material	Altura	Carregamento/esforço
Ver Tabela XX	Ver Tabela XXI	Ver Tabela IX	Ver Tabelas X-a e X-b 📌

Fonte: MCPSE - Tabela I - Codificação dos Tipos de UC (TUC) e Discriminação dos Atributos Técnicos.

Tabela XX - Tipo de poste:

Código	Tipo de Poste					
	01	02	03	04	05	06
Tipo	Circular	Duplo T	Trilho	Curvo simples	Curvo duplo	Tubular - seção

Fonte: MCPSE - Tabela I - Codificação dos tipos de UC (TUC) e discriminação dos atributos técnicos.

Tabela XXI - Tipo de material de poste:

Tipo de Material de Poste					[Ocultar]
Código	01	02	03	04	05

Fonte: elaborado pelos autores

Todas as quase 400 definições geradas foram revisadas, sendo adequadas ou modificadas, segundo o padrão ontológico estabelecido (Quadro 3). A validação analisou 50 termos – em duas etapas de 22 e 28 termos – contidos na classe “Equipamentos de Manufatura”, onde se encontrava o maior número de representações de ativos. Nos 22 termos analisados na primeira etapa foram encontrados 11 erros de atribuição e 11 atribuições corretas. Observou-se que esses erros ocorreram por necessidade de especialistas durante a modelagem. Confrontado com a situação, o responsável pela modelagem informou que, na dúvida ou por simples desconhecimento do domínio, diversos operadores existenciais foram atribuídos sem confirmação. Operadores existenciais são mais comuns e sabidamente menos problemáticos em ontologias, de forma que o procedimento que não se configura com uma má prática em versões iniciais.

Também foram encontrados 04 erros de conteúdo (Figura 5), onde as definições atribuídas estavam de fato erradas. Tal tipo de erro é proveniente das entrevistas com especialistas. Já na segunda etapa, dos 28 termos analisados, foram encontrados 06 erros de atribuição, e 12 atribuições corretas. Foram encontrados ainda 10 erros de conteúdo. O resultado compilado até o momento de fechamento da pesquisa revelava cerca de 25% de erros de atribuição do operador lógico e 30% de erros de conteúdo.

Figura 5 – Exemplo de erro de conteúdo na AC

Termo 14	Relé Principal							
tem_função some 'função executar principal função'								
Perguntas:								
0	Sim		Não	X				
Observações: Erro. Relé primário ou Secundário. Titular ou reserva. Principal e Backup								
					1	Sim		Não
					2	Sim		Não
Resultado	Erro na ontologia							

Fonte: elaborado pelos autores

Figura 6 – Exemplo de erro de atribuição de operador lógico

Termo 11	Seguidor Solar								
tem_função some 'função movimentar placas fotovoltaicas'									
Perguntas:									
0	Sim	X	Não						
Observações:									
					1	Sim		Não	X
					2	Sim		Não	
Resultado	ONLY								

Fonte: elaborado pelos autores

Além desses resultados, buscou-se também identificar as “armadilhas” já descritas (Seção 3.3). Foi possível verificar que, de uma ampla lista de armadilhas identificadas na literatura, a ontologia desenvolvida continha pelo menos 03 erros derivados. O primeiro caso – “anotação perdida” – correspondia ao fato de que informação registrada ainda na fase AC em comentários, junto às classes candidatas, foi perdida em parte ou em sua totalidade. O segundo caso – ausência de equivalências – correspondia ao fato de que nem todas as equivalências foram listadas devido ao grande número de possibilidades em um domínio complexo como o abordado. O terceiro caso – “ausência de instanciação” – derivou do fato de que a instanciação dependia de dados reais da empresa, os quais não foram disponibilizados ao longo do projeto e da pesquisa. Esse fato ilustra que os erros mencionados nem sempre são causados por modelagem, mas também por contingências comuns nas organizações.

4.4 Discussão

As porcentagens de erros na AC citadas na seção pouco dizem aqui, por se tratar de um estudo de caso, mas os resultados indicam a necessidade de melhorias e de

atenção ao processo. Alguns dos tipos de erros mencionados na literatura (seção 3.3) foram de fato identificados na prática. Um aspecto final, relativo a padrões definidos por órgãos normativos e regulatórios, carece de discussão, pois sem uma atitude crítica nesses quesitos nenhum processo de AC pode alcançar sucesso.

Observou-se, no decorrer do projeto, que o setor elétrico possui glossários e outros recursos sobre insumos elétricos. Os sites da ANEEL, da Eletrobrás e das distribuidoras possuem dados sobre termos especializados, às vezes organizados de forma alfabética e atrelados a funcionalidades de busca. Entretanto, muitos desses recursos são próprios para consumidores ou investidores, de forma que apresentam descrições voltadas para outros órgãos reguladores e distribuidoras. Esse formato não contribui com a clareza e a precisão necessárias a uma ontologia.

A extração de conhecimento por meio das entrevistas trouxe riqueza de detalhes que permitiu identificar esses problemas em documentos oficiais. Em certos casos, a reflexão gerada na AC culminou na identificação de diferenças entre o MCPSE e a realidade, além de diferenças terminológicas regionais. Outros equívocos foram identificados quando se constatou que códigos identificadores entre dois documentos emitidos pela ANEEL eram usados de forma diferente para uma mesma entidade. Por exemplo, os tipos de estrutura – poste e torre – estão presentes em dois documentos regulatórios, o PRODIST e o MCPSE (Quadro 4), com diferentes códigos para tipos de materiais constituintes (Quadro 5).

Quadro 4 - Diferença de codificação de tipos de Estrutura

Estrutura no PRODIST		Estrutura no MCPSE	
COD_ID	DESCR		
0	Não informado		01 CIRCULAR
AT	Autoportante		02 DUPLO T
CA	Cabine		03 TRILHO
CI	Circular		04 CURVO SIMPLES
CP	Contra poste		05 CURVO DUPLO
CD	Curvo duplo		06 TUBULAR - Seção poligonal
CS	Curvo simples		07 RETANGULAR
DT	Duplo T		08 SEXTAVADO
ES	Estaiada		09 TRIANGULAR
OR	Ornamental		
QU	Quadrado		01 CIRCULAR
RE	Retangular		02 DUPLO T
TO	Torre ou Treliça		03 AUTOPORTANTE
TG	Triangular		04 ESTAIADA
TL	Trilho		05 TRIANGULAR
TS	Trilho simples		06 TRUSSPOLE
TP	Trusspole		07 RETANGULAR
TU	Tubular		08 H (2 COLUNAS E VIGA CENTRAL)
TQ	Tubular - Seção quadrada		

Fonte: elaborado pelos autores

Quadro 5 - Diferença de codificação de material de estrutura

Estrutura no PRODIST		Estrutura no MCPSE		
COD_ID	DESCR	Poste		
0	Não informado ou não aplicável	TIPO DO MATERIAL	01	CONCRETO
AC	Aço		02	MADEIRA
CO	Concreto		03	FERRO
CL	Concreto leve		04	AÇO
EC	Em compósito		05	EM COMPÓSITO
FE	Ferro	Torre		
CQ	Madeira	TIPO DE MATERIAL	01	CONCRETO
ME	Madeira eucalipto		02	MADEIRA
MQ	Madeira quadrado		03	METÁLICA
MT	Metálica			
AV	Alvenaria			

Fonte: elaborado pelos autores.

É possível ainda encontrar divergências em padrões de métricas, por exemplo, de altura em dados públicos da ANEEL e obtidos na AC. A padronização da ANEEL estabelece, além de códigos distintos, faixas de alturas agrupadas que não são iguais à padronização do manual produzido pela própria agência. Além disso, observou-se a ausência dos dados de Ordens de Imobilização, Tipos de Instalação, Centros Modulares, Tipos de Unidade de Cadastro, todos esses, campos criados pela ANEEL, os quais, caso não informados, deveriam ter valor “zero” de acordo com o PRODIST.

Embora seja possível afirmar que os documentos MCPSE e PRODIST se diferenciam em função de objetivos, ambos tratam das mesmas entidades físicas sob tutela das distribuidoras e sob a regulação da ANEEL. Nesse sentido, as ambiguidades e inconsistências verificadas criam barreiras para a gestão técnica, contábil, para atendimento a demandas regulatórias e ao estabelecimento de interoperabilidade. Ontologias são formas de mitigar esse tipo de situação, e a etapa de AC é aquela que lida com o conhecimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho se desenvolveu com o objetivo de descrever o processo de AC, etapa típica da construção de ontologias. Para melhor entendimento do arcabouço teórico que sustenta a prática foram apresentadas as temáticas correlatas, tais como, interoperabilidade, ontologias e processo de aquisição de conhecimento. Na sequência, contextualizou-se o setor elétrico e suas principais questões, tais como as terminológicas, as técnicas e as regulatórias. A etapa de AC é fundamental na construção de ontologias. Já os passos que antecedem as entrevistas são, da mesma forma, essenciais para que

os pesquisadores possam planejar a atividade e tenham uma visão holística do domínio, subsidiando o entendimento da técnica aplicada aos especialistas.

O processo evidenciou erros conhecidos com polissemias, variações terminológicas e inconsistências. Alguns termos apresentavam divergências de entendimento e outros são questionados sob diferentes perspectivas. Mais importante, contudo, é observar as lições aprendidas ao longo do projeto, das quais podem-se enumerar como mais importantes:

- Aplicar entrevistas antes da identificação de material de referência ao maior número possível de pessoas que vão ser impactadas pela ontologia e possam ajudar a elucidar o problema, obter fontes de informação e definir o escopo;
- O método de AC dos especialistas deve considerar a necessidade de objetividade de respostas em função de prazos e disponibilidade limitada para a tarefa;
- O conhecimento prévio dos termos, do contexto e o domínio pelos profissionais da informação resultam em diálogos assertivos e produtivos durante as entrevistas;
- Estudar a fundamentação ontológica e delimitar o tipo de informação essencial a obter resulta em melhorias para as etapas seguintes na construção de ontologias (por exemplo, a etapa de conceitualização);
- As entrevistas são eficientes para sensibilizar os especialistas, uma vez que nem sempre estão vinculados a problemas de inconsistência terminológica e semântica.
- Erros de modelagem, inconsistência terminológica e lógica parecem impossíveis de se eliminar, mas uma vez identificados resultam em bons indicadores de com prosseguir ao longo do processo de desenvolvimento.

A AC é insumo fundamental ao desenvolvimento da ontologia para fins da qualidade de dados e para atacar frentes relacionadas a problemas de interoperabilidade. As etapas seguintes – a saber, de conceitualização e axiomatização – são bem-sucedidas na mesma medida em que se faz um bom trabalho na AC. Os esforços que a AC demanda requerem planejamento, capacidade de ajuste, e flexibilidade em função do fator humano envolvido. Como trata-se de um assunto pouco abordado na literatura, planeja-se continuar a pesquisa em AC abordando aspectos cognitivos e comportamentais de especialistas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Saiba mais sobre o setor elétrico brasileiro**. [s.d]. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 29 jan.

2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **MCSE: manual de contabilidade do setor elétrico**. 2015. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/MCSE_-_Revis%c3%a3o.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Resolução normativa n. 360, de 14 de abril de 2009**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2009360.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2019

AKHAVAN, Peyman; SHAHABIPOUR, Ali; HOSNAVI, Reza. A model for assessment of uncertainty in tacit knowledge acquisition. **Journal of Knowledge Management**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 413–431, 2018.

ALMEIDA, M. B.; SOUZA, R. R.; FONSECA, F. Semantics in the Semantic Web: A Critical Evaluation. **Knowledge Organization**, v. 38, n. 3, p. 187–203, 2011.

BARACHO, R. M. A.; BONATTI, R. A.; TEIXEIRA, L. M. D.; FERREIRA, L. G. F.; BARACHO, F. R. A. C.; LIMA, B. C. de; SILVA, C. H. F.. Investments in renewable decision making based on tangible and intangible criteria. In: 9 IMCIC, **Proceedings...** 2018, Orlando.

BASSO, Leonardo Fernando Cruz; SILVA, Marcelo Roque Da. **Reflexões sobre a regulamentação**. Revista de Administração Contemporânea, v. 4, n. 2, p. 67–85, 2000.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. Prospecção tecnológica no setor elétrico brasileiro: evolução tecnológica nacional no segmento de distribuição de energia elétrica. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2017.

CHOO, C. W. **A Organização do Conhecimento**: como as organizações usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões. São Paulo: Editora Senac, 2006.

COELHO, Kátia C.; ALMEIDA, Mauricio B. Aquisição de conhecimento para construção de ontologias: uma proposta de roteiro metodológico aplicado ao domínio da hematologia. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 17, n.35, 2012.

COELHO, Kátia C.; ALMEIDA, Mauricio B.; NOGUEIRA, Viviane. Um estudo de caso para aquisição de conhecimento no domínio da hematologia. **Proceedings of 6º Ontobras**, [S. l.], p. 6, 2013.

COELHO, Katia Cardoso. **Aquisição de conhecimento especializado para construção de ontologias: um estudo no domínio das ciências da vida**. 2012. Universidade Federal de Minas Gerais, [s. l.], 2012.

COELHO, Kátia Cardoso; ALMEIDA, Maurício Barcellos. Representation of Biomedical Expertise in Ontologies: a Case Study about Knowledge Acquisition on HTLV viruses and their clinical manifestations. **Proceedings of the 15th World Congress on Health and Biomedical Informatics**, [S. l.], p. 5, 2015.



CUENCA, J.; LARRINAGA, F.; CURRY, E. A unified semantic ontology for energy management applications. In: WSP/WOMoCoE@ISWC, 2017. **Proceedings...** Disponível em: <http://ceur-ws.org/Vol-1936/paper-08.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2019.

DEGHANI, Maryam; AKHAVAN, Peyman. An experimental investigation of knowledge acquisition techniques. **Journal of Management Development**, [S. l.], v. 36, n. 4, p. 493–514, 2017.

ELEFTHERIOU, I. **Data Journey Modelling: Identifying cost and risk in large, complex, socio-technical systems**. PhD Thesis-[s.l.] University of Manchester, 2018.

FERNÁNDEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; JURISTO, N. METHONTOLOGY: From ontological art towards ontological engineering. AAI Technical Report SS-97-06, 1997.

GÓMEZ-PÉREZ, A.; FERNÁNDEZ, M.; VICENTE, A. J. **Towards a method to conceptualize domain ontologies**. In: ECAI WORKSHOP ON ONTOLOGICAL ENGINEERING, 1996, Budapest. Disponível em: <http://citeseer.ist.psu.edu/483876.html>. Acesso em: 13 de março de 2014.

GRIDWISE ARCHITECTURE COUNCIL (GWAC). **Smart Grid Interoperability Maturity Model Beta Version**, December. 2011. Available in: https://www.gridwiseac.org/pdfs/imm/sg_imm_beta_final_12_01_2011.pdf. Last access: 20, mar. 2020.

GRUNINGER, M. et al. Ontology summit 2007 - ontology, taxonomy, folksonomy: Understanding the distinctions. **Applied Ontology**, 2008.

JABIN, J.; DIMYADI, J.; AMOR, R. **Systematic literature review on interoperability measurement models**. [s.l.] University of Auckland, 2019.

KÜÇÜK, Dilek; ARSLAN, Yusuf. Semi-automatic construction of a domain ontology for wind energy using Wikipedia articles. **Renewable Energy**, v. 62, p. 484–489, 2014.

KÜÇÜK, Dilek; SALOR, Ö.; İNAN, T., ÇADIRCI, I.; ERMIŞ M. PQONT: a domain ontology for electrical power quality. **Adv Eng Inform** v. 24, p. 84–95, 2010.

LEAL, G. DA S. S.; GUÉDRIA, W.; PANETTO, H. Interoperability assessment: A systematic literature review. **Computers in Industry**, v. 106, p. 111–132, 1 abr. 2019.

LEE, J. L.; SIEGEL, M. D. An ontological and semantical approach to source-receiver interoperability. **Decision Support Systems**, v. 18, n. 2, p. 145–158, 1 out. 1996.

LEFRANÇOISE, M. KALAOJA, J.; GHARIANI, T.; ZIMMERMANN, A. Smart Energy Aware Systems: SEAS Knowledge Model. 2016. Disponível em: http://www.maxime-lefrancois.info/docs/SEAS-D2_2-SEAS-Knowledge-Model.pdf. Acesso em: 26 jun. 2019.

MADNI, A.M.; SIEVERS, M. (2014), System of Systems Integration: Key Considerations and Challenges. **Systems Engineering**, Vol. 17, No. 2, 2014, p. 330-347.

MADRAZO, L.; SICILIA, A.; GAMBOA, G. SEMANCO: Semantic Tools for Carbon Reduction in Urban Planning. In: 9th European Conference on Product and Process Modelling, 2012. *Proceedings...* Disponível em: http://semanco-project.eu/index_htm_files/semanco_3rdWorkshop_datamodel.pdf. Acesso em: 02 jul.

2019.

MCMORRAN, A. W.. **An introduction to IEC 61970-301 & 61968-11: The Common Information Model**. University of Strathclyde. Glasgow, UK, 2007.

MENDONÇA, F. M. **Ontoforinfoscience**: metodologia para construção de ontologias pelos cientistas da informação: uma aplicação prática no desenvolvimento da ontologia sobre componentes do sangue humano (HEMONTA). Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Ciência da Informação. Belo Horizonte, 2015.

MENDONÇA, Fabrício M. et al. Knowledge Acquisition in the construction of ontologies: a case study in the domain of hematology. **International Conference of Biomedical Ontologies**, [S. l.], p. 5, 2012.

MILLER, P. **Interoperability**. What is it and why should I want it? 2000.

OLIVEIRA, V. N. P. de. **Uma investigação sobre a avaliação de modelagem conceitual baseada em ontologias**: estudo de caso de modelos para sistemas de informação desenvolvidos na Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado). Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais. 2009.

PINHEIRO, Lena Vania Ribeiro; FERREZ, Helena Dodd. **Tesouro Brasileiro de Ciência da Informação**. Rio de Janeiro; Brasília: Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (Ibict), 2014.

POSTOLACHE, FLORIN. Ontology tool for knowledge acquisition in a virtualized ict infrastructure. **Scientific Bulletin Mircea Cel Batran Naval Academy**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 484–489, 2016.

REZAEI, R., CHIEW, T.K., LEE, S.P., & ALIEE, Z.S. Interoperability evaluation models: A systematic review. **Comput. Ind.**, 65, 1-23, 2014.

SCHULZ, S.; JANSEN, L. Formal Ontologies in Biomedical Knowledge Representation. **Yearbook of Medical Informatics**, v. 22, n. 01, p. 132–146, ago. 2013.

SMITH, B. Ontology. In: **The Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information**. Oxford: Luciano Floridi, 2003.

SMITH, B. **Ontology (Science)**. Formal Ontology in Information Systems: Proceedings of the Fifth International Conference (FOIS 2008). **Anais...**: 170. In: FORMAL ONTOLOGY IN INFORMATION SYSTEMS FRONTIERS IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND APPLICATIONS. IOS Press, 2008

SUÁREZ-FIGUEROA, M. C.; AGUADO de CEA, G.; BUIL C.; DELLSCHFT, K.; FERNANDEZ-LOPEZ, M.; GARCIA, A.; GOMEZ-PEREZ, A.; HERRERO, G.; MONTIELPONSODA, E.; SABOU, M.; VILLAZON-TERRAZAS, B.; YUFEI, Z. **NeOn D5.4.1. Néon Methodology for Building Contextualized Ontology Networks**. NeOn project. <http://www.neon-project.org>. February 2008.

SUTOR, R. Software Standards, Openness, and Interoperability. In DeNardis L. (Ed.), **Opening Standards: The Global Politics of Interoperability**. 2011, pp. 209-218. Cambridge, Massachusetts; London, England: The MIT Press.

TEIXEIRA, L.; ÁVILA, I.. A semântica nos sistemas de informação de energia: demanda regulatória. ENANCIB, **Proceedings...** Brasil, set. 2019. Disponível em: <https://conferencias.ufsc.br/index.php/enancib/2019/paper/view/1133/806>. Acesso em: 25 out. 2019.

THE OPEN GROUP. **TOGAF® Standard, Version 9.2**. The Open Group, 2018. Disponível em: <https://pubs.opengroup.org/architecture/togaf92-doc/arch/index.html>. Acesso em: 23 mar. 2020.

UNITED STATES OF AMERICA - USA. **Energy Independence and Security Act of 2007**. Provides measures to ensure the United States greater independence, security and performance in energy transmission and distribution. Disponível em: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/BILLS-110hr6enr/pdf/BILLS-110hr6enr.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2020.

USLAR, M.; et al. **The Common Information Model CIM: IEC 61968/61970 and 62325 - A practical introduction to the CIM (Power Systems)**. Berlin: Springer-Verlag, 2012.

UKOLN. UKOLN - Interoperability Focus: looking at interoperability. **Seção About**. UKWA -UK Web Archive. Disponível em: <http://www.ukoln.ac.uk/interop-focus/about/leaflet.html>. Acesso em: 25 fev. 2019.

WALLACE, E.; KIRITSIS, D.; SMITH, B.; WILL, C. **The Industrial Ontologies Foundry Proof-of-Concept Project**. p. 10, 2018.

WANG, Yimin et al. **Knowledge Elicitation Plug-In for Protégé: Card Sorting and Laddering**. The Semantic Web – ASWC 2006, [S. l.], v. 4185, p. 552–565, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1007/11836025_53

WRATE, Glenn. **Focus on Energy–Wisconsin’s Initiative to Reduce Industrial Energy Consumption**. age, v. 7, p. 1, 2002.

Notas

AGRADECIMENTOS

não se aplica.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Concepção e elaboração do manuscrito: L. M. D. Teixeira, M. L. Modesto, J. L. Emygdio, C. Moreira, M. B. Almeida

Coleta de dados: L. M. D. Teixeira, M. L. Modesto, J. L. Emygdio

Análise de dados: L. M. D. Teixeira, J. L. Emygdio

Discussão dos resultados: L. M. D. Teixeira, J. L. Emygdio, C. M. Silva, M. B. Almeida

Revisão e aprovação: L. M. D. Teixeira, M. B. Almeida

CONJUNTO DE DADOS DE PESQUISA

O conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo não está disponível publicamente.

FINANCIAMENTO

não se aplica.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

não se aplica.



APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

não se aplica.

CONFLITO DE INTERESSES

não se aplica.

LICENÇA DE USO

Os autores cedem à **Encontros Bibli** os direitos exclusivos de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a [Licença Creative Commons Attribution](#) (CC BY) 4.0 International. Esta licença permite que **terceiros** remixem, adaptem e criem a partir do trabalho publicado, atribuindo o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico. Os **autores** têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico.

PUBLISHER

Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Ciência da Informação. Publicação no [Portal de Periódicos UFSC](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

EDITORES

Enrique Muriel-Torrado, Edgar Bisset Alvarez, Camila Barros.

HISTÓRICO

Recebido em: 27/07/2020 – Aprovado em: 29/12/2020 – Publicado em: 20/02/2021

