

## **Processo de análise quantitativa de eventos criminais utilizando abordagem semântica**

### **Gustavo Marttos Cáceres Pereira**

*Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho – UNESP, E-mail: gustavo.marttos@unesp.br*

### **Valdir Amancio Pereira Junior**

*Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho – UNESP, E-mail: valdir.a.junior@gmail.com*

### **Jordana Nogueira Silva**

*Centro Universitário Eurípides de Marília – UNIVEM, E-mail: jordanasnogueira@gmail.com*

### **Allan César Moreira de Oliveira**

*Centro Universitário Eurípides de Marília – UNIVEM, E-mail: allan\_oliveira@univem.edu.br*

### **Leonardo Castro Botega**

*Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho – UNESP, E-mail: leobotega@gmail.com*

## **RESUMO**

O gerenciamento de informações de riscos utilizando dados criminais apresenta desafios associados à Consciência Situacional (SAW), como a dinamicidade, heterogeneidade, variedade e o volume de dados. Tais desafios impõem dificuldades referentes à representação de informações de vítimas, criminosos, locais de eventos e à própria especificação das situações de crime. Representar de forma precisa as informações do domínio criminal vai contribuir para processos de análise quantitativa de dados, gerando assim melhores subsídios para a SAW de humanos e conseqüentemente uma tomada de decisão mais assertiva. Neste contexto, o estado-da-arte em modelos semânticos para representar riscos e crimes apresenta lacunas que restringem a quantificação de entidades e características relevantes das situações críticas. Portanto, este artigo apresenta um processo de quantificação de dados de ontologias para o domínio de gerenciamento de riscos sobre dados criminais, visando suportar a extração de dados específicos sobre crimes, para melhorar o apoio aos analistas criminais para a sua obtenção de SAW. Para tal, foram empregados a análise de tarefas dirigidas por objetivos, a análise de vocabulários e propriedades no contexto criminal e o desenvolvimento de uma nova ontologia para a representação de dados criminais. Resultados indicam que o processo desenvolvido é capaz de mensurar informações presentes na ontologia, tais como objetos furtados ou roubados por criminosos, o que pode contribuir para que um analista criminal adquira e mantenha seu nível de SAW sobre a incidência criminal de áreas urbanas brasileiras.

**Palavras-chave:** Consciência Situacional. Ontologias. Análise Quantitativa. Gerenciamento de Riscos.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Consciência Situacional (do inglês *Situational Awareness* - SAW) é um conceito fundamental para auxiliar a tomada de decisão em ambientes complexos e dinâmicos em uma variedade de domínios, entre eles o de gerenciamento de riscos (BOSSÉ; ROY; WARK, 2007).

Operadores de sistemas de gerenciamento de riscos, como os que lidam com dados criminais, e que estão constantemente sob alta pressão e expostos a uma gama de informações sensíveis, precisam manter seus níveis de SAW elevados para assim sustentar o melhor retrato de uma situação crítica e tomar a decisão mais assertiva, evitando prejuízos à vida, ao patrimônio e ao meio ambiente. Por ser um estado cognitivo do operador, a SAW não garante que o operador tomará a melhor decisão, entretanto garante melhores subsídios para que possa melhorá-la.

Para suportar a obtenção e manutenção de SAW, foi constatado que o uso de modelos semânticos, mais especificamente ontologias, quando aplicados para suportar sistemas de gerenciamento de riscos, podem contribuir para uma melhor assertividade nas inferências úteis à tomada de decisão (MATHEUS; KOKAR; BACLAWSKI, 2003).

A tendência dos sistemas dinâmicos é utilizar ontologias ou outros modelos semânticos para que os dados sejam representados (GU et al., 2004). Entretanto, esta ação gera novos desafios para quantificar os dados necessários para que assim sejam transformados em informações que apoiem à tomada de decisão dos operadores de sistemas de gerenciamento de riscos.

A complexidade e a dinâmica de um ambiente de avaliação de riscos aumentam proporcionalmente conforme a quantidade de variáveis existentes, como endereços que remetam ao local, pessoas envolvidas (por exemplo, vítimas, criminosos, policiais, etc.), se a situação é um roubo ou furto, quais os objetos subtraídos e se há a presença de armas brancas ou armas de fogo, tornando a aquisição e manutenção de SAW processos mais difíceis de serem atingidos.

Neste contexto, foi identificado que a quantificação de dados semânticos é um excelente subsídio para evoluir a SAW de operadores e conseqüentemente melhorar a decisão por ele tomada. Fluit, Sabou e Harmelen (2006) apontam a dificuldade dos operadores em fornecer termos de consulta que melhor descrevam as suas necessidades de informação com o propósito de se obter resultados úteis à decisão. Esta dificuldade aumenta quando expressões lógicas

simples são utilizadas, tornando o processo de quantificação mais complicado. A quantificação é fundamental para a estruturação de um processo de análise crítica sobre os dados.

O objetivo geral deste trabalho é contribuir com a SAW de operadores de sistemas de gerenciamento de riscos, utilizando a análise quantitativa como um processo para gerar subsídios necessários a fim de tomar uma decisão mais assertiva. Por sua vez, o objetivo específico é desenvolver um processo de quantificação de informações semânticas sobre objetos relevantes para a avaliação de riscos, organizadas e representadas semanticamente em uma ontologia do domínio criminal.

Para atingir os objetivos, o trabalho foi dividido em: (1) pesquisa e levantamento de metodologias e processos de quantificação semântica; (2) análise do domínio proposto para desenvolvimento da ontologia; (3) levantamento de requisitos necessários do domínio aplicando a Análise de Tarefas Dirigida a Objetivos (GDTA) nos operadores de sistemas de gerenciamento de riscos; (4) análise de vocabulários relevantes com o auxílio de um especialista no domínio criminal; (5) desenvolvimento de ontologia de domínio, baseada na Metodologia 101 de Noy e McGuinness (2001); e (6) estudo de caso para validar a ontologia e executar consultas SPARQL a fim de obter os resultados que validem o trabalho.

## 1.1 CONSCIÊNCIA SITUACIONAL

O termo Consciência Situacional (SAW) mostrou-se como um importante conceito que auxilia na dinâmica da tomada de decisão humana (BOSSÉ; ROY; WARK, 2007). SAW é estudada em diversas áreas, como educação e operações de centrais elétricas, além daquelas que utilizam sistemas críticos<sup>1</sup>, como operações militares e aviação.

A definição formal foi contemplada como "a percepção dos elementos no ambiente dentro de um volume de tempo e espaço, a compreensão de seu significado e a projeção de seu status no futuro próximo" (ENDSLEY, 1995). A complexidade e a dinâmica do ambiente aumentam proporcionalmente, conforme a quantidade de variáveis existentes no ambiente, tornando a aquisição e manutenção de SAW processos mais difíceis.

Para Endsley (1995), dentro de ambientes dinâmicos, a necessidade de tomadas de decisões rápidas é demasiadamente grande, principalmente dentro de um espaço de tempo

---

<sup>1</sup> Sistemas que manipulam informações que visam a segurança de pessoas e patrimônios (BOTEGA, 2016).

bastante estreito, cujas tarefas dependem de análises contínuas e que estejam atualizadas. É possível qualificar a SAW de um indivíduo por meio de suas capacidades, experiências, preconceitos, metas e objetivos e carga de trabalho, entretanto até mesmo os mais qualificados podem tomar decisões errôneas caso sua SAW esteja imprecisa.

## **1.2 O EMPREGO DE CONSCIÊNCIA SITUACIONAL EM AMBIENTES CRÍTICOS**

As primeiras discussões a respeito de SAW ocorreram dentro da comunidade de aviação na Primeira Guerra Mundial (ENDSLEY; GARLAND, 2000). Inicialmente, SAW foi estudada no campo da aviação (pilotos e controladores de tráfego aéreo), depois no campo militar (comando e controle), medicina (anestesiologia), entre outros.

Para Botega (2016) é irrefutável que a dependência de metas e objetivos existentes em funções e trabalhos específicos e da necessidade e importância da SAW como apoio às tomadas de decisões se aplica a quase todos os campos de atuação. É importante ressaltar que mesmo operadores mais experientes e qualificados podem ter sua SAW comprometida por fatores diversos, como informação incompleta ou imprecisa e esgotamento mental (fadiga, estresse).

Em ambientes de gerenciamento de riscos e/ou emergências - cujas falhas podem provocar danos ao meio ambiente, perda de vidas e danos ao patrimônio -, como controle de tráfego aéreo, salas de emergências hospitalares e comando e controle policial/militar, é necessário adquirir, manter e melhorar a SAW constantemente e para isso é preciso que existam sistemas que apoiem sua obtenção.

O objetivo desses sistemas é fornecer informações precisas, de forma rápida e em um formato correto aos operadores. Eles devem ser elaborados de modo que auxiliem uma tomada de decisão mais assertiva ao operador, considerando o tempo como fator limitador. No domínio militar, pode-se constatar o uso de SAW e a aplicação de seus níveis da seguinte forma:

- ) Nível 1 de SAW: Percepção do operador sobre o posicionamento e condicionamento físico de sua equipe, armamento disponível e a quantidade de tropas inimigas.
- ) Nível 2 de SAW: Compreensão sobre o avanço de tropas inimigas, possibilidade de deslocamento ou combate.

J) Nível 3 de SAW: Visão de um futuro próximo em relação à tropa do inimigo, se sua atual posição representa uma ameaça ou risco iminente à equipe.

Botega (2016) analisou o domínio da Polícia Militar do Estado de São Paulo (PMESP) em relação ao atendimento a chamadas realizadas ao serviço de emergências 190:

"Uma má SAW afeta o modelo mental do humano operador ao atender uma chamada de emergência, o que leva a uma má compreensão da situação e a uma tomada de decisão comprometida."

Operadores dedicados ao atendimento de emergências devem ser capazes de identificar vítimas e criminosos, principalmente suas características, aspectos físicos e comportamentos por meio das informações dadas pelo denunciante. Isto permite que os operadores consigam adquirir e manter uma SAW mais confiável e conseqüentemente tomar decisões mais assertivas, como quantas viaturas deslocar e quais outros operadores dentro da cadeia hierárquica escalar.

Vale enfatizar a importância de SAW na tomada de decisão em ambientes críticos, pois ela representa o conhecimento que um operador possui sobre este ambiente, incorporando a percepção de elementos primordiais, a compreensão desses em relação aos objetivos do operador e a projeção de futuros estados do ambiente com base em seu entendimento.

Santarém Segundo (2015) afirma que:

"Utilizar ontologias é uma das maneiras de se construir uma relação organizada entre termos dentro de um domínio, favorecendo a possibilidade de contextualizar os dados, tornando mais eficiente e facilitando o processo de interpretação dos dados pelas ferramentas de recuperação da informação."

## **2 ONTOLOGIA, ESTRUTURA, VOCABULÁRIOS E METODOLOGIAS EM SUPORTE À SAW**

Guarino (1998) define ontologia como uma lógica que explica o significado pretendido de um vocabulário formal, ou seja, seu compromisso ontológico com uma conceitualização particular do mundo.

Uma ontologia possibilita a criação de um nível genérico definido por meio do conhecimento do domínio, a qual visa fornecer uma compreensão comumente acordada, que pode ser reaproveitado e compartilhado entre outras aplicações e grupos.

## 2.1 ESTRUTURA DE UMA ONTOLOGIA

Durante o desenvolvimento de uma ontologia, deve-se discutir e entender os conceitos essenciais do domínio com o qual está trabalhando, pois assim a definição de terminologias, ou seja, o vocabulário, torna-se um processo mais fácil de ser concluído.

Isotani e Bittencourt (2015) dizem que uma ontologia é composta pelo seguinte:

- ) Um conjunto de conceitos fundamentais resultantes da inter-relação do conhecimento básico presente em um determinado domínio. Pode ser utilizado um vocabulário especializado para representar tais conceitos.
- ) O corpo de conhecimento, que descreve o domínio utilizando os conceitos fundamentais, como hierarquias, relações necessárias e axiomas.

Gómez-Pérez e Benjamins (1999) consideram que funções e instâncias também devem compor o corpo de conhecimento, portanto os demais componentes são os seguintes:

- ) Um conjunto de funções que estabelecem uma relação única entre dois elementos.
- ) Um conjunto de instâncias que fazem parte do conhecimento prévio existente na ontologia. Uma instância nada mais é do que a concretização de uma classe, ou seja, ela representa um indivíduo único em uma hierarquia.

Isotani e Bittencourt (2015) afirmam que ao criar uma ontologia, além da definição de termos e conceitos, deve-se:

- ) Fazer clara diferenciação entre as funções e conceitos fundamentais;
- ) Identificar o uso adequado das relações;
- ) Evitar a herança múltipla;
- ) Discernir o que é atributo e o que é propriedade; e

Analisar cada decisão importante tomada, com o propósito de produzir uma ontologia de qualidade.

## 2.2 VOCABULÁRIOS

Uma ontologia possui um vocabulário para que se possa descrever uma realidade específica. Além disso, este deve ser capaz de capturar os conceitos e relações em um determinado domínio e um conjunto de axiomas, restringindo sua interpretação.

Noy e McGuinness (2001) defendem que uma ontologia define um vocabulário comum para aqueles que necessitam compartilhar informações em um domínio, incluindo definições que possam ser interpretadas por agentes computacionais desde os conceitos básicos do domínio até a relações entre eles.

Os vocabulários devem ser criados após a entendimento do domínio, constituindo a semântica e conceitos. Compreendê-lo como um todo proporciona um conhecimento amplo das características e propriedades de suas classes. Quanto mais extenso for o vocabulário, melhor será a descrição dos relacionamentos que acontecem dentro do domínio.

Para Isotani e Bittencourt (2015), além de identificar um conjunto de dados, os vocabulários devem aumentar a expressividade do dado em determinado contexto inserido dentro do domínio com o propósito de reduzir a ambiguidade de sua interpretação futura. Por exemplo, o FOAF é um vocabulário utilizado em muitas ontologias com o propósito de identificar e expressar termos que caracterizem pessoas, como primeiro nome, sobrenome, gênero, estado civil etc., isto pode favorecer o processo de quantificação, uma vez que esse vocabulário servirá como insumo para a construção de proposições.

## 2.3 ONTOLOGIA COMO APOIO À SAW

A fim de satisfazer os severos requisitos de uma ontologia que apoia a SAW, ela precisa estar de acordo com três aspectos:

- ) Deve ser capaz de representar objetos e relacionamentos, bem como suas evoluções ao longo do tempo.
- ) Expressar qualquer evolução de objetos e relacionamentos.
- ) Possibilitar a implementação em um domínio existente.

Kokar, Matheus e Baclawski (2009) ratificam que uma ontologia é valiosa somente se a maioria da comunidade aceitar seus principais conceitos e estrutura. Além disso, ela é

considerada como bem desenvolvida e de maior qualidade a partir do momento que o domínio com o qual se esteja trabalhando possa ser explicado e suas propriedades fundamentais dos conceitos sejam representadas explicitamente.

Para utilizar SAW, especialmente para tomada de decisões, é preciso reconhecer diversas situações, avaliar o impacto sobre os objetivos, relacionar propriedades a situações particulares e comunicar as descrições destas às demais pessoas. Com isto, existem dois requisitos adicionais em relação às representações situacionais: (1) elas podem ser classificadas por tipos de situação, e (2) elas podem ser tratadas como objetos, físicos ou conceituais.

Um aspecto importante que não pode deixar de ser considerado é o de atributos e relacionamentos, onde estes devem ser associados com valores que possam mudar ao longo do tempo. Devido as várias formas que as situações podem ser abordadas, principalmente aquelas caracterizadas como emergenciais, estas devem exigir robustez e solidez da solução de SAW.

A ontologia precisa representar as relações e os valores dos atributos conforme possam ser atualizados com frequência - alta ou baixa -, quando necessário. Além disso, ela deve ser responsável por criar os objetos de situação para que defina as noções abstratas das doutrinas utilizadas.

### **3 QUALIFICAÇÃO DE DADOS SEMÂNTICOS**

A quantificação tornou-se um importante meio de análise em situações diversas que possuam uma alta demanda de dados. Ela é necessária para que haja a compreensão do todo, possibilitando comparações, avaliações, previsões e motivações para possíveis melhorias dentro do domínio de trabalho. Para tal, Basili (1985) diz que é necessário validar métricas e modelos específicos em cada ambiente com o objetivo de garantir que eles atendam a todas as características apropriadamente.

As métricas podem ser objetivas ou subjetivas. A primeira corresponde aos resultados absolutos, como por exemplo - dentro do domínio de gerenciamento de riscos - saber quantos crimes de roubo ou furto ocorreram em determinado período. Já a segunda trata-se de resultados obtidos por meio de estimativas, onde pode-se utilizar como exemplo - ainda dentro do mesmo domínio - a estimativa de crimes de roubo ou furto em locais privados dentro de uma amostragem

de dados. Basili (1985) descreve as métricas subjetivas como aquelas que são utilizadas quando não se sabe como quantificar uma métrica objetiva.

A fim de auxiliar na quantificação são utilizados quantificadores lógicos que são aplicados a variáveis e a expressões. Estes são definidos por proposições, as quais podem ser simples ou compostas. Considera-se que a primeira não contenha nenhuma outra proposição em sua formação, enquanto a segunda pode possuir duas ou mais (FILHO, 2002).

São exemplos de expressões consideradas como quantificadores nenhum crime é perfeito, algum animal é selvagem e toda árvore possui folhas.

### 3.1 QUANTIFICADORES UNIVERSAIS

O quantificador universal, representado pelo símbolo  $\forall$ , é utilizado para representar afirmações universais, ou seja, que possam ser lidas com "*para todo*", "*para qualquer*" ou "*qualquer que seja*". Segundo Gluz (2002), este quantificador deve ser aplicado em uma sentença aberta  $P(x)$  definida para um conjunto  $A$ . Considerando que todos os elementos de  $A$  satisfarão  $P(x)$ , a sentença torna-se verdadeira.

**Para todo**  $x \in A$ ,  $P(x)$  é verdadeira, ou

**qualquer que seja** o  $x \in A$ , tem-se que  $P(x)$  é verdadeira.

A expressão  $\forall x \in \mathbb{N}, x + 2 > x$  pode servir como exemplo de proposição, onde  $\forall$  é o quantificador,  $x$  é a variável,  $\mathbb{N}$  é o conjunto de números naturais e  $x + 2 > x$  é a sentença da expressão. Ela é verdadeira, pois para qualquer que seja  $x \in \mathbb{N}$ , é verdade que  $x + 2 > x$ .

### 3.2 QUANTIFICADORES EXISTENCIAIS

Por sua vez, o quantificador existencial, representado pelo símbolo  $\exists$ , é utilizado para representar afirmações existenciais, ou seja, que possam ser lidas com "*existe*", "*existe um*", "*existe pelo menos um*" ou "*para algum*". Assim como o quantificador universal, o existencial deve ser aplicado em uma sentença aberta  $P(x)$  definida para um conjunto  $A$ , porém, caso o conjunto não seja vazio, existe algum elemento de  $A$  que satisfará  $P(x)$ , tornando-se verdadeira (GLUZ, 2002).

**Para algum**  $x \in A$ ,  $P(x)$  é verdadeira, ou

**existe pelo menos um**  $x \in A$ , no qual  $P(x)$  é verdadeira.

A expressão  $\exists x \in \mathbb{N}, x^2 = 4$  é um exemplo de proposição que resultará em verdadeiro, onde  $\exists$  é o quantificador,  $x$  é a variável,  $\mathbb{N}$  é o conjunto de números naturais e  $x^2 = 4$  é a sentença aberta da expressão.

### 3.3 QUANTIFICAÇÃO EM MODELOS SEMÂNTICOS

A quantificação em modelos semânticos permite que além de utilizar os dados instanciados em uma ontologia, por exemplo, também é possível aproveitar os metadados de classes, propriedades e atributos a fim de criar métricas objetivas e subjetivas.

A partir do momento que é viável utilizar os metadados de recursos para se criar consultas e extrair valores quantificáveis, os resultados são mais flexíveis pelo fato de serem semânticos, portanto estão dentro de um contexto. Este contexto faz referência a um conjunto de instâncias com metadados comuns (MACGREGOR; KO, 2003). Aproveitar o contexto do domínio com o qual se está trabalhando durante a quantificação em modelos semânticos é vantajoso pelo fato de se aproveitar os metadados dos recursos disponíveis.

MacGregor e Ko (2003) afirmam que é aconselhável identificar um conjunto de predicados que forneçam um padrão para representar os demais metadados mais comuns. No caso, os predicados presentes na ontologia são os que formam as relações entre as classes.

As consultas semânticas são capazes de organizar dentro de uma hierarquia os contextos dos recursos os quais estão sendo analisados, facilitando a compreensão daquele que necessita de dados quantificados com o propósito de obter a melhor ação para a tomada de decisão.

## 4 METODOLOGIA

A metodologia adotada para o cumprimento do objetivo proposto pelo trabalho se apoia em: (1) levantamento de requisitos do domínio, com o emprego da metodologia GDTA (*Goal-Directed Task Analysis*), para revelar informações úteis a respeito do domínio; (2) avaliação de vocabulários e associação de relacionamentos semânticos; (3) desenvolvimento da ontologia de

domínio; (4) declaração de instâncias de ocorrências criminais para validação; e (5) elaboração do estudo de caso aplicando a quantificação ao realizar consultas SPARQL.

#### 4.1 LEVANTAMENTOS DE REQUISITOS DO DOMÍNIO

A primeira etapa a ser realizada é empregar a metodologia de Análise de Tarefas Dirigidas por Objetivos (*Goal-Directed Task Analysis - GDTA*), útil para revelar as informações necessárias para que operadores humanos tomem decisões ao longo do uso do sistema de avaliação de situações de risco, bem como as tarefas que os mesmos devem realizar.

Esta metodologia se concentra na obtenção de uma descrição precisa dos requisitos de SAW, não apenas focada em quais dados os operadores precisam, mas sobre como os dados devem ser combinados e integrados entre si para apoiar a tomada de decisão (BOLSTAD et al., 2002).

Para entender e conhecer o domínio de gerenciamento de riscos, um questionário foi elaborado e encaminhado a Polícia Militar do Estado de São Paulo (PMESP) para que fosse respondido. A partir das respostas obtidas foi possível identificar quais informações eram relevantes para o operador, gerando assim o GDTA. Parte da análise é apresentada no Quadro 1, a qual demonstra um de seus objetivos, que é a identificação de problemas criminais.

**Quadro 1** - Parte da análise de tarefas dirigida a objetivos gerado a partir dos resultados obtidos no questionário encaminhado à PMESP

Hierarquia	Objetivo
1	OBJETIVO 1: Avaliar informações e produzir inteligência para um gestor de segurança pública
2	SUB-OBJETIVO 2: Identificar problemas criminais
3	DECISÃO: Qual a justificativa/fatores ambientais para a incidência criminal?
4	Faixas de incidência
	Porcentagens de território de cada faixa
	Porcentagens de crime em cada faixa
	Estado
	Região/Bairro
	Quantidade de setores

População da região
Subtipos de crimes
Tipos de crimes
Total de crimes
Incidência anual
Incidência mensal
Incidência por horário
Incidência diária
Tipo de setor especial (subnormais, aldeias, alojamentos, asilos, embarcações, penitenciárias, assentamentos e quartéis)
Situação de setor (urbano ou rural)
Incidência por perfil de objetos/produtos
Incidência por perfil de empresa/atividade
Incidência por sexo da vítima
Incidência por perfil de local
Incidência por idade de vítimas
Locais específicos de cada evento criminal

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

#### **4.2 AVALIAÇÃO DE VOCABULÁRIOS E ASSOCIAÇÃO DE RELACIONAMENTOS SEMÂNTICOS**

Conforme descrito anteriormente, após compreender o domínio os vocabulários devem ser criados a fim de descrever os relacionamentos que podem ocorrer dentro do domínio.

Os termos foram selecionados de acordo com a sua relevância perante o operador do sistema de gerenciamento de riscos. O vocabulário foi construído baseado em registros oficiais das bases de dados da PMESP, sendo validado junto a um especialista criminal, estabelecendo um nível de granularidade relevante para o domínio.

Os vocabulários são importantes pelo fato de serem utilizados na criação de proposições que serão quantificadas futuramente, além de permitir que a contextualização seja extraída diretamente deles. Segundo Botega (2016), há dois tipos de vocabulários: propriedade de dado e

propriedade de objeto. A primeira estabelece uma relação de uma classe com um valor absoluto, enquanto a segunda estabelece um vínculo entre dois objetos, ou seja, instâncias.

No vocabulário de propriedades de dados, por exemplo, foram utilizados termos como "calibre", "cor\_objeto", "cor\_veiculo", "genero", "marca", "modelo", "quantidade\_objeto" e "tipo\_veiculo". Enquanto no vocabulário de propriedades de objeto, foram criados os termos de relacionamento "afeta", "efetuado", "eFurtadoPor", "eRoubadoPor", "ocorreEm", "furta" e "rouba".

Os termos mencionados acima e tantos outros foram úteis ao definir quais proposições seriam criadas para que, ao quantificar, os resultados sirvam como subsídio para a tomada de decisão dos operadores de sistemas de gerenciamento de riscos.

#### **4.3 DESENVOLVIMENTO DA ONTOLOGIA DE DOMÍNIO CRIMINAL**

A metodologia empregada para o desenvolvimento da ontologia de domínio aplicada neste trabalho foi a Metodologia 101 de Noy e McGuinness (2001), conceituada nas seções anteriores. Baseando-se no ciclo de sete etapas dessa metodologia, eis a descrição de cada etapa:

) Determinar o domínio e o escopo da ontologia.

O domínio de aplicação e estudo dessa ontologia são situações de risco, para este trabalho situações de roubo e furto especificamente.

) Considerar o reuso de outras ontologias.

Nas pesquisas realizadas não foi encontrada nenhuma ontologia sobre o domínio que auxiliasse no desenvolvimento desta, principalmente considerando a utilização da Língua Portuguesa e a organização de Problemas Criminais adotada.

) Enumerar termos relevantes.

A realização desta etapa foi através da análise das respostas obtidas do questionário aplicado à operadores de sistemas críticos, além de especialistas de segurança pública e privada, junto a uma análise de denúncias presentes em bases oficiais, assim foi feito um levantamento dos principais termos encontrados e estes passaram pela validação de um especialista.

) Definir as classes, hierarquias e propriedades das classes.

Baseado no questionário aplicado, foi possível identificar as informações essenciais para caracterizar uma situação de risco no domínio criminal. Com o resultado desse questionamento, foram definidas as classes principais como: Criminoso, Vítima, Local e Objeto. Dentro de cada uma dessas foram criadas classes filhas mais específicas assim como as propriedades que as caracterizam.

) Definir as restrições de classes e propriedades.

Com a definição das classes e propriedades foi necessário definir as restrições do domínio, como por exemplo: "vítima pode ter um objeto", a qual recebe a cardinalidade 1 – N dentro da ontologia.

) Criar instâncias.

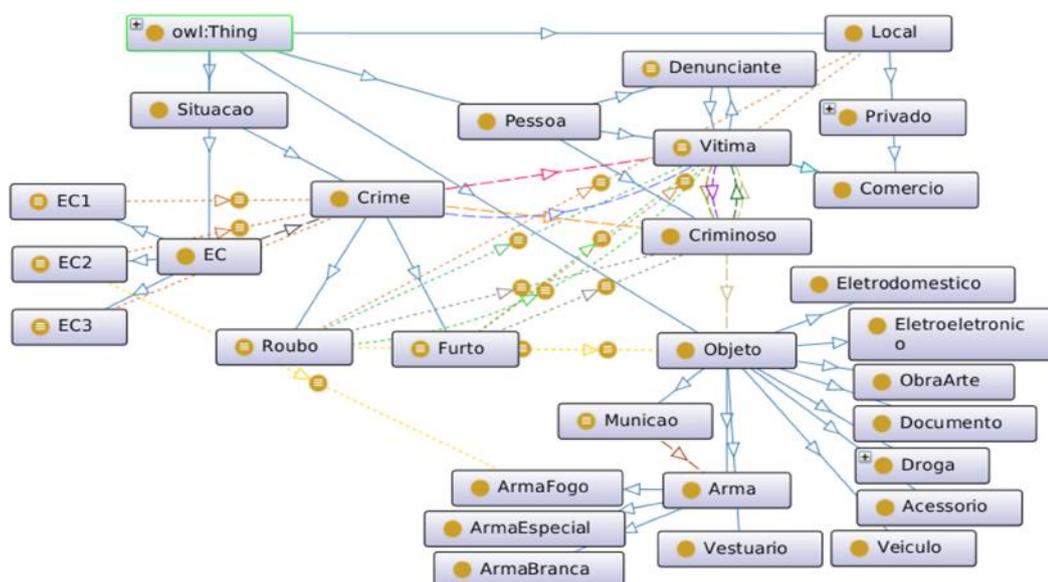
A ontologia foi alimentada com diversas instâncias que caracterizam as informações do domínio, estas serão apresentadas na próxima seção.

A ontologia desenvolvida é apresentada na Figura 1. Sabe-se que esta ontologia de domínio passará por diversas modificações e melhorias com o propósito de inferir melhores resultados e, portanto, o ciclo citado acima se repetirá a partir da segunda etapa. A ontologia deve ser atualizada de acordo com a necessidade do grau de informação a ser recuperado.

#### **4.3 DECLARAÇÃO DE INSTÂNCIAS**

Ao decorrer deste trabalho, mais especificamente após o desenvolvimento da ontologia, um ambiente simulado e controlado foi utilizado para que as instâncias fossem criadas a partir de registros oficiais fornecidos pela PMESP. Tais registros permitiram que este trabalho fosse validado, possibilitando que operadores de sistemas críticos utilizassem os resultados quantificados, evoluindo sua SAW e aprimorando a tomada de decisão.

**Figura 1 - Ontologia de domínio criminal desenvolvida**



Fonte: Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

A Figura 2 representa a instância de uma das ocorrências. A ocorrência instanciada representada na figura foi classificada como Furto e, portanto, é possível observar que a Vítima "tem" um Veículo e vários Documentos e foi "furtada" por um Criminoso. Esta situação permitiu que fossem criadas as relações de que um Furto "afeta" uma Vítima e "é efetuado por" um Criminoso. A maioria das ocorrências disponíveis envolveram roubo ou furto de documentos e, portanto, o estudo de caso deste trabalho será apoiado nessas instâncias.

#### 4.4 ELABORAÇÃO DE ESTUDO DE CASO APLICANDO A QUANTIFICAÇÃO AO UTILIZAR CONSULTAS SPARQL

O primeiro passo para se obter dados quantificados é a definição de proposições, as quais tornam-se o objetivo de consulta com o propósito de resgatar as informações necessárias.

Neste estudo de caso, a proposição utilizada foi "qual a relação de situações onde há objetos roubados ou furtados?". Ela será utilizada para construir uma consulta SPARQL a fim de obter os resultados esperados.

As consultas SPARQL possibilitam a obtenção de resultados os quais podem ser quantificados e analisados, permitindo que os operadores de sistemas de gerenciamento de riscos tomem a decisão mais assertiva.

```
SELECT ?tipo_situacao ?tipo_objeto (count(distinct ?objeto) as ?total)
WHERE {
  ?situacao dados:afeta ?vitima .
  ?situacao rdf:type ?tipo_situacao .
  FILTER regex(str(?tipo_situacao), '(furto|roubo)+#', 'i') .
  ?vitima dados:possui|dados:tem ?objeto .
  ?objeto rdf:type ?tipo_objeto .
  FILTER regex(str(?tipo_objeto), 'objeto#', 'i') .
}
GROUP BY ?tipo_situacao ?tipo_objeto
ORDER BY ?tipo_situacao DESC(?total)
```

É observável no Quadro 2 a existência de dados relevantes para uma análise, como o tipo de objeto mais furtado ser da classe Documento, enquanto o mais roubado pertence à classe Objeto. Os dados classificados como Objeto na coluna *tipo\_objeto* são aqueles os quais não puderam ter o seu tipo real identificado no momento da criação das instâncias.

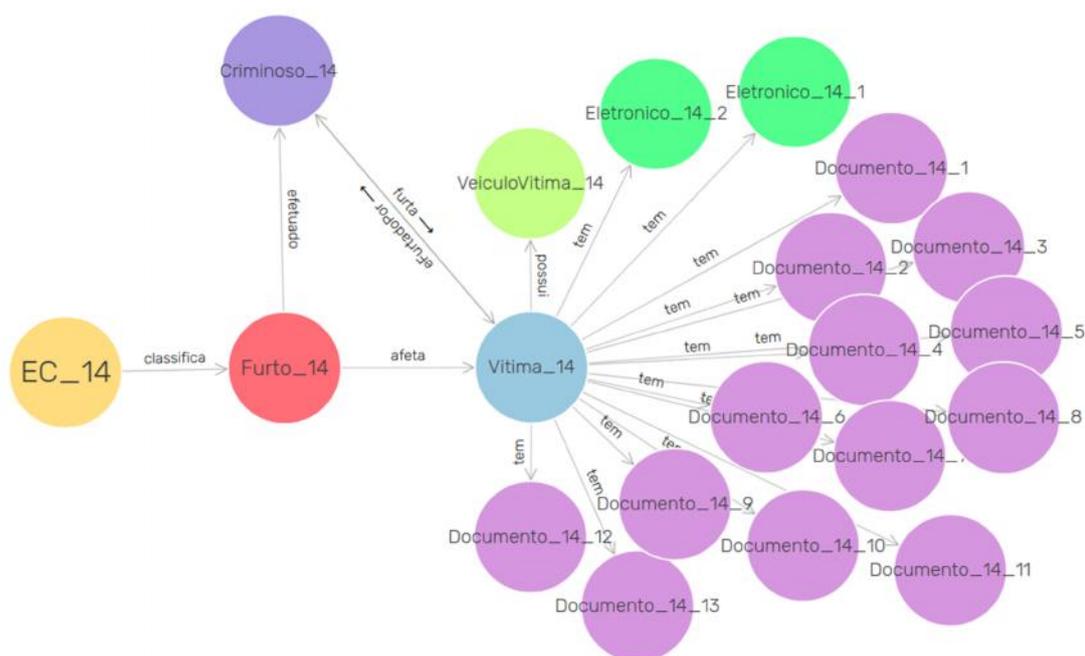
**Quadro 2** - Resultado Quantificado da Proposição

<b>tipo_situacao</b>	<b>tipo_objeto</b>	<b>total</b>
furto:Furto	objeto:Documento	“24” <sup>^^xsd:integer</sup>
furto:Furto	objeto:Veiculo	“8” <sup>^^xsd:integer</sup>
furto:Furto	objeto:Objeto	“3” <sup>^^xsd:integer</sup>
furto:Furto	objeto:Acessorio	“2” <sup>^^xsd:integer</sup>
furto:Furto	objeto:Eletroeletronico	“2” <sup>^^xsd:integer</sup>
roubo:Roubo	objeto:Objeto	“13” <sup>^^xsd:integer</sup>
roubo:Roubo	objeto:Acessorio	“1” <sup>^^xsd:integer</sup>
roubo:Roubo	objeto:Documento	“1” <sup>^^xsd:integer</sup>
roubo:Roubo	objeto:Veiculo	“1” <sup>^^xsd:integer</sup>

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

A partir das informações geradas pelo sistema de gerenciamento de riscos, os operadores podem utilizá-las como insumo a fim de proporcionar um melhor cenário de acordo com as tomadas de decisões realizadas de acordo com o nível de SAW atingido.

**Figura 2** - Exemplo de Instância da Ontologia



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um processo de quantificação de informações em situação de risco, por meio de abordagem semântica. Este, por sua vez, estava englobado em um objetivo mais generalizado, que foi caracterizado pela obtenção e manutenção de SAW de operadores de sistemas de gerenciamento de riscos.

Foi constatado que por meio de consultas específicas, de acordo com a necessidade do operador, é possível utilizar as informações geradas para mensurar aquilo que se deseja saber baseando-se nos dados que estão contidos nas ocorrências mediante as instâncias da ontologia.

Os resultados quantificados dentro de um modelo semântico permitiram demonstrar que a contextualização é fundamental para que se tenha uma noção do todo, como foi o caso do exemplo dado no estudo de caso referente à relação de locais públicos ou privados onde ocorreram furtos e roubos. Pelo fato de ser um domínio complexo e de requerer constante estudo, os resultados apresentados são comprobatórios de que o processo de quantificação se faz necessário para a tomada de decisão mais assertiva por operadores.

Devido a aleatoriedade de eventos que podem existir dentro do domínio, falhas podem ocorrer perante a quantificação, o que pode levar o operador de sistema de gerenciamento de riscos tomar a decisão errada, podendo causar prejuízos à vida e ao patrimônio. Portanto, como parte dos trabalhos futuros o processo proposto deverá ser aperfeiçoado unindo os resultados quantificados à qualidade de informação.

Deste modo se conclui que gerar insumos para sistemas que demandam de análises quantitativas torna-se um instrumento indispensável para cumprir com a aquisição e manutenção do nível de compreensão de SAW, ou seja, a compreensão da situação atual. Isto permite que o operador utilize tais informações para atingir o nível de projeção de SAW, a projeção de estados futuros em uma situação de risco.

## ***Process of Quantitative Analysis of Criminal Events Using Semantic Approach***

### ***ABSTRACT***

Managing risk information using criminal data presents challenges associated with Situational Awareness (SAW), such as dynamicity, heterogeneity, variety and volume of data. These challenges impose difficulties regarding the representation of information of victims, criminals, location and the specification of crime situations. Correctly representing information from the criminal domain will contribute to quantitative data analysis processes, generating better support for humans to acquire SAW and consequently more assertive decision-making. In this context, the state-of-the-art in semantic models to represent risks and crimes presents gaps that restrict the quantification of entities and relevant characteristics of critical situations. Cognizant to this gap, this paper presents a process of quantification of ontology data for the domain of risk management of criminal data, aiming to support the extraction of specific data on crimes, to increase the support for criminal analysts to obtaining SAW. To this end, three strategies were used: a goal-directed task analysis; an analysis of vocabularies and properties in the criminal context; the development of a new ontology for the representation of criminal data. Results indicate that the developed process is capable of measuring information present in the ontology, such as

objects stolen or robbed by criminals, which can contribute to a criminal analyst acquiring and maintaining SAW on the criminal incidence of urban areas.

**Keywords:** Situational Awareness. Ontologies. Quantitative Analysis. Risks Management.

---

## REFERÊNCIAS

BASILI, V. R. **Quantitative Evaluation of Software Methodology**. [S.l.], 1985.

BOLSTAD, C. A. et al. Using goal directed task analysis with army brigade officer teams. In: SAGE PUBLICATIONS SAGE CA: LOS ANGELES, CA. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**. [S.l.], 2002. v. 46, n. 3, p. 472–476.

BOSSÉ, É.; ROY, J.; WARK, S. **Concepts, Models, and Tools for Information Fusion**. [S.l.]: Artech House, Incorporated, 2007. (Artech House intelligence and information operations library). ISBN 9781596930810.

BOTEGA, L. C. **Modelo de Fusão Dirigido por Humanos e Ciente de Qualidade de Informação**. 247 p. Tese (Doutorado) — UFSCar - Universidade Federal de São Carlos, 2016.

ENDSLEY, M. R. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, SAGE Publications**, v. 37, n. 1, p. 32–64, 1995.

ENDSLEY, M. R.; GARLAND, D. Theoretical underpinnings of situation awareness: A critical review. **Situation awareness analysis and measurement**, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ, p. 3–32, 2000.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; JURISTO, N. **Methontology: from ontological art towards ontological engineering**. American Association for Artificial Intelligence, 1997.

ALENCAR FILHO, E. . **Iniciação à lógica matemática**. [S.l.]: NBL Editora, 2002.

FLUIT, C.; SABOU, M.; HARMELEN, F. V. Ontology-based information visualization: toward semantic web applications. In: **Visualizing the semantic web**. [S.l.]: Springer, 2006. p. 45–58.

GLUZ, J. C. **Formalização da comunicação de conhecimentos probabilísticos em sistemas multiagentes: uma abordagem baseada em lógica probabilística**. 250 p. Tese (Doutorado) – UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

GÓMEZ-PÉREZ, A.; BENJAMINS, R. Overview of knowledge sharing and reuse components: Ontologies and problem-solving methods. In: **IJCAI AND THE SCANDINAVIAN AI SOCIETIES. CEUR WORKSHOP PROCEEDINGS**. [S.l.], 1999.

GU, T. et al. An ontology-based context model in intelligent environments. In: SAN DIEGO, CA, USA. **Proceedings of communication networks and distributed systems modeling and simulation conference**. [S.l.], 2004. v. 2004, p. 270–275.

GUARINO, N. Formal ontology and information systems. In: **Proceedings of FOIS**. [S.l.: s.n.], 1998. v. 98, n. 1998, p. 81–97.

ISOTANI, S.; BITTENCOURT, I. I. **Dados abertos conectados**: em busca da Web do conhecimento. [S.l.]: Novatec Editora, 2015.

KOKAR, M. M.; MATHEUS, C. J.; BACLAWSKI, K. Ontology-based situation awareness. **Information Fusion**, Elsevier, v. 10, n. 1, p. 83–98, 2009.

MACGREGOR, R. M.; KO, I.-Y. Representing contextualized data using semantic web tools. In: **PSSS**. [S.l.: s.n.], 2003.

MATHEUS, C. J.; KOKAR, M. M.; BACLAWSKI, K. A core ontology for situation awareness. In: **Proceedings of the Sixth International Conference on Information Fusion**. [S.l.: s.n.], 2003. v. 1, p. 545–552.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. **Ontology development 101: A guide to creating your first ontology**. [S.l.]: Stanford knowledge systems laboratory technical report KSL-01-05 and Stanford medical informatics technical report SMI-2001-0880, Stanford, CA, 2001.

SANTARÉM SEGUNDO, J. E. Web semântica, dados ligados e dados abertos: uma visão dos desafios do Brasil frente às iniciativas internacionais. **Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação**, v. 8, n. 2, 2015. Disponível em: <<http://inseer.ibict.br/ancib/index.php/tpbci/article/view/207/272>>. Acesso em: 07 jun. 2017.