



INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA DE INFORMAÇÕES
EM SEGURANÇA PÚBLICA

Relatório Final de Projeto
Abordagem de Governança

VITÓRIA
2019

1 - Introdução

Um desafio comum em grandes organizações é a interoperabilidade dos sistemas de informação (SIs) que são desenvolvidos de maneira independente. Esses SIs são descentralizados, heterogêneos, independentes e não integrados. Uma resposta comum a esse desafio é o uso de uma ontologia como uma “interlíngua” que permite os diferentes SIs interoperar [1]. Neste tipo de abordagem, uma ontologia é especificada para capturar a conceituação subjacente aos vários sistemas a serem integrados, e desta forma, facilitando a interoperabilidade semântica dos mesmos.

Estratégias de integração baseadas em ontologias têm sido empregadas com sucessos em vários domínios, com atenção significativa ao escopo de e-Government (e-Gov)[2][3]. No contexto de e-Gov, os sistemas geralmente são: (i) comissionados e mantidos por diferentes agências de Administração Pública; (ii) desenvolvidos para atender a diferentes tarefas; e (iii) estruturado para prover suporte a diferentes processos de negócio. Essas características tem importantes implicações nos esforços de integração.

Levando em consideração a aplicabilidade desse tipo de iniciativa de integração de e-Gov baseada em ontologias e considerando a relevância da disponibilidade de informações de qualidade na elaboração de políticas públicas voltadas para Prevenção, Proteção e Defesa Social, o objetivo deste trabalho é apresentar uma abordagem de governança de informações de Segurança Pública com base em modelos conceituais de referência. Para tal, foi dada ênfase à interoperabilidade semântica de sistemas de informação heterogêneos, os quais contém informações atualmente desarticuladas (sistemas mantidos pela Secretaria de Segurança Pública e demais secretarias e órgãos do Governo do Estado).

A abordagem proposta prevê o alinhamento de fontes heterogêneas de dados com base em ontologias de referência. Contudo, nesse cenário de integração, uma solução baseada em apenas uma ontologia monolítica se tornaria difícil de manipular, utilizar e manter. De acordo com [1][4], é mais apropriado dividir o modelo ontológico em ontologias modulares consistentemente interligadas, que tendem a ser mais fácil de serem desenvolvidas e reusadas. Neste contexto, uma rede de ontologias (ON – *Ontology Network*) é vista como uma abordagem adequada para o desenvolvimento, integração, manutenção e gerenciamento de uma série de ontologias interligadas. Ontologias em rede são ontologias que compartilham conceitos e relações em um contexto de uma rede.

Além disso, dada a complexidade da iniciativa deste projeto, para desenvolver os modelos conceituais foi necessário primeiramente analisar e entender todos os conceitos que

circundam o domínio de Segurança Pública, provendo uma visão geral dos vários processos de SIs que existem no domínio. A respeito disso, enquanto representações textuais são fáceis de produzir e editar, elas não são fortes ferramentas de comunicação como modelos gráficos. Uma representação gráfica ilustrando o domínio e suas inter-relações é muito útil durante o processo de aquisição do conhecimento [5]. Neste contexto, a disciplina de Arquitetura Corporativa de TI (EA – *Enterprise Architecture*) aparece como uma maneira de gerenciar os conhecimentos presentes no domínio de estudo e o descreve pelo uso de descrições arquiteturais (ou modelos) [5, 6]. As descrições arquiteturais proveem um efetivo e menos custoso alinhamento entre a tecnologia de informação e os processos, serviços, atores da organização [6, 8]. Portanto, eles ajudam os engenheiros de ontologias a realmente entender a ambiente organizacional e os conceitos que a ontologia a ser desenvolvida precisa abranger. Em outras palavras, para compreender o domínio de forma ampla, foram desenvolvidos modelos EA inicialmente para entender os processos e sistemas da organização, para depois desenvolver um modelo conceitual (ontologia) que explicasse os conceitos existentes no domínio, este último que seria utilizado na interoperabilidade semântica.

Motivado pelos potenciais benefícios de Redes de Ontologias e de Arquitetura Corporativa em iniciativas para e-Gov, nós investimos sua sinergia no contexto desse projeto de interoperabilidade em segurança pública. Durante os primeiros passos do projeto, nós identificamos diversas questões abertas: Como detectar problemas de interoperabilidade entre SIs de e-Gov? Quais são os conceitos compartilhados entre os vários SIs de e-Gov? Quais são os conceitos compartilhados entre os vários SIs de e-Gov para serem integrados? Como levantar o conhecimento para um ON que seria utilizada no projeto de integração? Como definir o alcance e profundidade da ON para esse propósito? Como modularizar a ON definindo o foco em cada ontologia da rede?

Dada essas questões, nós desenvolvemos um estudo inicial em conjunto com as agências de segurança pública (SESP, SEJUS, TJ-ES, MP-ES) a fim de compreender o domínio de segurança pública, com ênfase em crimes dolosos contra a vida. Nosso estudo começou com o desenvolvimento de um modelo de processo de negócio EA *as-is* (como está) para analisar e entender o processo de crime doloso contra a vida (PCDV) e os conceitos relacionados. Esta estratégia nos ajudou a identificar os subprocessos do PCDV (Ocorrência Policial, Investigação, Indiciamento, Denúncia, Julgamento, Execução Penal e Cumprimento da Pena), a infraestrutura dos SIs que apoiam esses processos (ex: DEON, SIEP, INFOPEN) e os dados que fluem através dos processos (ex: Boletim de Ocorrência,

Inquérito Policial, Ficha de Execução Penal). Em adicional, esse modelo *as-is* nos proveu um diagnóstico de possíveis causas dos problemas de interoperabilidade.

Após desenvolvido o modelo *as-is*, e inspirado por [9], nós decidimos lidar com os problemas de interoperabilidade usando ontologias organizadas como uma ON, que nós chamamos PCDV-ON (Rede de Ontologias sobre Processo de Crime Doloso Contra a Vida). Ademais, para auxiliar na aquisição do conhecimento para o desenvolvimento da PCDV-ON, nós utilizamos o modelo EA, previamente desenvolvido, como um artefato não ontológico [4]. Nós acreditamos que essa abordagem provou ser útil porque o domínio de interesse (Crimes Dolosos contra Vida) é orientado a processos. Neste contexto, o modelo EA foi usado para: (i) auxiliar a delimitar o escopo e apontar os principais conceitos e relações gerais para a ON; (ii) orientar a partição do domínio do assunto em ontologias de domínio mais específicas da rede; (iii) revelar possíveis relações entre os domínios das ontologias da rede; (iv) apontar conceitos comuns e relações que estão presentes nas ontologias de domínio da rede e que precisam ser usadas para interligar tais ontologias.

Depois que todas ontologias da rede PCDV-ON foram desenvolvidas, partimos para a etapa de desenvolvimento da solução para a interoperabilidade semântica dos SIs. Nós empregamos uma abordagem baseada em ontologias para integração de dados, chamada OBA-SI (*Ontology Based Approach for Semantic Integration*) [10]. OBA-SI usa ontologias para analisar os modelos conceituais de aplicações a serem integradas. Mapeamento semânticos são definidos entre os modelos conceituais das aplicações e entre os modelos conceituais e a ontologia, para estabelecer uma semântica comum entre esses. Neste caso a PCDV-ON foi utilizada como uma “interlíngua” para atribuir semântica aos elementos compartilhados, mapeando conceitos dos modelos conceituais das aplicações para os conceitos da PCDV-ON.

Dentre as aplicações que apoiam o PCDV, nós optamos por desenvolver os mapeamentos dos sistemas que apoiam o processo de investigação e de execução penal, que são respectivamente, DEON, que é mantido pela Secretaria de Segurança Pública (SESP) e INFOPEN, desenvolvido pela Secretaria de Justiça do Estado do Espírito Santo (SEJUS) em parceria com o Tribunal de Justiça deste Estado e o Instituto de Tecnologia da Informação e Comunicação do Estado do Espírito Santo (Prodest). Tal escolha foi apoiada por considerarmos esses dois processos os maiores obstáculos do PCDV, uma vez que eles produzem/consomem uma grande quantidade de dados no PCDV. O principal propósito de realizar o mapeamento dessas aplicações é prover informações úteis que auxiliam a monitorar crime violentos investigados e as condenações relativas a eles. Tais informações

são de suma importância, principalmente como forma de potencializar a efetividade e as ações preventivas no campo da segurança pública.

Por fim, após finalizados os mapeamentos dos sistemas, nós propusemos o desenvolvimento de um sistema inteligente, chamado INTERSEP, que seria capaz de responder a perguntas que cruzam os domínios de investigação e condenação, tais como: “Qual percentual de indiciamentos tipificados como homicídio levaram a condenações pelo Art.121?”.

Esse documento apresenta a Abordagem de Governança utilizada para realizar a interoperabilidade semântica do domínio de segurança pública, resultado do projeto de pesquisa "Interoperabilidade Semântica de Informações em Segurança Pública", contemplado no edital FAPES 13/2014 e vigente durante o período de 01/11/2015 a 30/10/2019. Este documento é estruturado como segue: a Seção 2 provê um embasamento teórico necessário para entender os passos da abordagem; a Seção 3 apresenta os passos abordagem apresentada; a Seção 4 apresenta algumas considerações finais.

2 - Referencial Teórico

Nesta seção é apresentado o referencial teórico necessário para a aquisição dos conhecimentos utilizados nos capítulos subsequentes. Para isso, o capítulo encontra-se assim organizado: a Seção 2.1 trata da disciplina de Arquitetura Corporativa de TI; a Seção 2.2 apresenta o framework de modelagem e estruturação de arquiteturas corporativas ArchiMate; a Seção 2.3 faz uma breve introdução sobre ontologias; a Seção 2.4 explica o que são redes de ontologias; a Seção 2.5 apresenta um método para engenharia de ontologias, utilizado neste trabalho, o método SABiO; a Seção 2.6 apresenta a linguagem OntoUML, que será empregada neste trabalho para a construção das ontologias; a Seção 2.7 fala sobre interoperabilidade semântica, que é o problema central neste trabalho; e por fim, a Seção 2.8 apresenta uma abordagem para interoperabilidade semântica com base em ontologias, o método OBA-SI.

2.1 *Arquitetura Corporativa de TI*

Uma definição ampla de Arquitetura Corporativa de TI (EA - *Enterprise Architecture*) é apresentada por Lankhorst [11]: “Arquitetura Corporativa de TI consiste em um conjunto completo e coerente de princípios, métodos e modelos que são utilizados no projeto e implementação de uma estrutura organizacional, processos de negócios, sistemas de informação ou infraestrutura”.

Segundo Lankhorst [11], organizações precisam de Arquiteturas Corporativas de TI como um instrumento para operacionalização de políticas e estratégias corporativas. Além disso, de acordo com Cardoso [12], as arquiteturas corporativas de TI auxiliam a organização provendo uma base comum para as operações diárias da mesma, o que é útil para determinar as necessidades e prioridades nas mudanças realizadas na organização, bem como para determinar como a organização pode se beneficiar das mudanças tecnológicas do ambiente.

Arquiteturas Corporativas de TI são um poderoso mecanismo para gerenciar a complexidade das organizações [11,13]. O primeiro passo para tirar vantagem do uso de alguma abordagem arquitetural é a documentação dos aspectos-chaves da organização. Nesse contexto, linguagens de modelagem são empregadas com o objetivo de capturar a essência e as evoluções da organização e dos sistemas de informação presentes nela, para tornar assim, a organização mais flexível e mais adaptativa a evoluções, minimizando os riscos, auxiliando no gerenciamento dos diversos domínios do conhecimento presentes na organização, dando

suporte ao processo de tomada de decisão e melhorando a comunicação entre os *stakeholders* [12,14].

O uso de Arquiteturas Corporativas de TI torna o alinhamento entre tecnologia da informação e os processos, serviços, atores, entre outros componentes do negócio pertencentes à organização mais eficaz e menos oneroso. É fundamental observar que existem alguns problemas que atrapalham o entendimento da organização, tal como: tamanho e complexidade das organizações, dos seus processos, dos seus sistemas de informação, de suas infraestruturas de TI; existem constantes mudanças nos negócios e nas tecnologias; dificuldade na gestão das informações; etc.

O conceito de Arquitetura Corporativa de TI é de tal importância acadêmica e governamental que diversos trabalhos acadêmicos e governamentais estão presentes na literatura. Com a necessidade de entender e gerenciar a evolução de organizações complexas e seus sistemas de informação, grande parte destes trabalhos se concentra no desenvolvimento de frameworks para modelagem e estruturação de arquiteturas corporativas, incluindo o framework Zachman¹, TOGAF² em conjunto com a linguagem ArchiMate, DoDAF³, MODAF⁴, NAF⁵, RM-ODP⁶, e ARIS⁷.

Por meio do uso de um framework de modelagem é possível documentar os conceitos do negócio, das aplicações, de infraestrutura e outros conceitos relacionados aos mesmos que sejam relevantes, além de perspectivas e aspectos desejáveis para atender o(s) *stakeholder(s)* no desenvolvimento de um projeto de software [11].

A utilização de um framework de arquitetura corporativa possibilita não somente a estruturação do conhecimento do domínio organizacional de forma sistemática, mas também visa prover ferramentas para análise de desempenho organizacional, análise de impactos e também prover um meio de realizar o alinhamento entre a estrutura organizacional e a arquitetura de TI.

A maioria desses frameworks considera uma organização como um sistema cujos elementos incluem: (i) atividades organizacionais estruturadas em processos de negócios e serviços, (ii) sistemas de informação dando suporte a atividades organizacionais, (iii) infraestruturas de tecnologias de informação (TI), e (iv) estruturas organizacionais (revelando

1 <https://www.zachman.com/about-the-zachman-framework>

2 <https://www.opengroup.org/togaf>

3 <https://dodcio.defense.gov/library/dod-architecture-framework/>

4 <https://www.gov.uk/guidance/mod-architecture-framework>

5 https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_157575.htm?

6 https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-34882-7_1

7 <http://www.pera.net/Methodologies/ARIS/ARIS.html>

atores organizacionais, papéis e unidades organizacionais) [15]. Dentre os frameworks neste trabalho adotamos o uso do ArchiMate.

2.2 ArchiMate

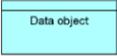
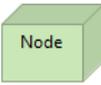
ArchiMate é um framework de modelagem EA e também uma linguagem de modelagem EA [11,16]. Seu principal propósito é promover a integração de vários pontos de vista na arquitetura organizacional, promovendo comunicação entre *stakeholders* e análise de vários aspectos da organização [16].

A característica central do ArchiMate é incorporar os conceitos de um paradigma orientado a serviços. Um serviço é definido como uma unidade de funcionalidade que uma entidade (e.g., uma organização, um departamento, um sistema) provê para outra. Esta orientação a serviços permite uma visão em camadas dos modelos arquiteturais, em que o conceito de serviço é um dos links entre diferentes camadas.

Os principais elementos gráficos de ArchiMate estão dispostos em 3 camadas arquiteturais: (i) a camada de negócios – que compreende os produtos e serviços produzidos pelos processos de negócios executados por atores e papéis; (ii) a camada de aplicação – que compreende os softwares de aplicação que suportam a camada de negócios; e (iii) a camada de tecnologia – que compreende elementos de infraestrutura. Os elementos dessas 3 camadas que serão utilizados neste trabalho estão representados na Tabela 1, os amarelos representam os elementos da camada de negócio, os azuis da camada de aplicação e os verdes da camada de tecnologia.

Tabela 1: Elementos das Camadas de Negócio, Aplicação e Tecnologia de ArchiMate [16]

| Descrição | Notação |
|---|---|
| Ator de Negócio (<i>Business actor</i>) – é uma entidade de negócio que é capaz de realizar um comportamento. Um ator de negócio pode estar associado a um ou mais papéis de negócio. Ele pode então realizar o comportamento que esses papéis estão atribuídos. |  |
| Papel de Negócio (<i>Business role</i>) – é um comportamento específico que um ator de negócio exerce em determinado momento. A partir do momento que um ator exerce um papel, responsabilidades e habilidades específicas moldam seu comportamento na organização. Múltiplos atores podem exercer o mesmo papel, e inversamente, um ator pode exercer múltiplos papéis. |  |
| Processo de Negócio (<i>Business process</i>) - descreve um conjunto de atividades desempenhado por papéis organizacionais, com o objetivo de atingir algum objetivo organizacional. Um processo pode possuir outros processos internamente |  |

| | |
|---|---|
| (subprocessos), que são como etapas do processo principal e podem ser executados em sequência ou paralelamente. | |
| Objeto de Negócio (<i>Business object</i>) - é definido como um elemento passivo que possui relevância na perspectiva do negócio. Esse representa um importante elemento de informação e conceitos da organização. Geralmente, o objeto de negócio é usado para modelar um tipo de objeto que em alguns momentos pode existir dentro da organização. Os objetos de negócio podem ser acessados, para consulta de suas informações, por: processos de negócio, funções de negócio, eventos de negócio, interações de negócio ou por serviços de negócios. |  |
| Representação (<i>Representation</i>) - é definida como uma forma perceptível da informação transportada por um objeto de negócio (por exemplo, mensagens ou documentos). Um único objeto de negócio pode possuir várias representações diferentes que podem ser classificadas por meio (eletrônico, papel, áudio, etc.) ou por formato (HTML, ASCII, PDF, RTF, etc.); e uma representação pode realizar um ou mais objetos de negócio específicos. |  |
| Componente de Aplicação (<i>Application Component</i>) - representa um encapsulamento de funcionalidades alinhados a uma estrutura implementada. |  |
| Serviço de Aplicação (<i>Application Service</i>) - Um serviço de aplicação expõe a funcionalidade dos componentes de aplicação envolvidos no negócio, e essas funcionalidades podem ser acessadas por uma ou mais interfaces de aplicação. Um ou mais componentes de aplicação podem realizar o serviço. |  |
| Objeto de Dados (<i>Data Object</i>) - representa uma estrutura de dados para um processamento automatizado. |  |
| Nodo (<i>Node</i>) - é definido como um recurso computacional em que artefatos podem ser armazenados ou implantados para execução. Nodos são, por exemplo, usados para servidores de aplicações, servidores de banco de dados, ou estações de trabalho de clientes. Um nodo é geralmente uma combinação de um dispositivo de hardware e um software, proporcionando um ambiente de execução completa. |  |
| Dispositivo (<i>Device</i>) - é um recurso de hardware em que artefatos podem ser armazenados ou implantados para execução. Um dispositivo é uma especialização de um nodo que representa um recurso físico com capacidade de processamento. É tipicamente usado para modelar sistemas de hardware tal como mainframes, computadores ou roteadores. |  |
| Sistema de Software (<i>Software System</i>) - representa um software do negócio para tipos específicos de componentes e objetos que é implantado a partir dos artefatos. O sistema de software é uma especialização do nodo, é usado para modelar software do negócio com artefatos rodando, como por exemplo: um sistema operacional, um servidor de aplicação JEE (Java Edição Empresarial), um sistema de banco de dados, uma ferramenta de <i>workflow</i> . |  |
| Serviço de Tecnologia (<i>Technology service</i>) - Um serviço de infraestrutura demonstra qual é a funcionalidade de um elemento de tecnologia. Essa funcionalidade é acessada por uma ou mais interfaces de infraestrutura. |  |

| | |
|--|---|
| <p>Artefato (<i>Artifact</i>) - é definido como um pedaço físico (concreto) de um dado usado ou produzido por um processo de desenvolvimento de software, ou para implantação e operação de um sistema.</p> |  |
|--|---|

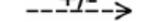
Além das camadas principais de ArchiMate, ele também conta com algumas extensões ao metamodelo, uma delas é a visão motivacional, que também será utilizada neste trabalho. A visão motivacional explora elementos sobre aspectos motivacionais que capturam e justificam as necessidades do negócio, o que é preciso alcança-las e quais os planos para chegar lá. Os elementos da visão motivacional que serão utilizados neste trabalho estão representados na Tabela 2.

Tabela 2: Elementos da Visão Motivacional de ArchiMate [16]

| Descrição | Notação |
|--|---|
| <p>Stakeholder - representa um papel de um indivíduo, equipe ou organização, que possui interesses ou preocupações em relação a organização e sua arquitetura corporativa. A fim de direcionar seus esforços para esses interesses e preocupações, os <i>stakeholders</i> podem mudar, definir e enfatizar algum objetivo. Clientes e acionistas de uma organização são exemplos de <i>stakeholders</i>.</p> |  |
| <p>Driver - é definido como algo que cria, motiva e alimenta as mudanças na organização. Os drivers podem ser internos, em que geralmente estão ligados a um <i>stakeholder</i>, ou externos a organização.</p> |  |
| <p>Assessment - é definido como o resultado da análise de algum driver, que pode revelar as vantagens, desvantagens, oportunidades ou ameaças relacionadas a alguma área da organização. Esses resultados podem influenciar na adaptação de objetivos existentes ou a criação de novos objetivos, que podem ativar mudanças na arquitetura corporativa.</p> |  |
| <p>Goal - representa um estado final que um <i>stakeholder</i> está intencionado a atingir. Os Goals são geralmente expressados usando palavras de qualidade; e.g., “melhorar”, “aumentar”, “facilitar” ou “reduzir”; e podem representar qualquer coisa que o <i>stakeholder</i> deseja alcançar</p> |  |
| <p>Requirement - é definido como algo que precisa ser realizado por um sistema, onde o termo “sistema” pode ser representado como um conjunto de (funcionalidades) elementos relacionados, onde cada elemento pode ser considerado com um outro sistema, deste modo, um sistema pode referir-se a qualquer elemento estrutural ativo, elemento comportamental, ou elemento estrutura passivo de alguma organização, tal como atores de negócio, componentes de aplicação, processos de negócio, serviços de aplicação, objetos de negócio, ou objetos de dados.</p> |  |
| <p>Outcome – representa uma intenção qualitativa que deve ser atingida por uma arquitetura corporativa.</p> |  |

Por fim, sobre as relações que existem entre os elementos, neste trabalho focaremos apenas nas apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Relações de ArchiMate [16]

| Descrição | Notação |
|---|---|
| Associação (<i>Association</i>) - modela a relação entre objetos que não foram atendidos por outras relações mais específicas. |  |
| Composição (<i>Composition</i>) - indica que um elemento consiste no comportamento de um ou mais outros elementos |  |
| Agregação (<i>Aggregation</i>) – indica que um elemento agrupa vários outros elementos. |  |
| Atribuição (<i>Assignment</i>) – expressa a alocação de responsabilidade, comportamento ou execução. |  |
| Usado por (<i>Used By</i>) – modela que um elemento prove sua funcionalidade para outro. |  |
| Realização (<i>Realization</i>) - liga uma entidade lógica com uma mais concreta que a realizará. |  |
| Disparo (<i>Triggering</i>) - descreve uma relação temporal ou causal entre processos, funções, interações e eventos. |  |
| Influência (<i>Influence</i>) – modela se um elemento afeta a implementação ou realização de algum elemento motivacional |  |

2.3 Ontologias

O termo Ontologia (em maiúsculo) designa um ramo da metafísica que estuda os aspectos mais gerais da realidade; a própria existência. Atualmente, ontologias servem como contrato entre diferentes interlocutores, onde regras bem definidas são utilizadas para designar um sistema de categorias independentes de linguagem, usadas para contextualização de teorias científicas [17].

As ontologias estão presentes na Ciência da Computação no âmbito de Inteligência Artificial e Representação do Conhecimento desde meados dos anos 60. Nesse contexto, ontologias são utilizadas para designar “um artefato de engenharia criado usando um vocabulário específico e usado para descrever uma porção da realidade, além de um conjunto explícito de premissas a respeito do significado pretendido com as palavras do

vocabulário” [18].

Ontologias podem ser classificadas de diversas formas, sendo uma delas acerca do seu grau de generalidade. Nessa classificação, como mostra a Figura 1, as mesmas são classificadas em quatro categorias diferentes: Ontologias de Fundamentação, Ontologias de Domínio, Ontologias de Tarefa e Ontologias de Aplicação [18].

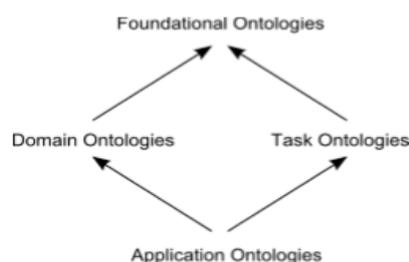


Figura 1: Classificação de ontologias mediante nível de generalidade [18].

Ontologias de fundamentação trazem conceitos que podem ser categorizados independentemente de domínio (parte, todo, papel, espaço, tempo). Exemplos dessas ontologias são a *Unified Foundational Ontology* (UFO) [17] e *Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering* (DOLCE) [19].

No próximo nível se encontram as ontologias de domínio e de tarefa. Como o nome diz, ontologias de domínio tratam apenas de um determinado domínio da realidade (crimes, finanças, saúde) e tentam ser o mais geral possível, tentando abranger os conceitos envolvidos em tais domínios. Ontologias de Tarefa descrevem uma tarefa genérica como vendas ou diagnóstico. Elas são independentes de domínio e podem atravessar diferentes domínios para descrever tais tarefas [20]. Ontologias de aplicação são especializações de ontologias de domínio e/ou tarefa. Tais ontologias servem para descrever um subdomínio das ontologias de nível superior, utilizando conceitos mais específicos.

2.4 Redes de Ontologias

Grandes ontologias monolíticas podem se mostrar difíceis de serem usadas para resolver problemas, uma vez que são difíceis de manipular, usar e manter [21]. É mais apropriado dividir o modelo ontológico em módulos ontológicos consistentemente interligados, que facilitam o *design* e o reuso [22].

Neste caso, uma Rede de Ontologias (*Ontology Network*) é a abordagem mais adequada para o desenvolvimento, garantindo a integração, manutenção e gestão de todo o conjunto de ontologias inter-relacionadas. Em outras palavras, uma rede de ontologias é uma coleção

de ontologias relacionadas através de uma variedade de relacionamentos, tais como alinhamento, modularização e dependência. Uma ontologia em rede, por sua vez, é uma ontologia que está incluída em tal rede, compartilhando conceitos e relações com outras ontologias.

No contexto deste trabalho, uma Rede de Ontologias se mostra útil para unir vários conceitos acerca do domínio da Segurança Pública que estão separados nas diferentes ontologias que modelam todo o processo de acompanhamento de crimes dolosos contra a vida. As ontologias de domínio da rede estão ligadas por relações de dependência que refletem que conceitos de uma ontologia são necessários no contexto de outra ontologia. Isso mostra que existem conceitos nas ontologias de domínio que estão interligados, reforçando assim a ideia de uma rede.

2.5 *OntoUML*

OntoUML é um perfil para diagramas de classes da UML que foi definido por Guizzardi [17]. A linguagem fundamenta os conceitos de UFO (*Unified Foundational Ontology*) [33] utilizando as primitivas de modelagem de diagramas de classes UML (classes, relações, entidades fracas), introduzindo distinções ontológicas diretamente na sintaxe abstrata de UML e restringindo a interpretação dos conceitos modelados. OntoUML, então, é um perfil de UML que consiste de diversos estereótipos e valores marcados para classes e associações. Sua grande vantagem é que a mesma provê uma semântica formal e restrita para as primitivas de modelagem por que está localizada no nível ontológico [18]. Assim, a explicação da aplicação dos estereótipos de OntoUML é idêntica à aplicação dos tipos universais correspondentes da UFO-A [17].

OntoUML possui, ainda, diversas regras sintáticas que restringem a estereotipação das classes de acordo com a semântica de cada estereótipo. A Tabela 4 resume os tipos de elementos de modelagem de OntoUML.

Tabela 4: Elementos de Modelagem de OntoUML [17]

| Estereótipos | Descrição |
|---------------|---|
| «kind» | Representa um <i>Sortal</i> cujas instâncias são <i>functional complexes</i> . Exemplos: Pessoa, Livro, Avião. |
| «collectives» | Representa um <i>Substance Sortal</i> cujas instâncias são <i>quantities</i> . Exemplos: Floresta, Baralho, Orquestra. |
| «quantity» | Representa um <i>Substance Sortal</i> cujas instâncias são <i>collectives</i> . Exemplos: Argila, Vinho, Ouro. |
| «subkind» | Representa um <i>Sortal</i> rígido que herda o princípio de identidade de um <i>substance sortal</i> . Exemplos: Carnívoro, Herbívoro, Homem, Mulher. |

| | |
|-------------|---|
| «phase» | Representa um <i>Sortal</i> anti-rígido que classifica um <i>substance sortal</i> segundo uma propriedade intrínseca. Exemplos: Criança, Adolescente, Adulto, Idoso. |
| «role» | Representa um <i>Sortal</i> anti-rígido que classifica um <i>Sortal</i> segundo uma propriedade relacional. Exemplos: Estudante, Pai, Professor, Motorista. |
| «category» | Representa um não <i>Sortal</i> rígido que classifica múltiplos <i>substance sortals</i> . Exemplos: Entidade Racional (Pessoa e Agente Inteligente), Item Assegurável (Pessoa e Carro). |
| «mixin» | Representa um não <i>Sortal</i> semi-rígido que classifica múltiplos <i>substance sortals</i> . Exemplos: Colorível, Sentável. |
| «roleMixin» | Representa um não <i>Sortal</i> anti-rígido que classifica um <i>substance sortal</i> segundo uma propriedade relacional. Exemplos: Cliente, Locatário. |
| «relator» | Representa um <i>relator universal</i> cujas instâncias são existencialmente dependentes de múltiplos indivíduos. Exemplos: Casamento, Contrato, Matrícula. |
| «mode» | Representa um <i>mode universal</i> cujas instâncias são existencialmente dependentes em um único indivíduo e não são associadas a <i>quality structures</i> . Exemplos: habilidade, desejo, sintoma. |
| «quality» | Representa um <i>quality universal</i> cujas instâncias são existencialmente dependentes de um único indivíduo e são associadas a alguma <i>quality structure</i> . Exemplos: cor, peso, altura. |

A Figura 3 apresenta um exemplo de como representar um domínio utilizando a linguagem OntoUML, neste caso um **Casamento** heteroaferitivo. O *kind* **Pessoa** provê a identidade aos *subkinds* **Homem** e **Mulher**, que exercem os *roles* **Marido** e **Esposa**, respectivamente. Esses *roles* são externamente dependentes de um relator **Casamento** para que existam, i.e., caso o **Casamento** deixe de existir, os *roles* também deixam.

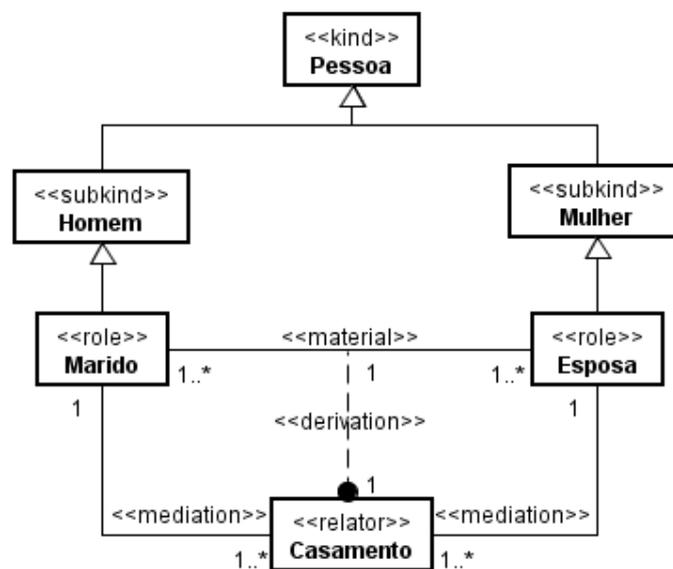


Figura 3: Exemplo de Modelo OntoUML

2.6 SABiO (*Systematic Approach for Building Ontologies*)

Por se tratar de uma atividade de desenvolvimento complexa, o desenvolvimento de ontologias de qualidade requer métodos e ferramentas apropriados [23]. Sendo assim, no contexto deste trabalho, as ontologias foram desenvolvidas utilizando o método SABiO (*Systematic Approach for Building Ontologies*). O método é focado no desenvolvimento de ontologias de domínio, sendo que as mesmas possuem dois tipos: ontologias de referência e operacionais. Ontologias de referência funcionam como tipos especiais de modelos conceituais, enquanto ontologias operacionais são implementações das ontologias que são capazes de serem lidas pela máquina (FALBO, 2014).

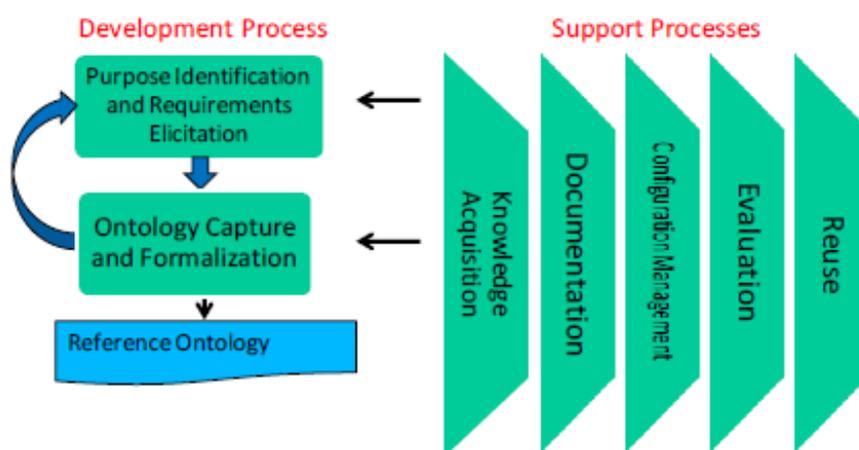


Figura 2: Fases do SABiO utilizadas no contexto deste trabalho

O método é composto de cinco fases sendo as duas primeiras necessárias para a criação de ontologias de referência e as três seguintes necessárias para as ontologias operacionais. Como neste trabalho as ontologias operacionais serão geradas por meio de transformação automática dos modelos OntoUML para OWL, as fases relativas ao desenvolvimento da ontologia operacional foram omitidas da Figura 2. Todas as fases do método são apoiadas por processos de suporte, a saber: aquisição de conhecimento, documentação, gerência de configuração, avaliação e reutilização.

No contexto deste trabalho, as fases realizadas são:

Identificação do propósito e elicitação dos requisitos

Parte do processo que lida com a identificação do objetivo da ontologia e quais seus usos pretendidos. Definidos os propósitos e os usos pretendidos com a ontologia, é necessário o levantamento dos requisitos. Os requisitos da ontologia, assim como requisitos de software, podem ser divididos em requisitos funcionais e não funcionais. Requisitos funcionais referem-se ao conhecimento representado pela ontologia e são modelados como

questões de competência, ou seja, as questões que a ontologia deve ser capaz de responder [23]. Estabelecer questões de competência é uma maneira eficaz de determinar o que é ou não é relevante para a ontologia, restringindo assim o seu escopo [23]. Já os requisitos não funcionais são aqueles que se referem a características, qualidade e aspectos gerais não relacionados ao conteúdo da ontologia [22]. Exemplos de requisitos não funcionais são: usabilidade, manutenibilidade e outros requisitos de implementação, como linguagem de implementação utilizada.

Formalização e Captura da Ontologia

O principal objetivo dessa fase é capturar a conceituação do domínio baseado nas questões de competência, onde os conceitos e relações relevantes devem ser identificados e organizados. A fase compreende quatro etapas, sendo elas: a modelagem conceitual, definição do dicionário de termos e a definição de axiomas informais e formais. A modelagem conceitual consiste na identificação dos principais conceitos e relações do domínio, na organização desses conceitos em taxonomias e na criação dos modelos que representam estas informações. Como o método sugere o uso de OntoUML, os engenheiros de ontologias devem classificar cada conceito de acordo com os tipos definidos na linguagem (kind, subkind, phase, role, etc.) [23]. O dicionário de termos consiste em um glossário onde cada conceito da ontologia deve ser explicado junto de uma fonte, para que não haja dúvida sobre a semântica de cada conceito presente na ontologia. Durante a formalização, os axiomas informais devem ser escritos em uma linguagem formal. Nessa linguagem, ao contrário da linguagem natural, existem símbolos não ambíguos e formulações que são exatas, e, assim, clareza e correção podem ser mais facilmente avaliadas [23].

Ao se desenvolver ontologias de referência, linguagens altamente expressivas devem ser utilizadas para se criar ontologias fortemente axiomatizadas que se aproximam da ontologia ideal para o domínio. Conforme o próprio método SABiO sugere, um exemplo de linguagem para representação de ontologias é OntoUML, apresentada anteriormente.

2.7 Interoperabilidade Semântica

A integração dentro de uma mesma organização ou entre organizações surge da necessidade de aperfeiçoar as interações entre pessoas, sistemas, departamentos e companhias [24]. Em organizações onde um alto nível de qualidade é exigido e existe uma grande quantidade de interações, a integração se preocupa em facilitar o compartilhamento de informações, controle e fluxo de materiais através de diversas fronteiras, conectando todas

as funções e entidades com o objetivo de melhorar a comunicação, cooperação e coordenação dentro da organização, para que ela se comporte como um todo integrado [24].

Em grande parte dessas organizações, sistemas de informação são construídos de forma independente, em contextos e por desenvolvedores diferentes, e não se preocupam em se comunicar com outros sistemas. Assim, ao se tratar de integração em sistemas de informação, um dos maiores problemas que pode ocorrer é a heterogeneidade caracterizada por conflitos semânticos e sintáticos [25]. Enquanto conflitos sintáticos ocorrem no nível estrutural, i.e., são relacionados ao vocabulário (conjunto de símbolos) e a gramática (conjunto de regras para a combinação de símbolos), conflitos semânticos ocorrem no nível conceitual, sempre que aplicações são construídas com diferentes conceituações [25, 26].

Interoperabilidade pode ser definida como a habilidade de interoperar entre duas entidades diferentes, sejam elas processos, sistemas, unidades de negócio, etc [24]. A interoperabilidade semântica, que é baseada em significado, deve ser buscada na integração de SIs, uma vez que ela é mais fidedigna do que a interoperabilidade sintática que, ao contrário, é baseada apenas no processamento de cadeias de caracteres e casamento de esquemas [27]. Em se tratando desse tipo de abordagem, ontologias são relevantes para a integração.

Dentre as abordagens existentes na literatura para a integração semântica de sistemas, em nosso trabalho utilizamos a abordagem OBA-SI [10], que será detalhada na seção seguinte.

2.8 OBA-SI (Ontology-Based Approach for Semantic Integration)

A Abordagem baseada em Ontologias para a Integração Semântica (OBA-SI) trata do processo de integração da mesma forma que um processo de desenvolvimento de software: ela possui as fases de levantamento de requisitos, análise, projeto, implementação, testes e implantação de uma solução de integração de sistemas. Izza [25] descreve vários estudos em que há utilização de ontologias para a integração de sistemas, mas muitos deles dão muita atenção a aspectos tecnológicos da solução, o que acaba interferindo na abordagem de integração semântica propriamente dita, já que aspectos tecnológicos estão impregnados nas soluções propostas [10].

Dessa forma, Calhau [10] defende que a integração semântica deve ocorrer em um nível mais alto de abstração, pois se trata de uma tarefa complexa e subjetiva, além de ser independente de como a solução de integração será projetada e implementada. O autor defende que apenas depois de considerar os requisitos de integração, compostos dos sistemas

a serem integrados, domínio e tarefas envolvidos, bem como atividades do processo a serem apoiadas, e construir o modelo conceitual da integração, os aspectos tecnológicos devem ser considerados na fase de projeto.

Para começar a integração propriamente dita são analisados modelos conceituais dos sistemas e os mesmos são comparados à luz das ontologias criadas para obtenção de uma semântica comum entre eles. São feitos então mapeamentos entre os diversos elementos dos modelos para que se consiga chegar a um acordo sobre conceitos em comum presentes na ontologia mediadora entre eles. O processo de OBA-SI é apresentado na Figura 4.

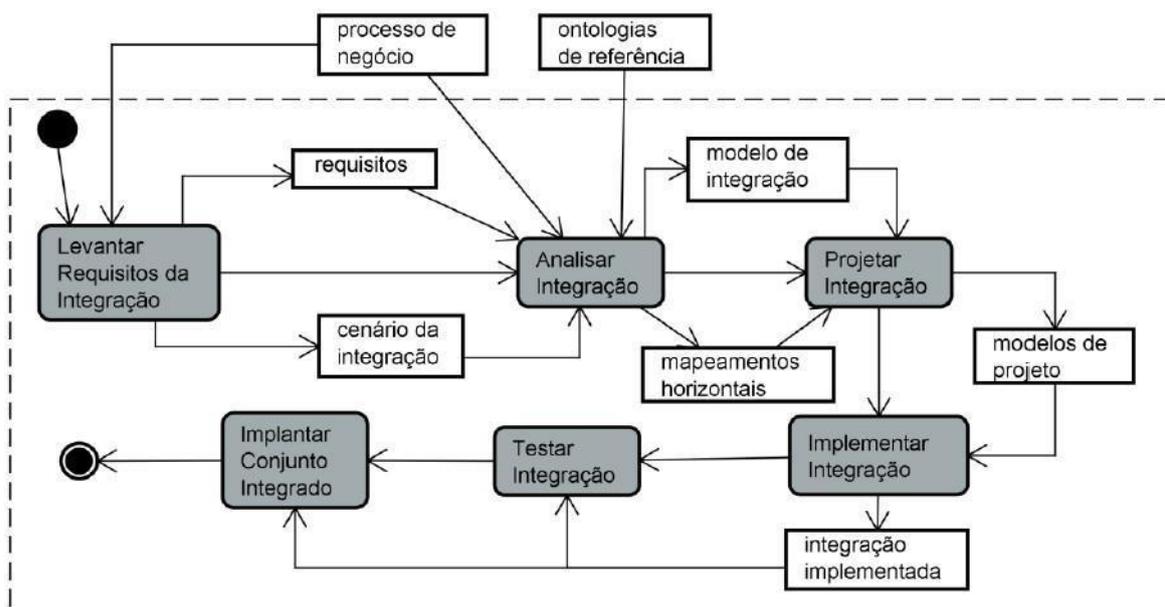


Figura 4: Processo OBA-SI [10].

O processo de integração da abordagem começa na etapa de **Levantamento dos Requisitos de Integração**, quando os requisitos e os objetivos gerais da integração devem ser estabelecidos. Também é necessário indicar as atividades do processo de negócio que serão apoiadas, os sistemas a serem integrados para apoiar tais atividades, o domínio envolvido no cenário e as tarefas genéricas relacionadas à integração. Com isso, fica definido então o **Cenário de Integração**.

Na etapa seguinte, chamada **Análise de Integração**, são analisados e modelados os requisitos de integração, especificadas as funcionalidades que serão providas e os conceitos envolvidos, bem como é estabelecido como será o comportamento geral do conjunto integrado de sistemas. Seu principal produto é **Modelo de Integração** [10]. Tal modelo é utilizado para identificar as equivalências semânticas que existem entre os sistemas. A Figura 5 descreve as atividades envolvidas nesta etapa.

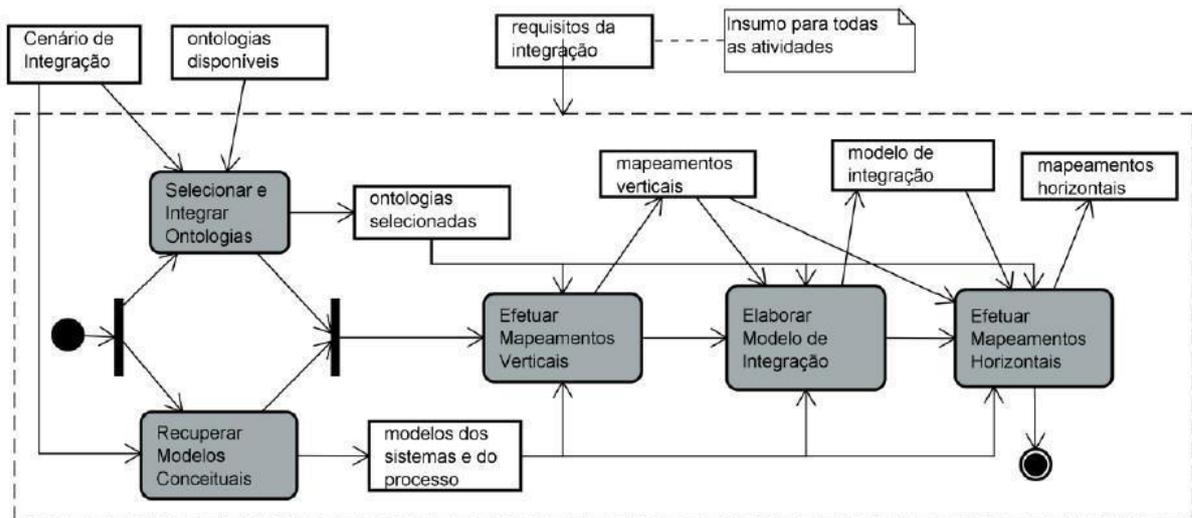


Figura 5: Atividades da Fase de Análise de Integração de OBA-SI [10].

A fase de análise se inicia com a obtenção dos modelos conceituais estruturais e comportamentais dos modelos dos sistemas a serem integrados que estão listados no cenário de integração. É então selecionada uma ontologia de referência acerca do cenário de integração, que caso não esteja desenvolvida, necessita ser criada.

Posteriormente são definidos os **Mapeamentos Verticais** entre os conceitos e as relações presentes nos modelos do sistema e elementos da ontologia selecionada, tendo como objetivo atribuir semântica aos modelos conceituais. Elementos e relações de cada um dos modelos são mapeados para conceitos e relações na ontologia, garantindo, assim, que haja uma ligação semântica entre os modelos dos diferentes sistemas intermediada pela ontologia.

Com os mapeamentos realizados, é construído o **Modelo de Integração** baseado na ontologia e nos modelos dos sistemas, de maneira que cada elemento dos modelos conceituais dos sistemas que esteja sem mapeamento seja considerado.

Em seguida, são realizados **Mapeamentos Horizontais**: cada elemento dos modelos conceituais dos sistemas deve ser mapeado para um elemento correspondente do modelo de integração. Todos os elementos dos modelos conceituais dos sistemas devem ser mapeados.

Finalmente, é realizada a atividade de **Projeto e Implementação de Integração**. Como OBA-SI não se compromete com nenhuma solução específica de implementação para integração existem diversas maneiras para se obter uma solução de projeto e implementação.

3 - Abordagem de Governança de Informação

De acordo com o Ministério da Saúde do Brasil, entre 1996 e 2010 cerca de 1.9 milhões de mortes ocorreram no Brasil, incluindo 710 mil homicídios; e 174 mil mortes cuja causa não foi determinada pelo Estado. Isto é, o percentual de mortes violentas que não foram determinadas representa 9.6% de todas os eventos violentos. Em países desenvolvidos, essa proporção é de menos de 1% de todos os eventos violentos [7]. Além disso, dados recentes do Atlas da Violência de 2017 [7] mostram que o Brasil tem a maior taxa de homicídios do mundo.

Como Cerqueira [7] notou, a falta de informação consistente e de qualidade em crimes e mortes violentas no Brasil é causada em parte por deficiências que dizem respeito ao compartilhamento e disseminação de informação entre as agências de administração pública. Embora essas agências tenham uma grande quantidade de informação em seus sistemas de informação, esses sistemas funcionam em silos isolados, falhando em dar suporte a tomada de decisão no geral.

Problemas em tomada de decisão trazem consequências em relação ao planejamento de ações para prevenção de novas tragédias que poderiam salvar incontáveis vidas no futuro. Ademais, sem informações atualizadas e de qualidade não existe maneira de estabelecer diagnósticos precisos sobre eventos, muito menos verificar se as políticas e programas implementados tem um efeito positivo ou não.

Dada essa problemática, neste projeto para o domínio de Segurança Pública, particularmente no subdomínio de Crimes Dolosos contra a Vida, nós estruturamos uma abordagem de governança que consiste em seis etapas, conforme mostra a Figura 6, dispendo as etapas de forma sequencial, contudo, vale ressaltar que, caso necessário é possível retornar às etapas anteriores para possíveis revisões, tornando um processos incremental. Os passos da abordagem serão descritos nas seções subsequentes.

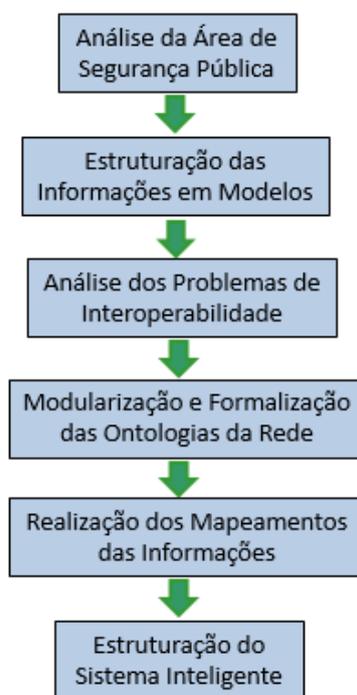


Figura 6: Etapas da Abordagem de Governança

3.1 Análise da Área de Segurança Pública

Nesta primeira etapa estudamos as agências de administração pública (SESP, TJES, SEJUS e MPES) envolvidas na resolução crimes no estado do Espírito Santo, Brasil, e os sistemas de informação usados por essas agências. Resolver crimes é um processo complexo, envolvendo uma grande quantidade de informação que permeia pelas várias agências. Deste modo, foi necessário analisar todo o processo de crime doloso contra a vida, incluindo seus subprocessos, informações que permeiam esses subprocessos, atores que interagem com os subprocessos, sistemas de informação que apoiam esses subprocessos e a infraestrutura atual dos sistemas de informação. Para tal fim, foram realizadas análises na documentação provida pelas agências de administração pública, que incluíam manuais de sistema, processos da organização, glossários com os termos mais utilizados por agências, entre outros; e também foram realizadas entrevistas com os funcionários das agências, que incluíam policiais, delegados, advogados, juízes, técnicos de Tecnologia da Informação (TI), estatísticos, entre outros.

Na Seção 3.1.1, são brevemente descritas as agências de administração pública diretamente envolvidos neste domínio. Na Seção 3.1.2 são explicados os subprocessos que compõem o processo de Crime Doloso contra a Vida.

3.1.1 Agências de Administração Pública

Ao se falar de Segurança Pública é importante citar quais as agências estão diretamente envolvidas com esse domínio no Estado do Espírito Santo:

- **Secretaria de Estado da Segurança Pública e Defesa Social (SESP):** Principal secretaria no contexto de Segurança Pública, tem entre suas competências: a normatização, definição, planejamento, supervisão, coordenação, execução e controle das ações governamentais que assegurem a manutenção da ordem, tranquilidade e segurança pública do Estado; o auxílio e ação complementar às autoridades da Justiça e da Segurança Nacional; a defesa das garantias individuais e das propriedades pública e particular; o planejamento, a coordenação e a execução de ações de defesa civil; a permanente articulação com os demais órgãos públicos; entre outros.
- **Ministério Público do Estado do Espírito Santo (MPES):** o Ministério Público é uma instituição permanente, essencial à função jurisdicional do Estado, incumbindo-lhe a defesa da ordem jurídica, do regime democrático e dos interesses sociais e individuais disponíveis. O Ministério Público possui autonomia funcional e administrativa para organizar e gerir suas funções de forma independente, assegurando a imparcialidade e a justiça social. A independência funcional não significa que o mesmo atua de forma isolada, todas as suas funções são desenvolvidas de forma sistêmica com os Poderes Judiciário, Legislativo e Executivo. Suas principais funções são: promover a ação penal pública; o inquérito civil e a ação civil pública para proteção do patrimônio público e social, do meio ambiente e dos interesses difusos e coletivos; efetuar o controle externo da atividade policial; defender judicialmente os direitos e interesses da população; fiscalizar os estabelecimentos penais e os que abrigam menores, idosos, incapazes e pessoas portadoras de deficiência; acompanhar e fiscalizar o funcionamento das Fundações; apurar e dar andamento às representações por violação dos direitos humanos ou sociais decorrentes de abuso de poder econômico ou administrativo, dentre outras atribuições constitucionais.
- **Tribunal de Justiça do Estado do Espírito Santo (TJES):** O Tribunal de Justiça do Espírito Santo é o órgão judiciário responsável pelo julgamento de denúncias apresentadas pelo Ministério Público Estadual. Sua missão é assegurar a todos,

indistintamente, a solução adequada dos conflitos apresentados à justiça capixaba de forma acessível, célere e efetiva, contribuindo para a promoção da paz social e fortalecimento do estado democrático de direito.

- **Secretaria de Justiça do Estado do Espírito Santo (SEJUS):** É o órgão do governo do Estado do Espírito Santo que mantém as relações institucionais com o Judiciário, Ministério Público, Defensoria Pública e entidades ligadas à justiça, cidadania e direitos humanos. Coordena, no âmbito estadual, a aplicação de medidas socioeducativas, a defesa dos direitos dos consumidores, acesso à medicina social e de criminologia, questões fundiárias, acesso à justiça e promoção da cidadania. Sua missão é aplicar a Lei de Execução Penal de forma humanizada, garantindo a segurança do Estado e de todos os envolvidos no ambiente prisional, proporcionando à pessoa privada de liberdade, condições dignas de reintegração social.

3.1.2 Subprocesso do Crime Doloso contra a Vida

Identificadas as agências de administração pública responsáveis pelo domínio, citamos agora as etapas que constituem o processo de crime doloso contra a vida.

- **Ocorrência Criminal:** parte do processo cuja competência é da Polícia Militar, órgão subordinado à SESP. A ocorrência criminal é o início do processo criminal e a mesma pode ser criada de dois modos: um chamado policial realizado verbalmente por qualquer indivíduo (geralmente pelos telefones disponíveis para tal fim, como 190 – Polícia Militar – ou 181 – Disque Denúncia) ou de forma escrita, chamado de notícia crime. Uma notícia crime é quando ocorre a notificação de uma ocorrência por escrito à autoridade competente. Tal notificação pode ser feita por qualquer civil ou órgão governamental. Ao final do atendimento da ocorrência, um dos agentes de campo (policial militar) responsáveis deve direcionar-se para a delegacia de sua competência e registrar as informações sobre a ocorrência em um Boletim de Ocorrência.
- **Investigação Criminal:** parte do processo cuja competência é da Polícia Civil, órgão subordinado à SESP. A investigação criminal tem como objetivo a apuração das infrações penais. Em outras palavras, é o ponto de partida da persecução penal, ou seja, o início da atividade de verificação de determinado fato supostamente criminoso. Na primeira fase da persecução penal, a Polícia Civil (ou Judiciária) e o

Ministério Público possuem o poder/dever de apurar o fato, para lhe reconhecer a existência, a causalidade, bem como os elementos indicativos da tipicidade penal. Cumpre a eles, ainda, desvendar os indícios de quem se exhibe responsável pela conduta apurada e qual a medida da responsabilidade. A investigação criminal permeia todo o procedimento de apuração da responsabilidade penal do sujeito praticante de um crime, pois, em um primeiro momento, inicia a busca pelo conhecimento do fato e todas as suas circunstâncias e, posteriormente, possibilita sua análise pelos atores do sistema de justiça criminal, viabilizando a experimentação da verdade provável, com base nos elementos que se obteve nesse processo. A investigação é a parte do processo criminal no qual, através das informações contidas nos documentos que registram um fato-gerador (Boletim de Ocorrência ou Notícia Crime), um delegado decide por instaurar um Inquérito Policial. A instauração do inquérito tem como objetivo explicitar os fatos descritos no fato gerador como: determinar a participação ou não de indivíduos no crime assim como seus papéis, determinar a hora e a localização de ocorrência do fato, descrever se houve a utilização de armas no crime, assim como a motivação do autor e colhimento de depoimento de quaisquer envolvidos. Ao final do processo de Investigação, é finalizado o inquérito policial. Tal documento se trata da junção de toda a investigação feita pela polícia acerca do evento criminoso e a finalidade do inquérito não é punitiva, mas investigatória, para trazer informações consistentes que permitam ao titular da ação penal exercer o direito de ação do Estado, isto é, um direito subjetivo que “confere ao Estado o poder de perseguir o autor do delito” [28]. A finalidade do Inquérito é fornecer ao órgão acusatório, no caso o Ministério Público, provas e outros elementos necessários para que seja proposta uma ação penal. Ao final do processo, então, a polícia decide, caso o delegado conclua que existem indícios suficientes, ou não, pelo Indiciamento dos participantes em determinado crime.

- **Denúncia:** Após a fase de Investigação Criminal, o Ministério Público recebe o inquérito da autoridade policial e, constatando que houve uma infração de algum tipo penal, aciona a máquina judiciária denunciando o até então investigado. A Denúncia, em sentido técnico, é o ato pelo qual o Ministério Público manifesta a vontade do Estado de que se faça justiça. É o pedido, ou melhor, a exigência de prestação jurisdicional. Havendo prova do fato e suspeita da autoria – de outra maneira não poderia haver denúncia – está o Ministério Público na suposição de que o denunciado

deva ser condenado. A denúncia é, por isso, o ato processual em que se formaliza a acusação.

- **Processo de Conhecimento:** Após a denúncia oferecida pelo Ministério Público, começa a análise do Tribunal de Justiça, onde um juiz designado analisa e verifica os fatos, cita o acusado, realiza audiências e ao final decide pela pronúncia ou não do réu. Caso ocorra a pronúncia, o réu acusado de crime violento doloso contra a vida irá ser submetido ao Tribunal do Júri.
- **Tribunal do Júri:** audiência onde jurados decidirão pela condenação ou absolvição do réu. Nessa audiência, o Juiz Presidente é a autoridade máxima. Ele conduz o julgamento, resolve as questões de Direito e define a sentença do réu. O Promotor de Justiça fica a cargo defender a sociedade contra o réu, enquanto o mesmo é defendido pelo seu advogado ou defensor público. O conselho de sentença, seleção de sete dos 21 jurados convocados, define se o réu deve ou não ser condenado baseado nas provas e relatos apresentados durante o Tribunal. Um escrivão redige a ata do julgamento, o mais importante documento dessa etapa.
- **Processo de Execução Penal:** Parte do processo competente à SEJUS, a execução penal consiste no cumprimento da sentença criminal que impõe a pena ou medida de segurança ao preso condenado. A sentença penal condenatória, transitada em julgado dá início ao processo de execução penal. O processo de execução penal é iniciado com o registro da guia de recolhimento, ato consistente na anotação da entrada do expediente em cartório e atribuição do respectivo número. O principal documento relativo desse processo se chama Guia de Execução Penal. Nela estão os dados relativos à sua pena como informações do condenado, regime, data de progressão etc.
- **Cumprimento da Pena:** O cumprimento da pena é o processo no qual o condenado inicia o cumprimento da sentença estabelecida pelo Juiz de Execução Penal. A pena pode ser estabelecida em três regimes: regime fechado, semiaberto ou aberto. Na pena em regime fechado, o preso fica proibido de deixar a unidade prisional. No regime semiaberto, ele é autorizado a deixar a unidade penitenciária durante o dia para trabalhar, devendo retornar à noite. No regime aberto, a pena é cumprida em casa de albergado, estabelecimento penitenciário destinado à execução desse regime, ou na falta de vagas, deve ser cumprida na própria residência do condenado. O principal documento relativo a esse processo é a Ficha Prisional. Nela estão contidas as informações sobre o preso durante o período do cumprimento da pena na unidade

prisional, tal como, transferências, informações sobre bom ou mal comportamento, relatório de visitas etc.

3.2 Estruturação das Informações em Modelos

Após levantadas as informações sobre o domínio de segurança pública, passamos para a etapa de desenvolvimento de modelos EA. O desenvolvimento de tais modelos foi motivado por representações visuais auxiliarem no processo de aquisição de conhecimento, por proporcionarem uma visão geral dos dados e apresentar como tais dados se ligam.

Primeiramente, desenvolvemos um modelo EA motivacional que descreve o cenário atual do domínio de público estudado neste trabalho (Figura 7). Analisando este modelo, podemos observar que a motivação das agências de administração pública é obter “Qualidade de Informação sobre Segurança Pública” (*driver*), contudo nós realizamos uma série de avaliações (*assessments*) para determinar os problemas que estão impedindo eles de alcançar tal objetivo, e determinamos que a “Baixa qualidade nas informações criminais impacta nas tomadas de decisões estratégicas do governo” é influenciada por “Os SIs criminais atuais que não atendem às necessidades dos stakeholders”, que por sua vez é influenciado por “SIs críticos possuem dados imprecisos” e “Existe dificuldade na combinação de informações dispersas nos SIs criminais”. Dada essa problemática, nosso projeto traçou o objetivo de “Melhorar os Sistemas de Informação Criminal” para desta forma “Melhorar a qualidade das informações sobre segurança pública”. Nós propomos então o desenvolvimento dessa abordagem de governança que é composta das seguintes etapas (*requirements*):

- (i) “Estruturar a Arquitetura Corporativa atual do domínio” – foi modelada a arquitetura corporativa do domínio de segurança pública da forma que está atualmente, desenvolvendo modelos de negócios que apresentam os processos, informações, sistemas de informação e atores.
- (ii) “Identificar Questões de Integração” – foi desenvolvido um modelo contendo as questões de integração identificadas pelas análises dos modelos EA desenvolvidos.
- (iii) “Desenvolver a Rede de Ontologia sobre o Domínio” – foram desenvolvidas as ontologias sobre o processo de crime doloso contra a vida e estas foram estruturadas em uma rede de ontologias.
- (iv) “Desenvolver Protótipos de Integração” – foi desenvolvido um sistema inteligente, chamado INTERSEP, capaz de responder questões que precisam de dados que cruzam agências de segurança diferentes.

- (v) “Adequar a Arquitetura Corporativa com base na Integração” – ao final foi desenvolvida uma modelagem corporativa do domínio, mostrando como seria o processo de crime doloso contra a vida com a interoperabilidade dos sistemas realizada.

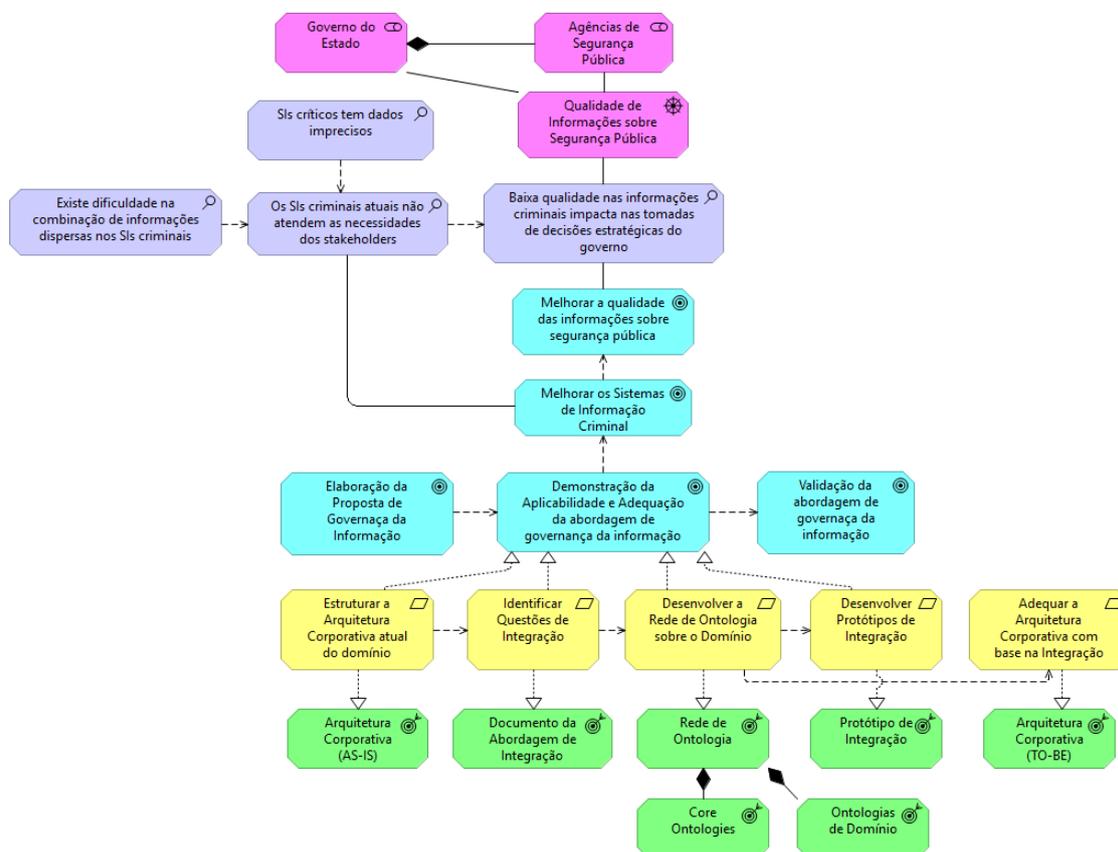


Figura 7: Modelo Motivacional do Domínio PCDV

A fim de entender os processos atuais seguidos pelas agências de administração pública para lidar com crimes violentos, nós utilizamos os modelos apresentados nas Figuras 8, 9 e 10. Eles representam os aspectos atuais (modelo *as-is*) do processo de crimes dolosos contra a vida (PCDV). O objetivo dos modelos é mostrar o papel das agências de administração pública no PCDV, os subprocessos que compõem o PCDV, as informações que permeiam esses subprocessos, os artefatos de informação gerados nesse subprocessos, os sistemas de informações que apoiam os subprocessos e a infraestrutura em que esses sistemas estão implantados. Vale ressaltar que esses modelos são apenas uma visão macro do domínio e que para cada subprocessos existem outros modelos EA mais específicos, que estarão disponíveis em <http://intersep.nemo.inf.ufes.br>.

A Figura 8 apresenta uma primeira visão do domínio, onde cada grupo cinza representa informações relacionadas ao PCDV, como segue:

- “Papéis e Atores Passivos”: representam os papéis que um criminoso alegado, em um crime doloso contra a vida específico, assume ao longo das etapas.
- “Papéis e Atores Ativos”: representam as agências de administração pública e os papéis que os agentes de segurança pública exercem em cada etapa do PCDV.
- “Processos de Negócio”: representam as etapas do PCDV, note que existem relações de disparo (trigger) entre eles, indicando a sequência em que as etapas ocorrem. Cada um dos subprocessos é realizado por um Ator Ativo (pela relação de *assignment*) para um Ator Passivo (pela relação de *used by*).
- “Serviços de Aplicação”: representam as funcionalidades que os sistemas de informações criminais exercem no apoio aos processos, desta forma a relação de *used by* entre um processo e um serviço indica que o processo utiliza esse serviço específico para ser executado pelo Ator Ativo.
- “Componentes de Aplicação”: representam os sistemas de informações criminais existentes no PCDV, juntamente com os dados que os mesmos manipulam. As relações de *access* entre os sistemas e os dados, indicam que os sistemas podem escrever/ler as informações. As relações de *realization* entre os sistemas e os serviços de aplicação, determina qual sistema executa qual função.
- “Serviços de Tecnologia”: representam as funcionalidades que os sistemas de infraestrutura exercem no apoio aos sistemas criminais. Além disso nesta camada também são apresentados o formato em que cada informação é disponibilizada pelos sistemas.
- “Componente de Tecnologia”: representam os sistemas de infraestrutura, que apoiam os sistemas criminais para que possam funcionar.

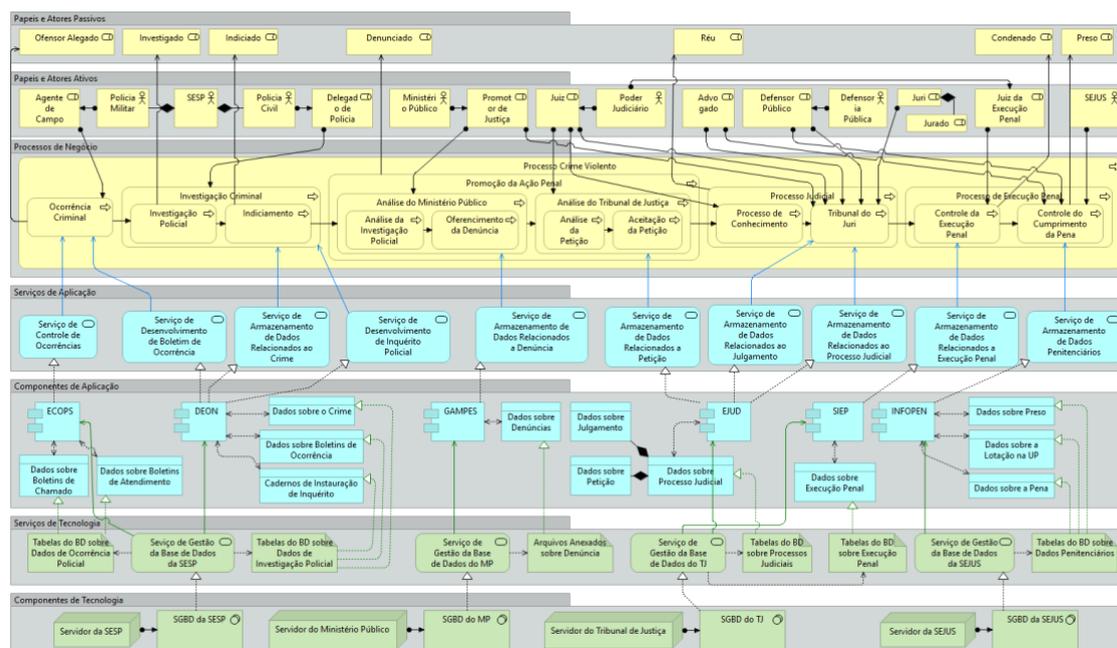


Figura 8: Visão Geral do PCDV

A Figura 9 apresenta outra visão do domínio, mostrando mais detalhadamente a camada de negócios, onde as informações que são compartilhadas entre os processos e quais documentos são geradas em cada etapa, como é explicado a seguir. Inicialmente, no processo de “Ocorrência Criminal”, o “Policial Militar” recebe um requisição e realiza os procedimentos necessários, ao final do processo o “Policial Militar” cria um “Boletim de Ocorrência”, armazenando informações sobre o incidente policial (ex: possível localização, tempo, vítima), que é utilizado como parte de um “Inquérito Policial”. Em sequência, de modo a determinar a autoria do crime alegado, o “Delegado de Polícia” estabelece um “Investigação Criminal”, que é composta por: (i) uma “Investigação Policial” para recolher “Evidências” (e.g. cena do crime, autópsia e laudo cadavérico) e “Depoimento das Testemunhas” que são anexados ao “Inquérito Policial”; e (ii) um “Indiciamento” baseado no “Inquérito Policial”, se as informações da “Descrição do Crime” são suficientes para indiciar um “Investigado” por crime, torna-se agora um “Indiciado”.

Após, o “Promotor de Justiça” analisa o “Inquérito Policial” e define se oferece a “Denúncia” (“Oferecimento da Denúncia”), que precisa então ser analisada e aceita por um “Juiz” no processo de “Análise do Tribunal de Justiça”, caso seja aceita, o “Indiciado” se torna então um “Denunciado” e começa o “Processo Judicial”. Durante o “Processo Judicial” o “Juiz” realiza o “Processo de Conhecimento” onde levanta informações sobre o agora “Réu” e armazenadas no “Processo Judicial”. Após finalizada essa etapa caso o “Juiz” determine que o caso deve ir para julgamento, é criado um “Tribunal do Júri”, o “Júri” escuta

o “Promotor de Justiça” e a defesa (“Defensor Público” ou “Advogado”) e então expõe seu julgamento, que contribuirá para o “Juiz” determinar a sentença (armazenada na “Guia de Julgamento”) do “Réu”. Caso o veredito seja culpado no tribunal, o “Réu” se torna um “Condenado” e iniciasse o processo de “Controle da Execução Penal”, onde uma “Guia de Execução Penal” é criada para determinar a pena por cada crime (“Guia de Execução Criminal”). Por fim, o “Condenado” é preso em uma unidade de cumprimento de pena e inicia-se o processo de “Controle do Cumprimento da Pena”, onde as informações sobre o “Preso” serão armazenadas na “Ficha Prisional”.

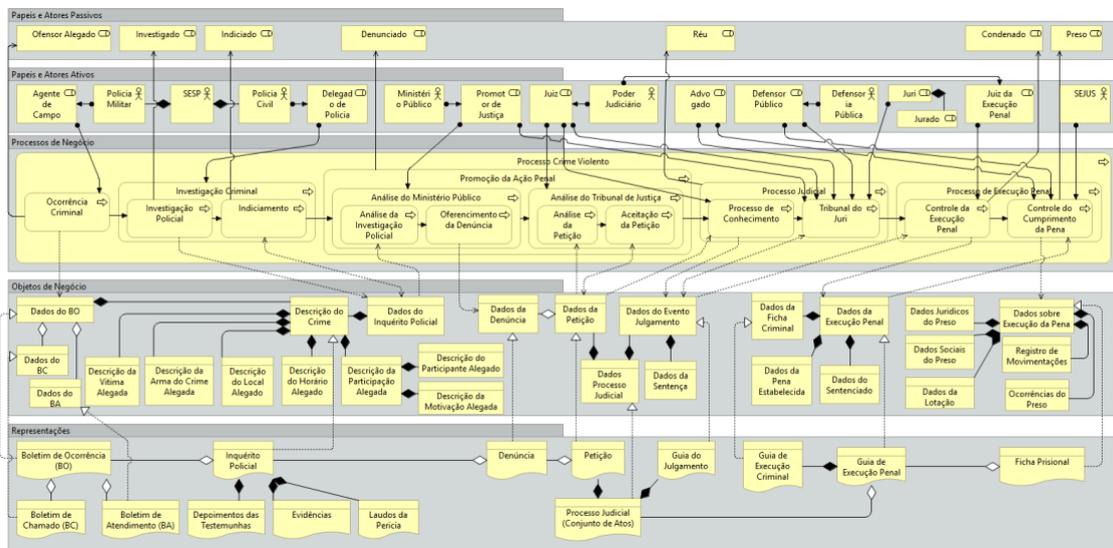


Figura 9: Visão detalhada da Camada de Negócios do domínio PCDV

A Figura 10, apresenta uma visão intermediária entre as duas anteriores, basicamente são apresentadas as informações que permeiam os processos (representado pelos elementos em amarelo), em quais sistemas essas informações estão armazenadas (representado pelos elementos em azul) e em qual formato (representado pelos elementos em verde).

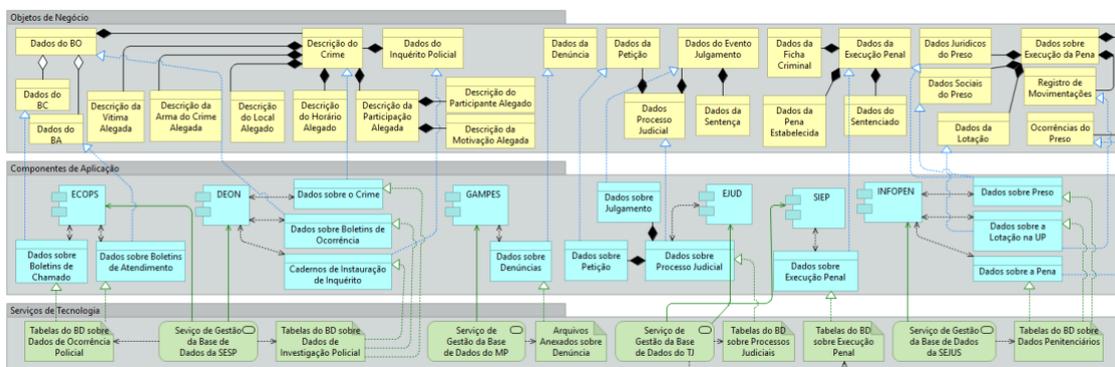


Figura 10: Visão Intermediária sobre as Informações do domínio PCDV

3.3 Análise dos Problemas de Interoperabilidade

Analisando os modelos EA construídos na etapa anterior podemos identificar alguns gaps de interoperabilidade no domínio. À primeira vista, a Figura 9, sobre a visão detalhada da camada de negócios do domínio PCDV, sugere que existem trocas de informações entre os vários subprocessos PCDV. Contudo, analisando então a Figura 8 que mostra a camada de aplicação, com os sistemas de informações que apoiam o processo de negócio, são reveladas algumas questões de interoperabilidade. Esta análise foi conduzida seguindo alguns passos gerais, a saber: (i) começando pela análise da camada de negócios, nós podemos identificar que dado um processo de negócio “BP1” que troca informações com um processo diferente “BP2”, empregando o objeto de negócio “BO1”; (ii) este objeto de negócio “BO1” representa um recurso de informação que deveria ser realizado na camada de aplicação por objetos de dados (conforme apresentado na Figura 10), e.g., o processo de negócio “BP1” é suportado por um componente de aplicação “AC1” que acessa um objeto de dados “DO1” e, que por sua vez realiza o objeto de negócio “BO1”; (iii) o processo de negócio “BP2”, que compartilha o objeto de negócio “BO1” com o processo de negócio “BP1”, é suportado por outro componente de aplicação, chamado “AC2”. Ocorre então que na camada de aplicação, o componente de aplicação “AC2” não está conectada ao componente de aplicação “AC1” (que provê suporte ao processo de negócio “BP1”), bem como o objeto de dados “DO1” não é compartilhado entre os componentes de aplicação “AC1” e “AC2”. Em resumo, analisando apenas a camada de negócio, o processo de negócio “BP1” (suportado por “AC1”) troca recursos de informações armazenado em “BO1” com um processo de negócio diferente “BP2” (suportado pelo “AC2”), contudo quando analisamos a camada de aplicação, o objeto de dados “DO1”, que realiza “BO1”, não é compartilhado entre os componentes de aplicação “AC1” e “AC2”, i.e., não existe integração entre os sistemas de informação que proveem suporte aos processos de negócio.

Utilizando os elementos representados no modelo EA nas figuras 8, 9 e 10, nós podemos instanciar um exemplo real das questões de interoperabilidade nos sistemas de informações que suportam o PCDV: (i) no processo de “Investigação Criminal”, realizado pelo “Delegado de Polícia” da “SESP”, é produzido “Inquérito Policial” por meio do sistema “DEON”; (ii) no processo de “Análise do Ministério Público”, realizado pelo “Promotor de Justiça” do “MPES”, é produzida a “Denúncia”, com base no “Inquérito Policial”, como um documento físico e esta é anexada ao sistema “GAMPES”; (iii) no processo de “Análise do Tribunal de Justiça” e “Processo Judicial”, os “Juízes” do “TJES”, produzem o “Processo Judicial (Conjunto de Atos)” que é produzido, com base na “Denúncia”, no sistema “EJUD”;

(iv) no processo de “Controle da Execução Penal”, realizado pelo “Juiz de Execução Penal” do “TJES”, é produzida a “Guia de Execução Penal”, com base no “Processo Judicial”, no sistema “SIEP”; (v) no processo de “Controle do Cumprimento da Pena”, realizado pela “SEJUS”, é produzida a “Ficha Prisional”, com base na “Guia de Execução Penal”, no sistema “INFOPEN”.

Perceba agora que nesses 5 processos, 4 agências de administração pública diferentes estão envolvidas e em cada uma delas existe um sistema (exceto no TJES que são dois) responsável por um ou mais subprocessos do PCDV, e em cada etapa é produzido um documento com base em outro produzido na etapa anterior. Em outras palavras, cada agência precisa da informação desenvolvida por outra, contudo se observamos as figuras 8 e 10, vemos que não existe ligação entre os dados produzidos em cada um dos sistemas. Levanta-se, portanto, a seguinte questão: “Como os processos utilizam as informações do processo anterior sendo que não existe comunicação entre os sistemas em que as informações são armazenadas?”. Após diversas reuniões com especialistas descobrimos que ao passar de um etapa para outro as informações presente nos sistemas são impressas em formas física e digitais manualmente no sistema seguinte, tornando esse processo lento e suscetível a falhas, como por exemplo, faltar algum documento no momento que é impresso em um dos processos, ou algum documento ser extraviado antes de chegar à agência competente que precisa da informação, ou erros de digitação na agência que recebeu a documentação.

Além disso outro ponto que pode ser identificado com esse tipo de modelo EA, é o formato que os dados estão nos sistemas de informação, esse fator também pode auxiliar na identificação de problemas de interoperabilidade. Por exemplo o sistema “GAMPES” armazena as denúncias em formato de arquivo anexados, e uma vez que as informações desses documentos não estão estruturadas em um banco de dados, torna-se mais difícil relacionar com os dados de outros sistemas, uma vez que para interpretar as informações nesse tipo de documento é necessário um processamento de linguagem natural para identificar as informações presentes nos arquivos.

Com base em todas as questões de interoperabilidade identificadas foi possível formalizar ontologias que apresentassem como os conceitos dos sistemas de informação problemáticos poderiam ser compartilhados.

3.4 Modularização e Formalização das Ontologias da Rede

Uma área onde se observa um grande aumento na utilização de ontologias é a área de e-Government, que envolve a integração de serviços governamentais apoiados pela computação. Tais serviços devem ser compreensíveis, efetivos, eficientes e cada vez mais rápidos para ambos o governo, empresas e cidadãos [29].

Estratégias baseadas em ontologias vêm sendo empregadas com sucesso em um grande número de cenários, com significativa atenção para técnicas baseadas em ontologias no escopo de iniciativas de Governo Eletrônico (e-Gov) [30].

No caso de e-Gov, os sistemas geralmente são: (i) encomendados e mantidos por diferentes agências da Administração Pública; (ii) desenvolvidos para apoiar diferentes processos e tarefas de negócio. Tais características têm implicações importantes em esforços de integração [21].

Dada a quantidade de entidades governamentais e a quantidade de atores envolvidos, além da evolução histórica dos papéis que cada uma dessas entidades e atores passa durante todo o processo, a caracterização do mesmo em uma rede de ontologias permite uma visualização clara, tanto do processo como um todo, quanto o estudo minucioso de cada parte do mesmo.

Desta forma, para apoiar o processo de integração de sistemas na área de Segurança Pública, foi criada a rede de ontologias para o Processo de Crime Doloso contra a Vida (PCDV-ON). A construção de uma rede de ontologias ao invés de um ontologia monolítica foi motivada pela complexidade e tamanho do problema de interoperabilidade neste domínio. A PCDV-ON compreende: (i) ontologias de domínio que capturam as conceituações de subdomínios específicos da área de segurança pública; (ii) ontologias de núcleo (core), representando o domínio do conhecimento de maneira geral que podem cruzar diferentes subdomínios nessa área; (iii) uma ontologia de fundamentação (UFO no nosso caso) que provê uma classificação bem fundamentada para os conceitos e relações das ontologias da rede.

Por adotar um ON, nós podemos tirar vantagens da arquitetura, que nos permite um desenvolvimento progressivo das ontologias de domínio, estendendo a rede, e reusando os conceitos que já existem em outras redes de ontologias (favorecendo a integração e alinhamento semântico entre as conceituações capturadas pela rede).

Contudo, para desenvolver ontologias em rede, nós precisamos de diretrizes para responder às seguintes perguntas-chave: (i) Quais são as ontologias de núcleo e de domínio que compõem a rede? (ii) Como essas ontologias da rede devem ser organizadas (i.e., de

acordo com qual princípio de modularização)? (iii) Que conceitos e relações precisam compor cada ontologia de domínio, e que conceitos permeiam vários (sub) domínios e podem ser generalizados em uma ontologia de núcleo?

O propósito da PCDV-ON é estabelecer um modelo conceitual consensual para o domínio de crimes dolosos contra a vida. As intenções de uso da PCDV-ON é fazer possível interoperar os vários sistemas de informações que dão suporte a subprocessos particular no processo de crimes doloso contra a vida. O escopo da PCDV-ON precisa englobar todos os subprocessos do PCDV, as agências de administração pública, os papéis das pessoas envolvidas nelas, e o mais importante, as informações que permeiam ao longo desses subprocessos.

A rede como um todo deveria ser capaz de responder questões de integração que não podem ser respondidas por uma ontologia individual, tais como: (i) “Qual o tempo médio decorrido entre investigação e prisão de investigados em indiciamentos tipificados como homicídio?”; (ii) “Qual o percentual de indiciados por crime de homicídio que já foram condenados por algum crime?”; (iii) “Qual percentual de indiciamentos tipificados como homicídio levaram a condenações pelo Art.121?”.

Utilizando a camada de negócios do modelo EA apresentado nas figuras 8 e 9, nós podemos perceber que existem partições que representam cada subdomínio, guiando assim a modularização da ON, como ilustrado na Figura 11.

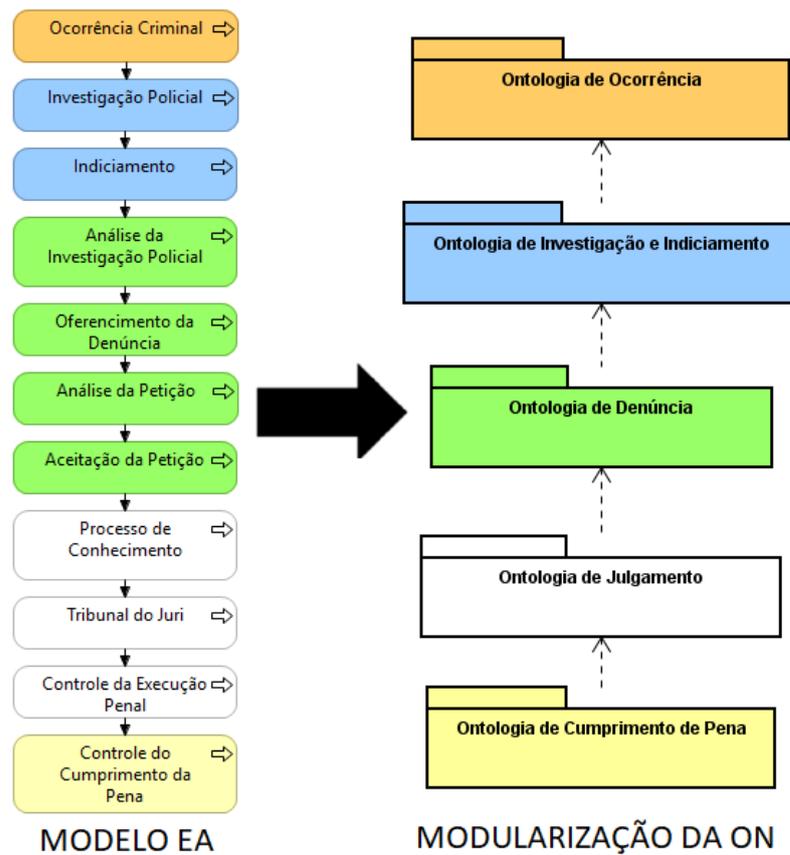


Figura 11: Modularização orientada a processos da PCDV-ON

Cada cor representa uma série de subprocessos do PCDV que dão origem a um módulo na PCDV-ON na Figura 11. As ontologias de domínio estão ligadas por relações de dependência, que refletem dependências históricas. Isto mostra que existem conceitos nas ontologias de domínio que estão interconectados, reforçando a ideia de uma “rede”. Com o princípio de modularização “orientada a processos” na Figura 11, nós podemos desenvolver a Figura 12, detalhando as ontologias de domínio da PCDV-ON e as relações de dependências entre elas e a ontologias de fundamentação.

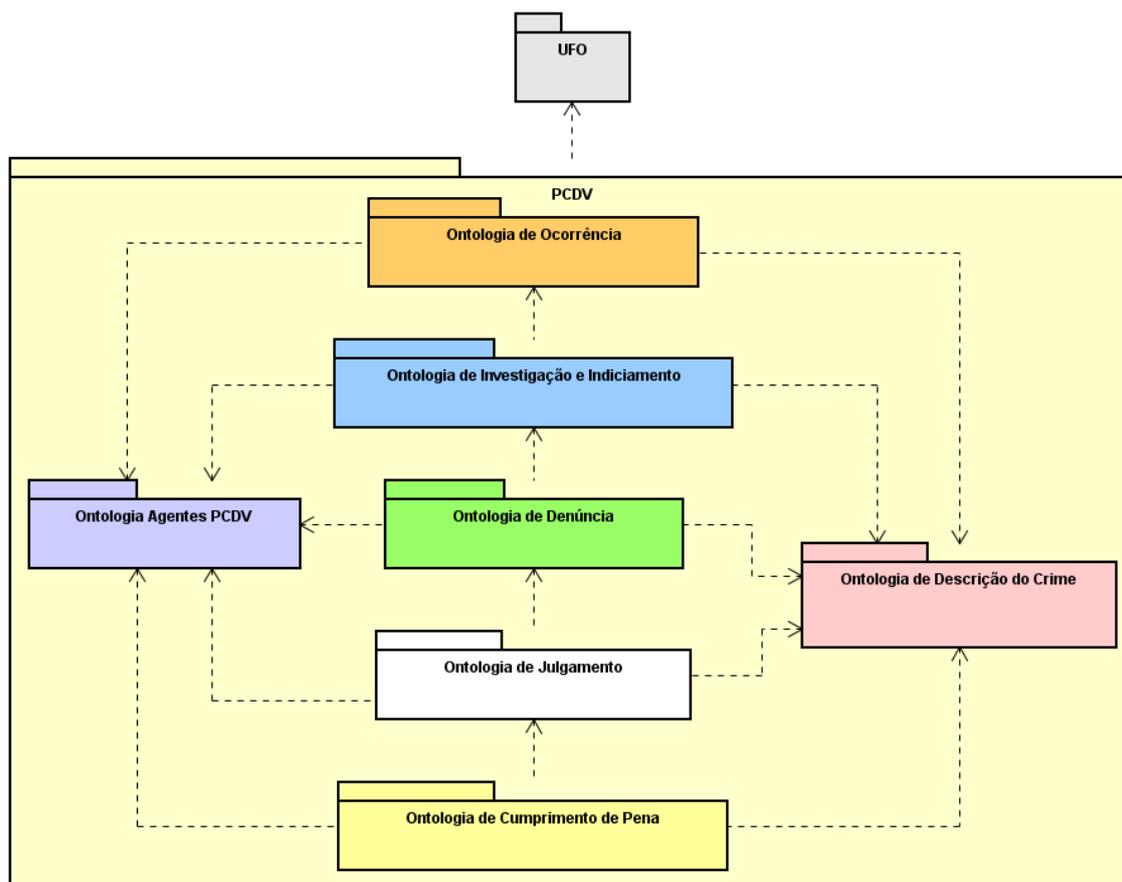


Figura 12: Detalhamento das ontologias de domínio da PCDV-ON

Conforme representado na Figura 12, além das ontologias representadas na Figura 11, existem duas outras ontologias: a ontologias de agentes e de descrição do crime.

A **Ontologia Agentes PCDV** trata dos agentes que estão envolvidos em todas as etapas do processo de solução de um crime. Ela contém entidades como “Agente do Poder Público” (conceito geral que engloba todos os agentes públicos, governamentais responsáveis pela apuração do crime alegado, representando pessoas que têm um vínculo com o Estado) e “Criminoso Alegado” (o papel mais geral utilizado para agrupar todos os papéis que um indivíduo que supostamente participa ativamente de um crime alegado assume em cada etapa do processo), que perpassam as delimitações dos módulos das diversas ontologias presentes na rede.

A **Ontologia de Descrição do Crime** foi criada, uma vez que considerando a modularização da PCDV-ON, nós percebemos que todos os subprocessos do PCDV precisam lidar com descrições criminais. Nós podemos entender “Descrição do Crime” como uma descrição do fato, que é composta por outras descrições, tais como “Descrição da Vítima Alegada”, “Descrição da Arma do Crime Alegada”, “Descrição do Local Alegado”, dentre outras. Essa ontologia possui uma importância central para o processo de integração,

pois a mesma tem por objetivo armazenar as informações que são descritas por cada agente da lei em cada etapa do processo criminal, fazendo com que essas informações sejam compartilhadas ao longo do processo.

Ao estudar o domínio de Segurança Pública foi constatado que informações como a tipificação do crime, a descrição da vítima ou a motivação do próprio criminoso alegado podem ser alteradas ao longo das etapas do processo criminal. Por exemplo, o “Delegado” responsável pelo inquérito policial pode tipificar o crime alegado como um *Homicídio* no momento do indiciamento, mas no entendimento do promotor de justiça no Ministério Público, por exemplo, ele considera que, na verdade, não houve um *Homicídio* e sim *Latrocínio*, podendo assim denunciar o “Criminoso Alegado” por um crime mais grave, por entender que houve motivação de matar para cometer um roubo violento.

Dessa forma, é importante que a **Ontologia de Descrição do Crime** esteja bem definida e integrada a cada uma das demais ontologias relacionadas ao processo criminal para que se possa ter um controle de quais mudanças essa caracterização sofreu durante toda a elucidação do crime.

A fim de apresentar o processo como um todo, foi desenvolvida uma visão da rede apresentando como os processos são relacionados, denominada *backbone* (espinha dorsal de todo o processo). A Figura 13 mostra a *backbone*, apresentando os agentes, as etapas e os papéis que o criminoso alegado desempenha durante todo o processo. As cores usadas na Figura 6 são usadas também na Figura 13, indicando a que ontologias pertence cada um dos conceitos. Cada etapa do processo nessa visão é descrita por um *relator* que possui pelo menos duas entidades mediadas pelo mesmo. No lado esquerdo da *backbone* são representados os agentes do poder público responsáveis por cada etapa do processo. Por exemplo, no Ministério Público, quem realiza a “Denúncia” é o “Promotor Denunciante”. Em contrapartida, no lado direito da *backbone*, são representados os papéis que um criminoso alegado assume ao longo do processo, como, por exemplo, o “Indiciado” no processo de “Indiciamento”.

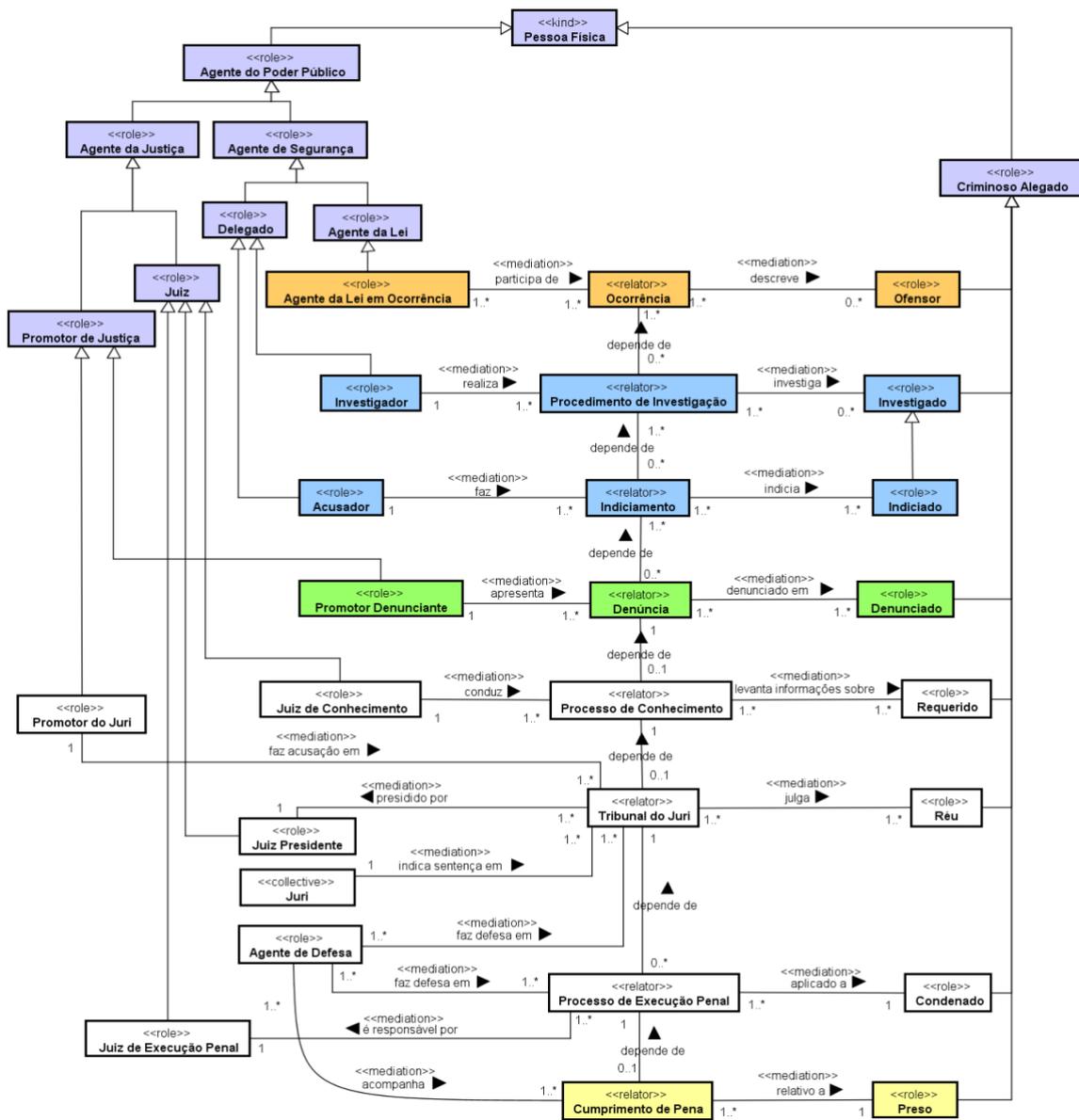


Figura 13: Backbone da Rede de Ontologias de Crime Doloso contra à Vida

É importante salientar que as relações de dependência histórica (relações *depende de*) entre os *relators* (etapas do processo) reflete que um *relator* **r1**, que possui uma dependência histórica com o *relator* **r2**, possui acesso às informações tratadas no relator **r2**. Por exemplo, a relação de dependência histórica entre “Procedimento de Investigação” e a “Ocorrência” indica que, para realizar as investigações em um inquérito policial, o investigador pode utilizar informações armazenadas na ocorrência (p.ex., no boletim de ocorrência). Existe, assim, uma evolução do processo em que informações da etapa anterior são extensivamente utilizadas para a geração de novas informações nas fases subsequentes.

Como mostra a Figura 13, existe um conceito geral de “Pessoa Física” que provê identidade para todos os agentes humanos relacionados ao processo de crime doloso contra vida. Uma distinção importante no domínio de PCDV é entre “Agente do Poder Público” e “Criminoso Alegado”. O “Agente do Poder Público” é posteriormente especializado em “Agente de Segurança” (representante da parte policial) e “Agente da Justiça” (representante da parte jurídica). “Agentes de Justiça” podem ser “Promotores de Justiça” ou “Juizes”. “Agentes de Segurança” incluem “Agentes da Lei” e “Delegados”.

Uma “Ocorrência” media a relação que existe entre o “Agente da Lei em Ocorrência”, aquele que é chamado para atender um fato, e o “Ofensor”, aquele que é apontado por alguém como o responsável por praticar algum crime na ocorrência. Passada a ocorrência, é aberto um “Procedimento de Investigação”, no qual um “Delegado” no papel de “Investigador” apura as informações acerca de um determinado “Investigado” sobre o crime alegado. Após o processo de investigação, o responsável pelo mesmo decide pela realização (ou não) de um “Indiciamento”. Tal ato policial ocorre quando o policial, no papel de “Acusador”, acredita que houve indícios suficientes que comprovam que o investigado cometeu o crime alegado. Dessa forma o “Investigado” passa a “Indiciado”. Com o “Indiciamento” realizado, o processo é, então, entregue para o Ministério Público. Nele, um “Promotor Denunciante” analisará o inquérito e, caso tudo esteja de acordo, apresentará uma “Denúncia” contra o “Indiciado”, que neste caso passa a ser denominado “Denunciado”. Após realizada a “Denúncia”, a mesma é enviada para o Tribunal de Justiça, onde um “Juiz de Conhecimento” a aceita ou não. Caso a “Denúncia” seja aceita, o “Processo de Conhecimento” é iniciado. Nesse processo o “Juiz de Conhecimento” busca informações, colhe depoimentos, inquiri testemunhas e analisa o processo como um todo. Nesse momento o “Denunciado” passa a exercer o papel de “Requerido”. Após o “Processo de Conhecimento”, o “Juiz de Conhecimento” pode decidir pela pronúncia ou não do “Requerido”. Caso isso ocorra, o agora “Réu” será submetido a um “Tribunal do Júri”, presidido por um “Juiz Presidente”. No “Tribunal do Júri”, o “Réu” é acusado por um “Promotor”, defendido por um “Agente de Defesa” e será julgado pelo “Júri” (Popular). Caso o “Júri” decida pela condenação do “Réu”, o “Juiz Presidente” informa a decisão e a sentença do, agora, “Condenado” e, assim, inicia-se o seu “Processo de Execução Penal”, no qual esse “Condenado” é processado por um “Juiz de Execução Penal”. Sendo instaurado o “Processo de Execução Penal” (que contém os dados acerca de duração da pena, regime de cumprimento, unidade prisional definida), o “Condenado” é encaminhado para uma unidade prisional e, então, inicia-se o “Cumprimento da Pena” do “Preso” (novo status do

“Condenado”). Assim que o tempo determinado no “Processo de Execução Penal” é cumprido, o mesmo é considerado extinto.

Vale ressaltar que a **Ontologia de Descrição do Crime** não foi representada na *backbone* por não tratar diretamente do processo de crime doloso contra a vida e sim ser um módulo externo que perpassa todos os processos, conforme pode ser observado na Figura 11, onde todas as ontologias do processo têm uma relação de dependência com essa ontologia. Tal ontologia é detalhada na subseção seguinte.

Neste trabalho, são apresentadas apenas as ontologias de **Investigação e Indiciamento**, **Execução Penal** e **Descrição do Crime**, pois apenas elas são importantes para realizar os mapeamentos das informações dos sistemas de informações DEON e INFOPEN que foram estudo de caso para o desenvolvimento do sistema inteligente. As demais ontologias podem ser encontradas em <http://intersep.nemo.inf.ufes.br/>.

3.4.1 Ontologia de Descrição do Crime

Para o desenvolvimento da ontologia de Descrição do Crime foram levantadas as questões de competência mostradas na Tabela 5. A Figura 14 apresenta o diagrama OntoUML do modelo conceitual dessa ontologia.

Tabela 5 – Questões de Competência da Ontologia de Descrição do Crime

| Identificador | Descrição |
|---------------|--|
| QC1 | Quem é a suposta vítima em um dado crime alegado? |
| QC2 | Qual é o suposto horário em um dado crime alegado? |
| QC3 | Qual é a suposta arma utilizada em um dado crime alegado? |
| QC4 | Qual o suposto local onde aconteceu um dado crime alegado? |
| QC5 | Qual o tipo de participação do criminoso alegado em um dado crime alegado? |
| QC6 | Qual a tipificação de um crime alegado? |
| QC7 | Qual a motivação do suposto criminoso em um dado crime alegado? |
| QC8 | Qual a descrição do suposto criminoso em um dado crime alegado? |

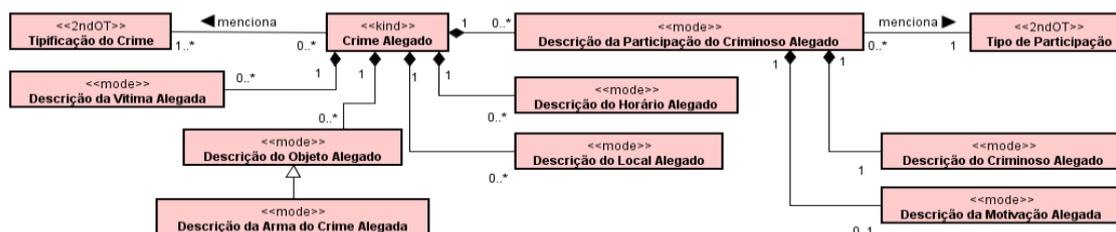


Figura 14: Ontologia de Descrição do Crime

Na **Ontologia de Descrição do Crime**, o conceito central é o “Crime Alegado”. Ele representa algo físico no qual são armazenadas as várias informações sobre um possível crime. O “Crime Alegado” menciona uma “Tipificação do Crime”, ou seja, como o Agente da Lei define o fato ocorrido segundo o Código Penal. Além disso, o “Crime Alegado” também é composto de diversas caracterizações. Tais caracterizações são descrições (informações) sobre o fato ocorrido na visão de um determinado agente da lei. São elas: “Descrição da Vítima Alegada”, “Descrição do Objeto Alegado”, “Descrição da Arma do Crime Alegada”, “Descrição do Local Alegado”, “Descrição do Horário Alegado” e “Descrição da Participação do Criminoso Alegado”. Essa última descrição ainda é composta de “Descrição da Motivação Alegada”, “Descrição do Criminoso Alegado” e menciona um “Tipo de Participação” (e.g., autor do crime, coautor, mandante, partícipe, etc.).

Todas essas descrições remetem a possíveis caracterizações que podem ser feitas sobre o crime alegado. Por exemplo, em uma ocorrência, um agente da lei encontra um cadáver, mas não é capaz de identificá-lo. Ele, então, explana uma “Descrição da Vítima Alegada” que tem a finalidade de retratar as características físicas da mesma, para desta forma ter uma informação palpável para iniciar as investigações, que podem esclarecer os fatos e auxiliar na identificação da vítima em alguma etapa do processo.

3.4.2 Ontologia de Investigação e Indiciamento

A **Ontologia de Investigação e Indiciamento** visa caracterizar as diferentes entidades envolvidas em ações de investigação e indiciamento sobre possíveis crimes dolosos contra a vida, dentre elas: o investigador, que é um delegado, o investigado, que pode ser identificado ou não, as testemunhas e a possível vítima.

A investigação inicia-se com a criação de um “Procedimento de Investigação”, que, no caso de crimes dolosos contra a vida, utiliza um “Inquérito Policial” para armazenar as informações levantadas na investigação. Uma vez que uma investigação pode englobar vários

possíveis crimes e envolvidos, esse procedimento precisa ser decomposto em peças investigatórias, com o objetivo de individualizar a investigação por crime. Em outras palavras, cada peça investigatória visa capturar os fatos e envolvidos de um determinado crime. Por exemplo, suponhamos que a investigação trate de um duplo homicídio. Cada homicídio será investigado em uma peça investigatória diferente, pois as participações dos atores e os fatos podem ser diferentes em cada crime.

Além do procedimento de investigação, a ontologia também possui informações sobre o indiciamento, ato em que o investigador, possuindo indícios suficientes, aponta o(s) ator(es) de um crime. Ou seja, em uma dada investigação, quando o investigador encontra uma ou mais provas que comprovam a culpa do investigado (e.g., digitais na arma do crime, áudios ou imagens mostrando o envolvimento do acusado), ele pode indiciar o investigado pelo crime sendo investigado.

Para o desenvolvimento da ontologia de Investigação e Indiciamento foram levantadas as questões de competência listadas na Tabela 6. A Figura 15 apresenta a ontologia resultante.

Tabela 6 – Questões de Competência da Ontologia de Investigação e Indiciamento

| Identificador | Descrição |
|----------------------|--|
| QC1 | Quais são as Testemunhas em um dado Procedimento Investigatório? |
| QC2 | Quem são os Depoentes em um dado Procedimento Investigatório? |
| QC3 | Quem é o Delegado responsável por um dado Procedimento Investigatório? |
| QC4 | Quais as Peças Investigatórias de um dado Procedimento Investigatório? |
| QC5 | Que Crime Alegado está sendo investigado em uma Peça Investigatória? |
| QC6 | Quem são os Investigados em uma dada Peça Investigatória? |
| QC7 | Quem são as Vítimas Alegadas em uma dada Peça Investigatória? |
| QC8 | A qual Crime Alegado se refere um dado Indiciamento? |
| QC9 | Quem é o Delegado acusador em um dado Indiciamento? |
| QC10 | Quem são os Indiciados em um dado Indiciamento? |
| QC11 | Qual a descrição de uma Vítima Alegada? |
| QC12 | Qual a descrição de um dado Investigado/Indiciado? |
| QC13 | Quais os Indícios referem-se a um dado Crime Alegado? |

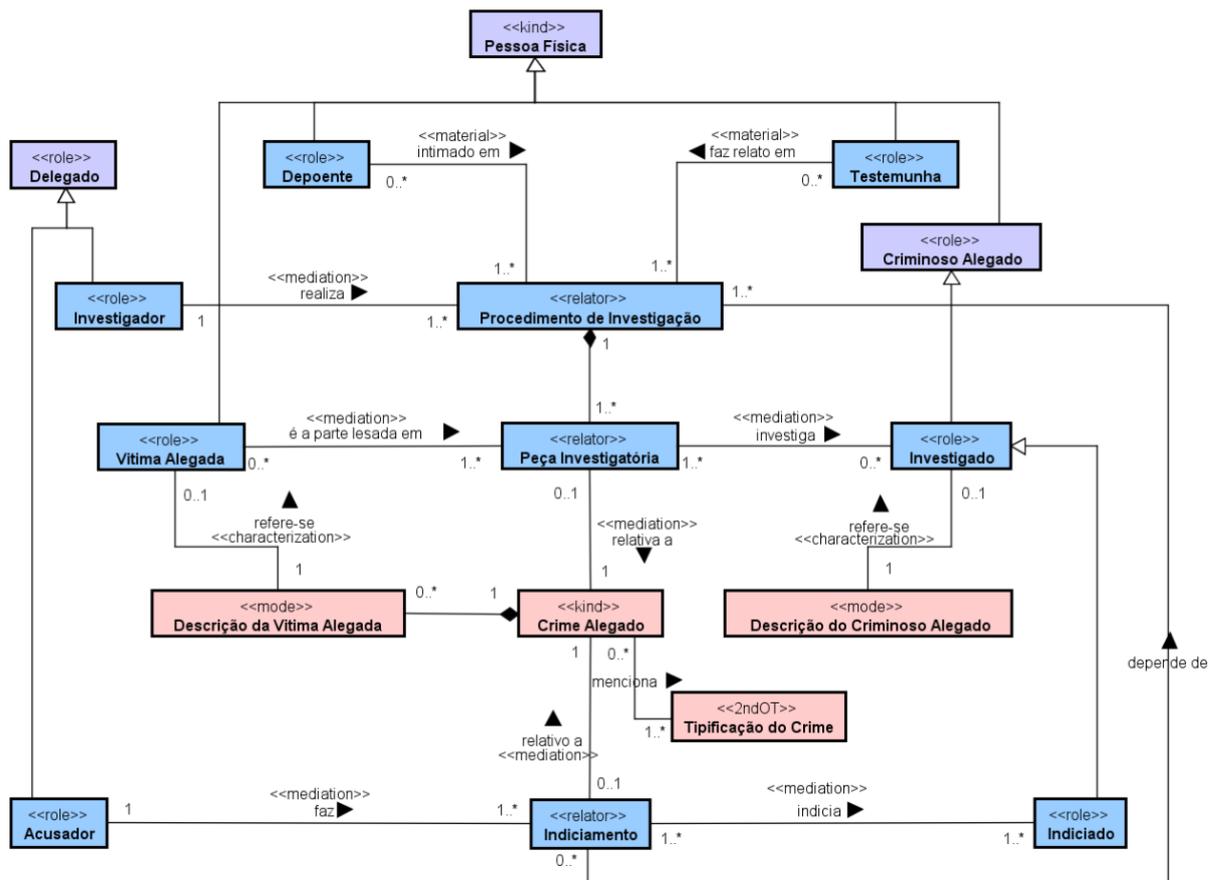


Figura 15: Ontologia de Investigação e Indiciamento

Como mostra a Figura 15, um “Procedimento de Investigação” é realizado por um “Delegado” no papel de “Investigador”. Nesse “Procedimento de Investigação”, o(s) “Depoente(s)” são intimados a depor e a(s) “Testemunha(s)” também fazem seus relatos. Compondo o “Procedimento de Investigação”, existem “Peças Investigatórias”, que dividem o “Procedimento de Investigação” de forma a individualizar cada “Crime Alegado”. Dessa forma em uma “Peça Investigatória” relativa a um “Crime Alegado” da **Ontologia de Descrição de Crime**, podem existir “Vítimas Alegadas” e “Investigados”, que são descritos na **Ontologia de Descrição do Crime** por meio de “Descrição da Vítima Alegada” e “Descrição do Criminoso Alegado”, respectivamente. Já no “Indiciamento”, o “Delegado” desempenha o papel de “Acusador” e o “Investigado” se torna um “Indiciado”. Todos os papéis (*roles*) representados nessa ontologia são especializações do *kind* “Pessoa Física”.

3.4.3 Ontologia de Processo de Execução Penal

A **Ontologia de Processo de Execução Penal** é uma subontologia da **Ontologia de Julgamento**, abordando as condenações, o que, no caso dos crimes dolosos contra a vida, são decorrentes de julgamentos realizados por júri popular, denominado **Tribunal do Júri**.

Para o desenvolvimento da Subontologia do **Processo de Execução Penal** foram levantadas as questões de competência listadas na Tabela 7. A Figura 16 apresenta a ontologia resultante.

Tabela 7 – Questões de Competência da Ontologia de Processo de Execução Penal

| Identificador | Descrição |
|---------------|---|
| QC1 | Quem é o condenado em um dado Processo de Execução Penal? |
| QC2 | Quais são os tipos de agentes de defesa responsáveis por Processos de Execução Penal? |
| QC3 | Quem é o agente de defesa responsável por um dado Processo de Execução Penal? |
| QC4 | Quem é o juiz responsável por um dado Processo de Execução Penal? |
| QC5 | Quais as penas impostas a um condenado em um dado Processo de Execução Penal? |
| QC6 | Qual o juiz responsável por uma pena imposta a um condenado? |
| QC7 | Qual o regime de uma dada pena imposta? |
| QC8 | Qual a duração de uma dada pena imposta? |
| QC9 | A que Crime Alegado se refere uma dada Pena Imposta? |
| QC10 | Quais são as fases de um dado Processo de Execução Penal? |

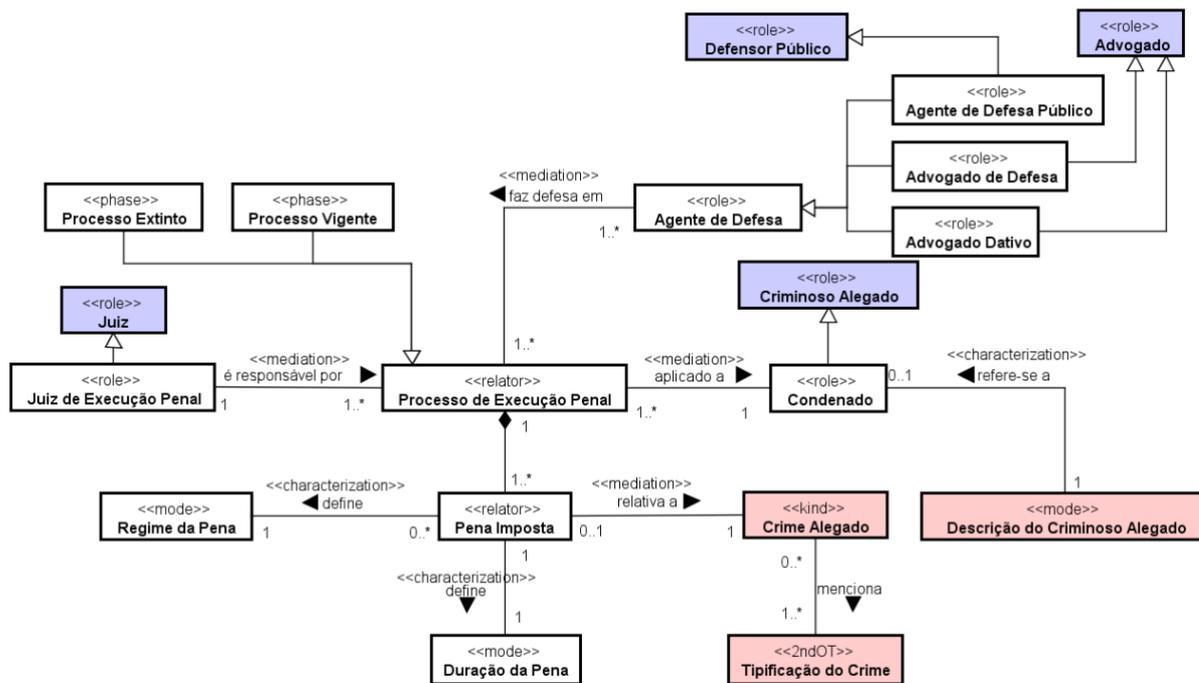


Figura 16: Ontologia de Execução Penal

Como mostra a Figura 16, um “Processo de Execução Penal” é de responsabilidade de um “Juiz de Execução Penal” (que é um “Juiz”) e é aplicado a um “Condicionado”. Ele pode estar no status de “Processo Extinto” (quando o condenado já cumpriu a pena imposta) ou “Processo Vigente” caso contrário. Em um “Processo de Execução Penal” há ainda os “Agentes de Defesa”, responsáveis por acompanhar o processo e garantir os direitos do condenado. Os “Agentes de Defesa” podem ser de três tipos: (i) “Advogado de Defesa” – agente do direito privado contratado pelo condenado para defendê-lo no processo, (ii) “Agente de Defesa Público” – agente do estado alocado para defender o condenado, em casos que o condenado não possua dinheiro para contratar um advogado de defesa, (iii) “Advogado Dativo” – agente do direito privado que é contrato pelo estado para defender o condenado no processo, em casos em que o condenado não possua dinheiro para contratar um advogado de defesa e não existam defensores públicos disponíveis. O “Agente de Defesa Público” é um “Defensor Público” enquanto “Advogado de Defesa” e “Advogado Dativo” são do *role* “Advogado”.

O “Processo de Execução Penal” é composto de “Penas Impostas”, as quais são relativas a “Crimes Alegados”. Um “Crime Alegado” menciona “Tipificação do Crime”, em qual artigo do Código Penal aquele crime se enquadra. Uma “Pena Imposta” é caracterizada de duas formas: ela possui o “Regime da Pena” (fechado, aberto, semiaberto) e também a sua “Duração da Pena” (quantidade de anos, meses e dias a serem cumpridos).

3.5 Realização dos Mapeamentos das Informações

Esta seção tem o objetivo de apresentar a iniciativa de integração realizada neste trabalho, explicando os sistemas a serem integrados DEON e INFOPEN, e os mapeamentos realizados entre os esquemas de dados desses sistemas mediados por uma visão da Rede de Ontologias PCDV.

3.5.1 Cenário de Integração

O cenário de integração envolve dois sistemas de informação - **DEON** e **INFOPEN** - os quais estão no domínio de Segurança Pública. O propósito da integração é apoiar o acompanhamento de crimes violentos contra a vida que foram investigados e se há execução penal para os mesmos. Sendo assim, o cenário de integração envolve informações oriundas dos processos de **Investigação, Indiciamento e Execução Penal** e espera-se responder às questões de integração apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Questões de Integração

| Identificador | Descrição |
|---------------|---|
| QI01 | Qual o percentual de indiciamentos tipificados como homicídio levaram a condenações pelo Art.121 (Matar alguém)? |
| QI02 | Qual o percentual de indiciados por crime de homicídio que já foram condenados por algum crime? |
| QI03 | Qual o percentual de indiciados por crime de homicídio que já foram condenados pelo Art.121? |
| QI04 | Qual o percentual de indiciamentos tipificados como homicídio levaram a condenações por feminicídio? |
| QI05 | Qual o percentual de indiciamentos tipificados como feminicídio levaram a condenações pelo art. 121? |
| QI06 | Qual o percentual de condenações por feminicídio em que o condenado já havia algum indiciamento por lesão corporal? |

Definidos os sistemas, o domínio e as questões de integração a serem abordadas, tem-se, então, o cenário de integração definido, o qual é apresentado na Tabela 9.

Tabela 9: Cenário de Integração

| CENÁRIO DE INTEGRAÇÃO | |
|-----------------------|---|
| SISTEMAS | DEON e INFOPEN |
| DOMÍNIO | Investigação, Indiciamento e Execução Penal |
| ATIVIDADES | lançamento de crimes dolosos contra a vida |

3.5.2 Visão da Rede de Ontologias para a Iniciativa de Integração

Uma vez estabelecido o cenário de integração, passou-se para a fase de análise da integração. Nesta atividade foram definidas as ontologias de domínio a serem utilizadas na iniciativa de integração.

Para esta iniciativa de integração, foram selecionados fragmentos das seguintes ontologias da Rede de Ontologias PCDV: Ontologia de Descrição de Crime, Ontologia de Agentes PCDV, Ontologia de Investigação e Ontologia de Execução Penal. A Figura 17 apresenta a visão da Rede de Ontologias PCDV contendo os conceitos relevantes para esta iniciativa de integração. O modelo de integração aqui apresenta somente os conceitos das ontologias que são úteis para responder a alguma questão de integração.

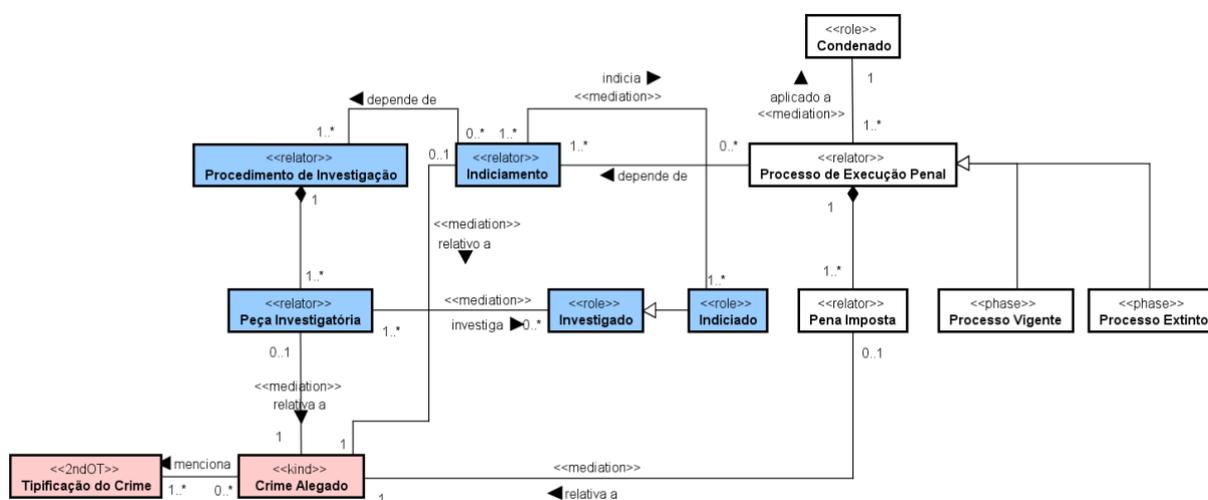


Figura 17: Visão da Rede de Ontologias para a Iniciativa de Integração

3.5.3 Sistemas de Informação na Área de Segurança Pública

Conforme discutido acima, este trabalho busca integrar dados de dois importantes sistemas: DEON e SIEP. Para a confecção dos modelos conceituais estruturais desses sistemas foram utilizados apenas os esquemas do banco de dados de cada um dos sistemas, pois trata-se de dados sigilosos e não foi liberado o acesso completo aos bancos de dados

reais dos sistemas.

DEON (Delegacia Online)

Da parte da Secretaria de Segurança Pública, o sistema escolhido se chama **Delegacia Online (DEON)**. O serviço oferecido pelo sistema é o registro de ocorrências disponibilizado pela Polícia Civil do Estado do Espírito Santo e a Secretaria de Segurança Pública, via Internet. Seu principal objetivo é fornecer comodidade no registro de ocorrências de fatos ocorridos no Estado do Espírito Santo, sem a necessidade de deslocamento imediato do comunicante à Delegacia de Polícia. Dessa forma, qualquer pessoa que seja maior de idade, pode registrar uma ocorrência que será investigada posteriormente. Entretanto, dentro da SESP, o sistema **DEON** possui uma abrangência bem maior: além de todos os serviços oferecidos para a população em geral na questão dos boletins de ocorrência, o sistema também abrange todo o processo de **Investigação**. O Sistema **DEON** armazena todos os elementos que permeiam a investigação contendo as peças do **Inquérito Policial** e o **Indiciamento** que pode ser feito pelo delegado responsável pelo caso ao final do processo.

A Figura 18 apresenta o diagrama de classes do sistema **DEON**, contendo as informações relativas a **Inquérito** e **Indiciamento**.

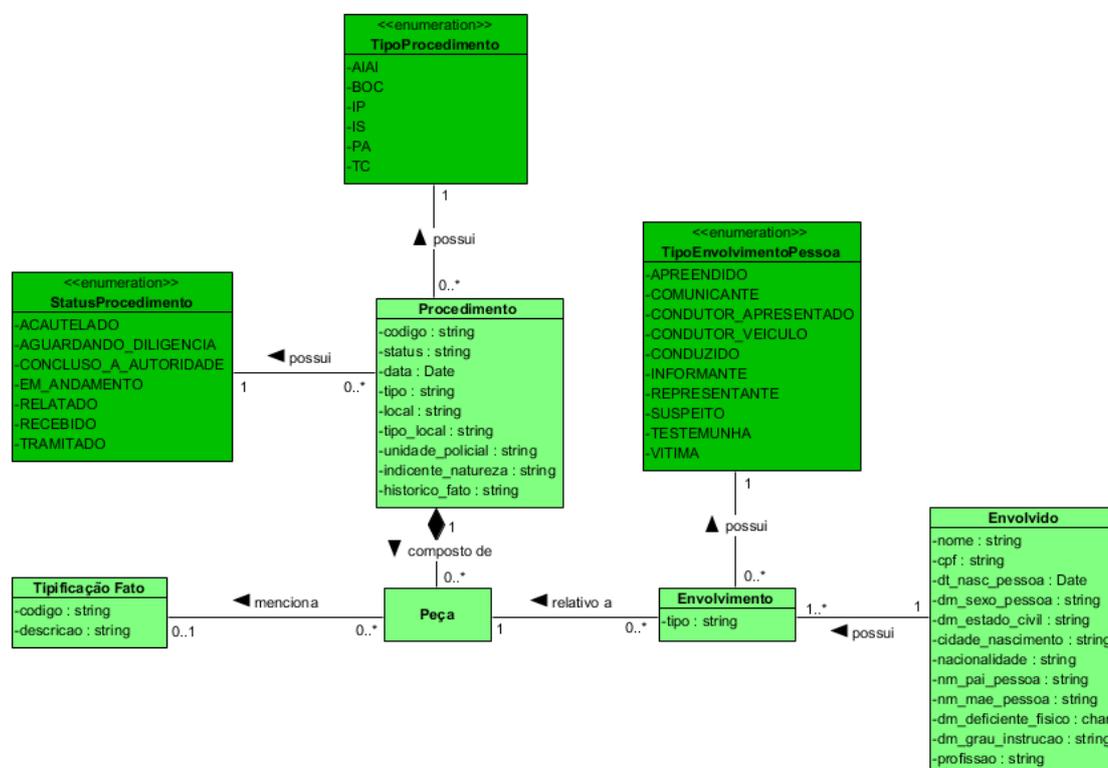


Figura 18: Diagrama de Classes do Sistema DEON (Delegacia Online)

Como mostra a Figura 18, um “Procedimento” pode ser de tipos, conforme representado pelo “Tipo de Procedimento” (Inquérito Policial - IP, Termo Circunstanciado – TC, entre outros). Além de um tipo, “Procedimento” também possui um “Status do Procedimento” (se está em andamento, tramitado etc.). No contexto deste trabalho, estamos interessados apenas nos procedimentos do tipo Inquérito Policial (IP) com status Tramitado, indicando que já foi concluído, ou seja, os investigados foram indiciados.

O “Procedimento” é composto de uma ou mais “Peças”. As mesmas servem para separar cada fato que ocorreu dentro daquele procedimento. O “Envolvimento” é relativo à uma determinada peça. Caso existam suspeitos (“Envolvidos” com “Tipo de Envolvimento da Pessoa” igual a “Suspeito”) relacionados a “Peça”, é possível também mencionar uma “Tipificação do Fato”, ou seja, qual o tipo de crime (e.g., Homicídio, Latrocínio) pelo qual o suspeito está sendo investigado e pode ser indiciado.

Por fim, “Envolvidos” possuem um “Envolvimento” e esse último possui é tipificado pelo “Tipo de Envolvimento da Pessoa” (Vítima, Suspeito, Testemunha etc.).

INFOPEN-ES

O INFOPEN-ES é o sistema de controle de presos provisórios e condenados desenvolvido pela Secretaria de Justiça do Estado do Espírito Santo (SEJUS) em parceria com o Tribunal de Justiça deste Estado e o Instituto de Tecnologia da Informação e Comunicação do Estado do Espírito Santo (Prodest).

O INFOPEN-ES consiste num sistema conglobante dos andamentos processuais extraídos do site deste Tribunal de Justiça, Sistema do Mandados de Prisão, Sistema de Execuções Penais (SIEP) e das informações sobre localização prisional dos custodiados nas Unidades Prisionais sob a administração da Secretaria de Estado da Justiça (SEJUS).

Com essa integração entre todos os sistemas, o INFOPEN-ES desponta como uma ferramenta importantíssima de controle jurídico da população carcerária, possibilitando aos usuários a realização de consultas rápidas e atualizadas sobre a situação carcerária e de determinado custodiado. A Figura 19 apresenta o diagrama do modelo relacional do INFOPEN-ES contendo os dados relativos à **Execução Penal**.

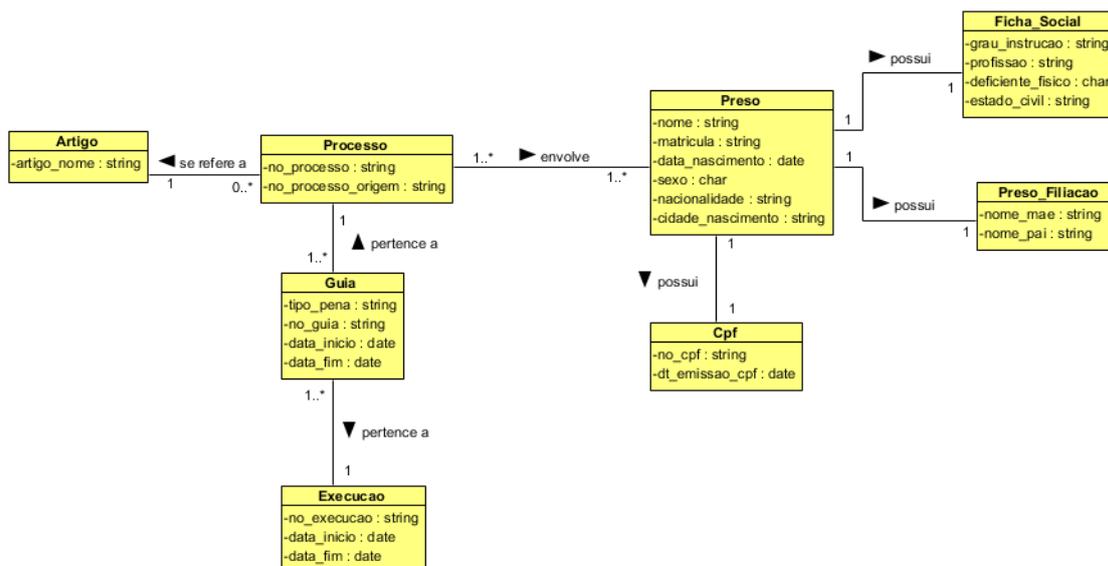


Figura 19: Diagrama de Classes do INFOPEN (Sistema de Execução Penal)

Como a Figura 19 mostra, uma Execução Penal pode ter uma ou mais Guias de Recolhimento, sendo elas as que prescrevem a pena que deverá ser cumprida pelo condenado, mas uma guia pertence a apenas uma execução penal, e cada uma dessas guias pertence a um Processo, sendo que este pode ter mais de uma guia e se refere a um Artigo que diz qual artigo penal se aplica àquele processo. Em nosso protótipo, foram considerados apenas processos que tenham como artigo os artigos penais:

- 121: Matar alguém;
- 129: Ofender a integridade corporal ou a saúde de outrem;
- 148: Privar alguém de sua liberdade, mediante seqüestro ou cárcere privado;
- 155: Subtrair, para si ou para outrem, coisa alheia móvel;
- 157: Subtrair coisa móvel alheia, para si ou para outrem, mediante grave ameaça ou violência a pessoa.

Um processo também tem como envolvidos um ou mais Presos, os quais possuem uma Ficha Social e uma Filiação. Cada Execução Penal é de apenas um Preso.

3.5.4 Mapeamentos Verticais

Os mapeamentos verticais são responsáveis por atribuir significado aos modelos do nível de integração semântica (modelos conceituais dos sistemas, modelo conceitual do processo e o modelo de integração) com base em ontologias [10].

Eles são responsáveis por atribuir um significado genérico e independente da iniciativa de integração específica. São chamados de verticais, porque ocorrem entre os elementos

pertencentes ao nível da integração semântica e os elementos do nível acima, o nível ontológico [10].

Para o contexto deste trabalho foram feitos mapeamentos verticais entre a ontologia de investigação e o sistema DEON e entre a ontologia de Execução Penal e o sistema SIEP. A Tabela 10 apresenta os mapeamentos de conceitos relacionados a investigação e indiciamento.

Tabela 10: Mapeamento Vertical dos Conceitos de Investigação e Indiciamento

| Ontologia | Sistema DEON |
|------------------------------|---|
| Indiciado | Envolvido, se Envolvido e Peça estão associados a um mesmo Envolvimento e Envolvimento está associado com TipoEnvolvimento que é do tipo “Suspeito”, e a Peça é parte de um Procedimento, cujo TipoProcedimento = “Inquérito Policial (IP)” com o StatusProcedimento = “Tramitado” |
| Investigado | Envolvido, se Envolvido e Peça estão associados a um mesmo Envolvimento e Envolvimento está associado com TipoEnvolvimento que é do tipo “Suspeito”, e a Peça é parte de um Procedimento, cujo TipoProcedimento = “Inquérito Policial (IP)” com o StatusProcedimento != “Tramitado” |
| Indiciamento | Procedimento, se StatusProcedimento = “Tramitado” e TipoProcedimento = “Inquérito Policial (IP)” |
| Procedimento de Investigação | Procedimento, se StatusProcedimento != “Tramitado” e TipoProcedimento = “Inquérito Policial (IP)” |
| Peça Investigatória | Peça |
| Tipificação do Crime | TipificacaoFato |

Alguns mapeamentos mostrados na tabela são feitos diretamente, como o conceito de **Peça Investigatória** da ontologia que é mapeado diretamente para o conceito **Peça** do DEON. Entretanto, vários dos mapeamentos impõem restrições para que possam ser estabelecidos. Este é o caso do conceito **Indiciado** da ontologia, que só é mapeado para o conceito **Envolvido** no DEON se **TipoEnvolvimentoPessoa** = “Suspeito” e se o **Envolvido** está associado a uma **Peça**, que é parte de um **Procedimento**, cujo **TipoProcedimento** = “Inquérito Policial (IP)” e **StatusProcedimento** = “Tramitado”.

Após serem realizados os mapeamentos dos conceitos é necessário mapear os relacionamentos que existem na ontologia com os relacionamentos existentes nos sistemas. A Tabela 11 apresenta os mapeamentos para as relações entre a Ontologia de Investigação e Indiciamento e o sistema DEON.

Tabela 11: Mapeamento Vertical dos Relacionamentos de Investigação e Indiciamento

| Ontologia | | | Sistema DEON | | |
|---------------------|----------------|-------------------------------------|--------------|--------------------|------------------------|
| Conceito | Relacionamento | Conceito | Conceito | Relacionament o | Ontologia |
| Peça Investigatória | é parte de | Procediment o de Investigação | Procedimento | possui | TipoProcedi mento |
| | | | Procedimento | possui | StatusProcedi mento |
| | | | Procedimento | é composto de | Peça |
| Crime Alegado | descreve | Peça Investigatória | Peça | menciona | Tipificação Fato |
| Crime Alegado | menciona | Tipificação do Crime | | | |
| Indiciamento | indicia | Indiciado | Procedimento | possui | TipoProcedi mento |
| | | | Procedimento | possui | StatusProcedi mento |
| | | | Procedimento | é composto | Peça |
| | | | Envolvimento | relativo a | Peça |
| | | | Envolvido | Possui | Envolviment o |
| | | | Envolvimento | Possui | TipoEnvolvi mento |
| Peça Investigatória | investiga | Investigado | Procedimento | possui | TipoProcedi mento |
| | | | Procedimento | possui | StatusProcedi mento |
| | | | Procedimento | é composto | Peça |
| | | | Envolvimento | relativo a | Peça |
| | | | Envolvido | Possui | Envolviment o |
| | | | Envolvimento | Possui | TipoEnvolvi mento |

No mapeamento de relações é importante citar que em vários mapeamentos as relações presentes “Procedimento *possui* TipoProcedimento” e “Procedimento *possui* StatusProcedimento” são necessárias para garantir que um **Procedimento** do Sistema DEON é um **Procedimento de Investigação** na ontologia. O mesmo vale para a relação “Envolvido *possui* TipoEnvolvimento”.

A Tabela 12 apresenta os mapeamentos de conceitos relacionados à execução penal.

Tabela 12: Mapeamento Vertical dos Conceitos de Execução Penal

| Ontologia | Sistema SIEP |
|----------------------------|---------------------|
| Condenado | Preso |
| Processo de Execução Penal | Processo |
| Execução Penal | Execução |
| Pena Imposta | Guia |
| Condenado | Preso |

Após serem realizados os mapeamentos dos conceitos é necessário mapear os relacionamentos que existem na ontologia com os relacionamentos existentes nos sistemas. A Tabela 13 apresenta os mapeamentos para as relações entre a Ontologia de Execução Penal e o sistema INFOPEN.

Tabela 13: Mapeamento Vertical dos Relacionamentos de Execução Penal

| Ontologia | | | Sistema INFOPEN | | |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|------------------|
| Conceito | Relacionamento | Conceito | Conceito | Relacionamento | Ontologia |
| Processo Execução Penal | aplicado a | Condenado | Processo | envolve | Preso |
| Pena Imposta | é parte de | Processo Execução penal | Guia | pertence a | Processo |
| Pena Imposta | relativa a | Crime Alegado | Guia | pertence a | Processo |
| | | | Processo | se refere a | Artigo |

3.5.5 Mapeamentos Horizontais

Seguindo o método OBA-SI agora se faria necessário a realização dos mapeamentos horizontais. Eles seriam os mapeamentos diretos entre os conceitos existentes nos dois sistemas estudados, que não seriam mediados por conceitos da ontologia. Entretanto, neste

trabalho não se viu a necessidade de tais mapeamentos, pois todos os conceitos dos sistemas podem ser ancorados diretamente na ontologia.

3.5.6 Modelo de Integração

Efetuados os mapeamentos necessários podemos então elaborar o Modelo de Integração. O modelo de integração serve como referência para atribuição semântica em uma iniciativa de integração, levando em consideração características particulares da mesma e tem grande importância para a integração na camada de dados. Neste trabalho, o modelo de integração coincide com a própria visão da rede de ontologias PCDV mostrada na Figura 17, pois os dados a serem integrados são todos mapeados para este modelo.

3.6 Estruturação do Sistema Inteligente

Uma vez que os mapeamentos verticais estejam completos, a próxima etapa é o desenvolvimento de um sistema inteligente, por nós chamado de INTERSEP – Interoperabilidade Semântica em Segurança Pública, capaz de responder a questões de integração que cruzam dados de sistemas heterogêneos.

O sistema pode ser acessado através do endereço:

<http://intersep.nemo.inf.ufes.br/index.php/prototipo/>

3.6.1 Arquitetura do Sistema Inteligente

Para o desenvolvimento do sistema inteligente no projeto de segurança pública foi utilizado o paradigma OBDA (*Ontology-based Data Access*) [31], que tem como objetivo prover ao usuário acesso às fontes de dados através de uma camada conceitual formulada (ontologias) com conceitos do domínio e familiares ao usuário.

Essa camada pode ser definida como uma ontologia operacional, implementada na linguagem OWLs (*Web Ontology Language*), com a qual são estabelecidos os mapeamentos como uma relação entre os conceitos de domínio e as bases de dados.

Associado ao paradigma OBDA, utilizamos a plataforma ONTOP [32], que auxilia no processo de definição destes mapeamentos e permite ao usuário realizar consultas nas

bases de dados utilizando a linguagem SPARQL⁹, tendo como modelo de referência a ontologia utilizada.

Apesar de se ter obtido os schemas dos bancos de dados selecionados para a integração, não obtivemos acesso aos dados contidos nos mesmos, e desta forma tornou-se necessário o desenvolvimento de um script para a população destes bancos de dados com informações falsas.

Portanto, nós inicialmente selecionamos as bases de dados a serem utilizadas, neste caso DEON e INFOPEN, populamos estas bases com informações falsas através do script desenvolvido, implementamos uma ontologia operacional utilizando a linguagem OWL baseada nos modelos previamente da PCDV-ON, e com isso criamos os mapeamentos entre a ontologia e as bases de dados, relacionando os conceitos de domínio com os conceitos do banco de dados relacional.

Com a ontologia e os mapeamentos implementados, configuramos a plataforma ONTOP para se conectar às bases de dados e utilizar a ontologia e o mapeamento para ser capaz de realizar as consultas SPARQL desejadas, que foram definidas através da análise das questões de integração previamente definidas de forma a responder às mesmas.

Esta arquitetura utilizada é apresentada na Figura 20, em que o sistema OBDA, neste caso, o ONTOP, se conecta às bases de dados e utiliza a ontologia operacional e os mapeamentos para ser capaz de fornecer uma camada conceitual sob estas bases e desta forma possibilitar a realização de consultas feitas pelo usuário através da linguagem SPARQL.

⁹ <https://www.w3.org/TR/sparql11-query/>

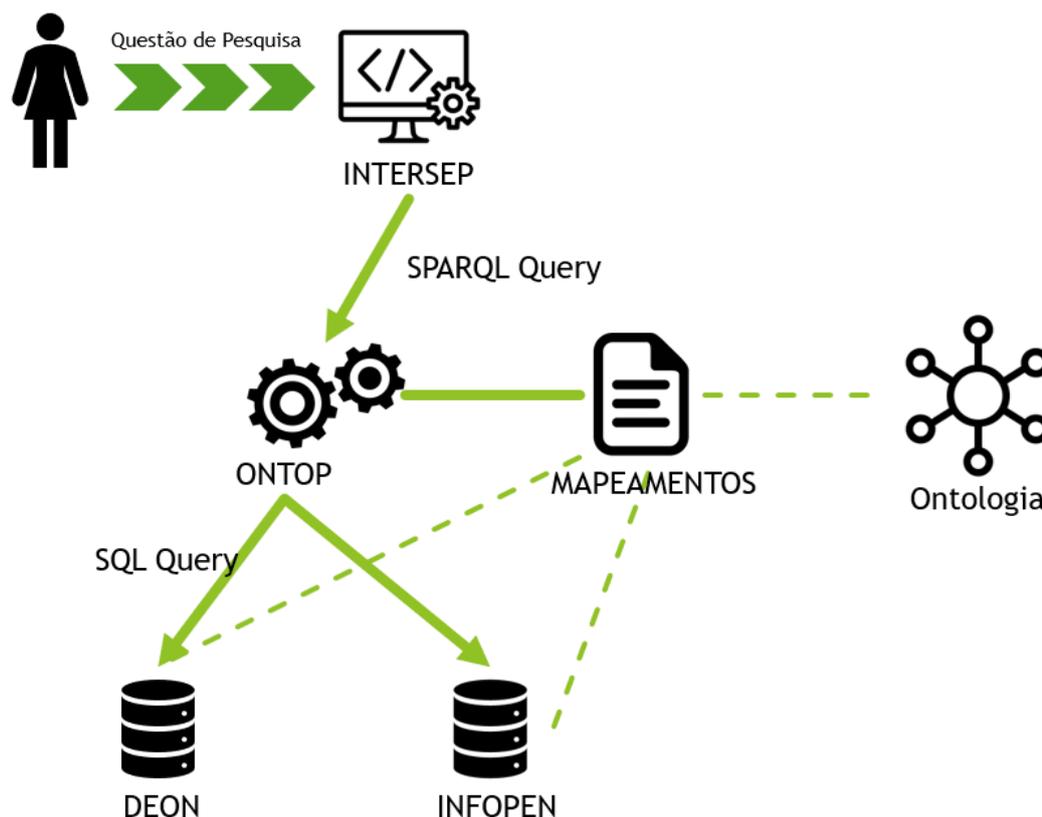


Figura 20: Arquitetura do Sistema Inteligente

3.6.2 Tecnologias Utilizadas no Sistema Inteligente

Conforme citado na seção anterior, foi utilizada a plataforma ONTOP como sistema OBDA, que fornece uma API Java para a utilização de seus recursos e funcionalidades. Desta forma, o protótipo de integração foi implementado como uma aplicação Java que utiliza as funcionalidades do ONTOP através de sua API.

A aplicação Java do protótipo foi desenvolvida como um *web service*, uma solução muito utilizada na integração de sistemas e na comunicação entre aplicações diferentes, pois possibilita a comunicação através de serviços independentes que fornecem os dados através de um formato predefinido.

Neste protótipo o sistema fornece uma série de serviços referentes às questões de integração predefinidas e às consultas qualitativas que podem ser feitas às bases de dados, utilizando o formato JSON¹⁰ para a troca de mensagens.

Ainda foram utilizadas outras tecnologias como o framework Spring¹¹ para injeção

¹⁰ JavaScript Object Notation - <http://www.json.org/>

¹¹ <https://spring.io/>

de dependência, o JWT¹² para assegurar o acesso aos serviços, e o AngularJS¹³ para a criação de uma interface gráfica em que o usuário possa ter fácil acesso ao sistema e realizar as consultas definidas de forma amigável. A estrutura final do protótipo, incluindo as tecnologias descritas é apresentada na Figura 21.

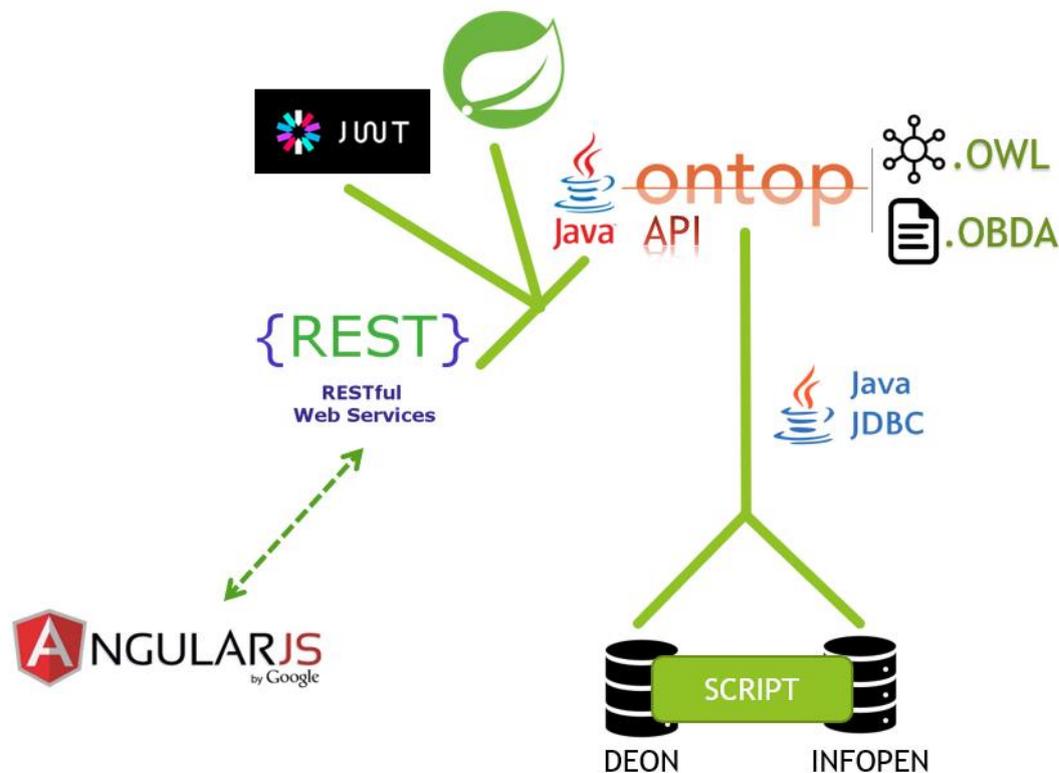


Figura 21: Tecnologias do Sistema Inteligente

No sistema inteligente foram implementadas questões de integração que demonstram a aplicabilidade da solução proposta, estas questões são traduzidas na forma de consultas SPARQL ao sistema OBDA, porém na interface do sistema estas consultas já estão pré-definidas, de forma que o usuário do sistema consegue utilizá-lo sem ter qualquer conhecimento da linguagem de consulta. Entretanto, é fornecida também a possibilidade de se realizar consultas personalizadas, escritas pelo próprio usuário caso tenha interesse em fazer uma consulta específica, necessitando então o conhecimento da linguagem SPARQL para realizá-la.

As questões foram divididas em questões qualitativas, em que se busca o conhecimento acerca de determinada entidade em específico, como por exemplo um processo ou uma pessoa, e questões quantitativas, em que são apresentados dados estatísticos

¹² <https://jwt.io/>

¹³ <https://angularjs.org/>

acerca de determinada questão. A Tabela 14 apresenta as questões de integração que foram implementadas no sistema, e sua respectiva consulta SPARQL:

Tabela 14: Questões de Integração do Sistema Inteligente

| Questões Quantitativas | |
|------------------------|--|
| Identificador | Descrição |
| QI01 | <p>Qual o percentual de indiciamentos tipificados como homicídio levaram a condenações pelo Art.121 (Matar alguém)?</p> <pre> SELECT DISTINCT ?indi ?crime WHERE { ?indi :relativo_a ?crime; :data ?indidata; :codigo ?indicode. ?crime :tipo ?tipo_indi. ?pena :componente_de ?penal; :data_inicio ?data_inicio; :data_fim ?data_fim. ?penal :processo_origem ?indicode; :gera ?execucao. ?pena ?relativo_a ?crime_pena. ?crime_pena :tipo ?tipo_crime_pena. FILTER (?tipo_indi = 1). FILTER (?tipo_crime_pena = "121"). FILTER(?indidata >= "<ano_inicial>-1-1"). FILTER(?indidata <= "<ano_final>-12-31"). FILTER(?data_inicio>= "<ano_inicial>-1-1"). } </pre> |
| QI02 | <p>Qual o percentual de indiciados por crime de homicídio que já foram condenados por algum crime?</p> <pre> SELECT DISTINCT ?pcpf WHERE { ?e :referencia ?p; :se_torna ?c; :cpf ?pcpf. ?indi :indicia ?p; :codigo ?indicode; :data ?indidata; :relativo_a ?crime. ?crime :tipo ?tipo_indi. ?pena :componente_de ?penal; :data_inicio ?data_inicio; :data_fim ?data_fim. ?penal :processo_origem ?porigem; :recebe ?c; :gera ?execucao. FILTER (?tipo_indi = 1). FILTER(?indidata >= ?data_inicio). </pre> |

| | |
|------|---|
| | <pre> FILTER(?indidata >= "<ano_inicial>-1-1"). FILTER(?indidata <= "<ano_final>-12-31"). FILTER(?data_inicio <= "<ano_final>-12-31"). } </pre> |
| QI03 | <p>Qual o percentual de indiciados por crime de homicídio que já foram condenados pelo Art.121?</p> <pre> SELECT DISTINCT ?pcpf WHERE { ?e :referencia ?p; :se_torna ?c; :cpf ?pcpf. ?indi :indicia ?p; :codigo ?indicode; :data ?indidata; :relativo_a ?crime. ?crime :tipo ?tipo_indi. ?pena :componente_de ?penal; :data_inicio ?data_inicio; :data_fim ?data_fim. ?penal :processo_origem ?porigem; :recebe ?c; :gera ?execucao. FILTER (?tipo_indi = 1). FILTER(?indidata >= ?data_inicio). ?pena ?relativo_a ?crime_pena. ?crime_pena :tipo ?tipo_crime_pena. FILTER (?tipo_crime_pena = "121") FILTER(?indidata >= "<ano_inicial>-1-1"). FILTER(?indidata <= "<ano_final>-12-31"). FILTER(?data_inicio <= "<ano_final>-12-31"). } </pre> |
| QI04 | <p>Qual o percentual de indiciamentos tipificados como homicídio levaram a condenações por feminicídio?</p> <pre> SELECT DISTINCT ?indi WHERE { ?indi :relativo_a ?crime; :data ?indidata; :codigo ?indicode. ?crime :tipo ?tipo_indi. ?pena :componente_de ?penal; :data_inicio ?data_inicio; :data_fim ?data_fim. ?penal :processo_origem ?indicode; :gera ?execucao. ?pena :relativo_a ?crime_pena. ?crime_pena :tipo ?tipo_crime_pena. </pre> |

| | |
|------|---|
| | <pre> FILTER (?tipo_indi = 1). FILTER (?tipo_crime_pena = "120") FILTER(?indidata >= "<ano_inicial>-1-1"). FILTER(?indidata <= "<ano_final>-12-31"). FILTER(?data_inicio>= "<ano_inicial>-1-1"). } </pre> |
| QI05 | <p>Qual o percentual de indiciamentos tipificados como feminicídio levaram a condenações pelo art. 121?</p> <pre> SELECT DISTINCT ?indi WHERE { ?indi :relativo_a ?crime; :data ?indidata; :codigo ?indicode. ?crime :tipo ?tipo_indi. ?pena :componente_de ?penal; :data_inicio ?data_inicio; :data_fim ?data_fim. ?penal :processo_origem ?indicode; :gera ?execucao. ?pena ?relativo_a ?crime_pena. ?crime_pena :tipo ?tipo_crime_pena. FILTER (?tipo_indi = 6). FILTER (?tipo_crime_pena = "121"). FILTER(?indidata >= "<ano_inicial>-1-1"). FILTER(?indidata <= "<ano_final>-12-31"). FILTER(?data_inicio>= "<ano_inicial>-1-1"). } </pre> |
| QI06 | <p>Qual o percentual de condenações por feminicídio em que o condenado já havia algum indiciamento por lesão corporal?</p> <pre> SELECT DISTINCT ?pena WHERE { ?indi :relativo_a ?crime; :data ?indidata; :codigo ?indicode. ?crime :tipo ?tipo_indi. ?pena :componente_de ?penal; :data_inicio ?data_inicio; :data_fim ?data_fim. ?penal :processo_origem ?indicode; :gera ?execucao. ?pena :relativo_a ?crime_pena. ?crime_pena :tipo ?tipo_crime_pena. FILTER (?tipo_indi = 5). FILTER(?indidata <= ?data_inicio). FILTER(?incode != ?porigem). FILTER (?tipo_crime_pena = "120"). FILTER(?indidata >= "<ano_inicial>-1-1"). } </pre> |

| | <pre> FILTER(?indidata <= "<ano_final>-12-31"). FILTER(?data_inicio <= "<ano_final>-12-31"). } </pre> |
|------------------------------|--|
| Questões Qualitativas | |
| Identificador | Descrição |
| QI01 | <p>Pesquisa os dados pessoais de um indiciado além de seus processos e condenações nas quais ele é envolvido.</p> <pre> SELECT DISTINCT ?pnome ?pdata_nascimento ?psexo ?peestado_civil ?pcidade_nascimento ?pnacionalidade ?pnome_pai ?pnome_mae ?pdeficiente_fisico ?pgrau_instrucao ?pprofissao ?indicode ?penalcode ?data_inicio ?data_fim ?tipo_crime_pena ?codigo_execucao ?no_execucao WHERE { ?e a :envolvido; :referencia ?p; :se_torna ?c; :cpf "<cpf>"; :nome ?pnome; :data_nascimento ?pdata_nascimento; :sexo ?psexo; :estado_civil ?peestado_civil; :cidade_nascimento ?pcidade_nascimento; :nacionalidade ?pnacionalidade; :nome_pai ?pnome_pai; :nome_mae ?pnome_mae; :deficiente_fisico ?pdeficiente_fisico; :grau_instrucao ?pgrau_instrucao; :profissao ?pprofissao. ?indi a :indiciamento; :indicia ?p; :codigo ?indicode. OPTIONAL { ?penal a :processo_execucao_penal; :codigo ?penalcode; :processo_origem ?processo_origem; :recebe ?c; :gera ?execucao. ?execucao :codigo ?no_execucao. ?pena :componente_de ?penal; :relativo_a ?crime; :codigo ?codigo_execucao; :data_inicio ?data_inicio; :data_fim ?data_fim. ?crime :tipo ?tipo_crime_pena. FILTER (?indicode = ?processo_origem) } } </pre> |
| QI02 | <p>Pesquisa os dados de um processo e os indiciados que estão envolvidos neste processo.</p> <pre> SELECT DISTINCT ?pnome ?pcpf ?indistatus ?inditipo ?indidata ?indilocal ?inditipo_local ?indiunidade_policial ?indinatureza_incidente ?indihistorico_fato ?penalcode ?tipo_crime_pena ?data_inicio ?data_fim ?no_execucao WHERE { ?e a :envolvido; </pre> |

| | |
|--|---|
| | <pre> :referencia ?p; :cpf ?pcpf; :nome ?pname. ?indi a :indiciamento; :indicia ?p; :codigo "<processo>"; :status ?indistatus; :tipo ?inditipo; :data ?indidata; :local ?indilocal; :tipo_local ?inditipo_local; :unidade_policial ?indiunidade_policial; :natureza_incidente ?indinatureza_incidente; :historico_fato ?indihistorico_fato. OPTIONAL { ?e :se_torna ?c. ?pena rdf:type :pena_imposta; :componente_de ?penal; :codigo ?penalcode; :data_inicio ?data_inicio; :data_fim ?data_fim; :relativo_a ?crime. ?crime :tipo ?tipo_crime_pena. ?penal :recebe ?c; :processo_origem ?processo_origem; :gera ?execucao. ?execucao :codigo ?no_execucao. FILTER (?processo_origem = "<processo>") } } </pre> |
|--|---|

3.6.3 Interface Gráfica

Para implementação da Interface Web foram utilizadas as linguagens HTML-5, CSS e JavaScript. Essas linguagens foram utilizadas juntamente com outras tecnologias para desenvolver e aprimorar o resultado final do projeto. As tecnologias utilizadas foram: Bootstrap 3.4.14 (framework para desenvolvimento web, voltado para HTML, CSS e JavaScript), AngularJS15 (framework para desenvolvimento em JavaScript que estende o vocabulário HTML) e ZingChart16 (biblioteca JavaScript voltada para renderização de gráficos). A partir das páginas web, a aplicação fornece dados que são colhidos da integração dos bancos de dados. Os dados apresentados na interface são obtidos via web service pelo

14 <https://getbootstrap.com/docs/3.4/>

15 <https://angularjs.org/>

16 <https://www.zingchart.com/>

servidor onde está hospedada a aplicação. Os dados obtidos estão diretamente ligados às requisições feitas pela interface, sendo elas:

1. Requisição de Questões Quantitativas

```
http://localhost:8081/<Questão>?dataInicial=<DataInicial>&dataFinal=<DataFinal>
```

A requisição acima fica localizada na página de ‘Consultas Quantitativas’ e acontece quando o usuário deseja buscar os dados de uma questão. Quando isso ocorre, a requisição se associa a uma questão específica para ser analisada e também associa a data inicial e final de busca de dados. O retorno da requisição vai ser passado à ferramenta ZingChart que irá renderizar de forma mais amigável o resultado final, e por fim, esse conteúdo é integrado à interface que fornece os gráficos para o usuário.

2. Requisição de Indiciamento CPF

```
http://localhost:8081/indiciamento_cpf?cpf=<CPF>
```

A chamada da requisição de ‘*indiciamento_cpf*’ fica localizada na página de ‘Consultas Qualitativas’ e o acionamento da mesma ocorre quando se deseja buscar informações sobre um indivíduo no sistema integrado. Essa requisição retorna um JSON, é um padrão de formatação leve para troca de dados, com as informações necessárias para apresentação na interface.

3. Requisição de Localiza Processo

```
http://localhost:8081/processo?codigo=<CodigoDoProcesso>
```

A chamada da requisição de ‘processo’ também fica localizada na página de ‘Consultas Qualitativas’ e o seu acionamento ocorre quando se deseja obter

informações sobre um processo específico do DEON. Essa requisição retorna um JSON¹⁷ com as informações necessárias para apresentação na interface.

4. Requisição SPARQL

```
http://localhost:8081/sparql?q=<Query>
```

Por último, temos a requisição de 'sparql' que é requerida na página de 'Consultas Personalizadas'. Essa requisição é chamada quando o usuário deseja executar um código Sparql para ser respondido a partir da integração dos bancos de dados.

Outro ponto importante na etapa do desenvolvimento da Interface Gráfica ocorreu com um trabalho juntamente com um profissional de design para melhorar a relação Humano Computador e apresentar uma interface clara, amigável e responsiva. As figuras de 22 a 31 mostram a nova interface da aplicação desenvolvida.



Figura 22. Página inicial da aplicação.

¹⁷ JavaScript Object Notation - <http://www.json.org/>

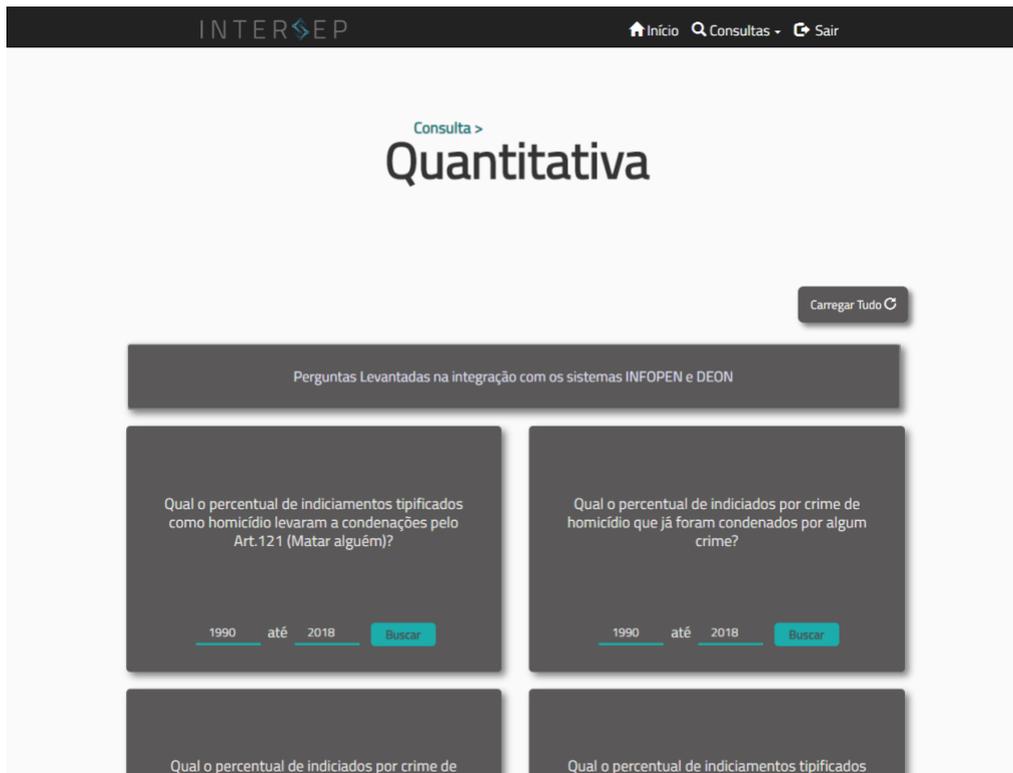


Figura 23. Página de Consulta Quantitativa

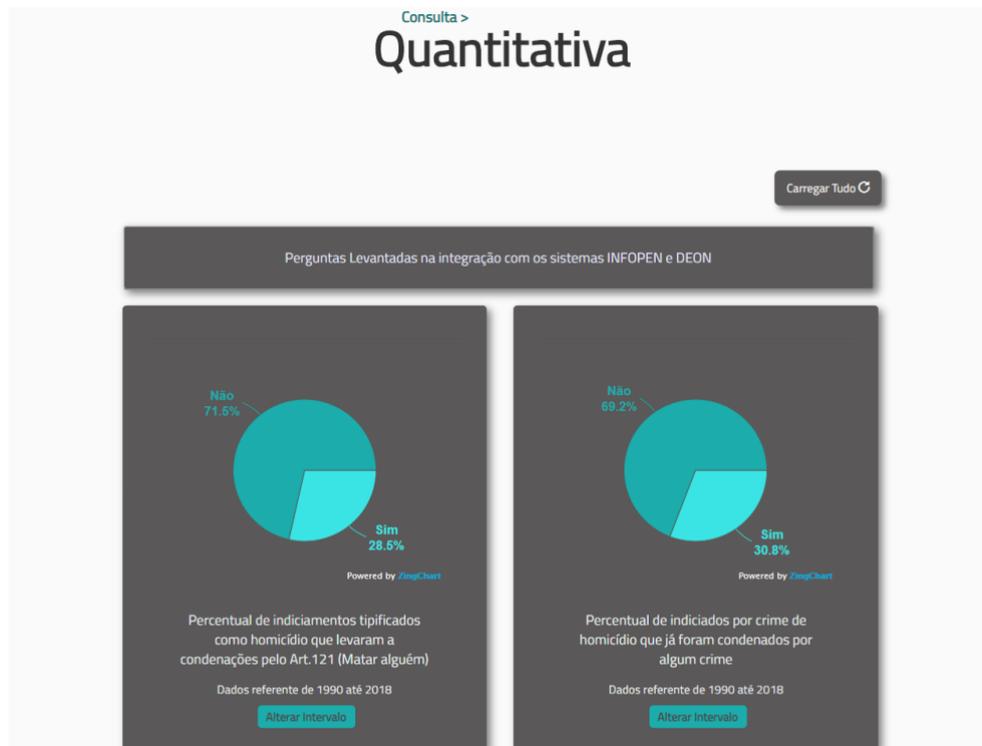


Figura 24. Exemplo de respostas da página de Consulta Quantitativa

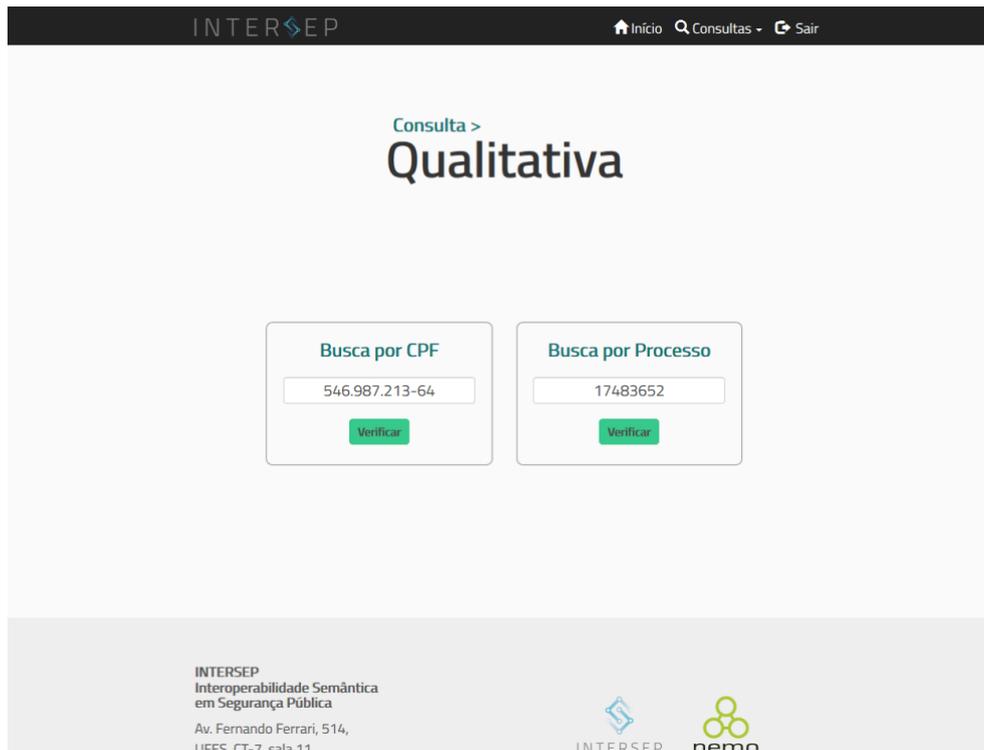


Figura 25. Página de Consulta Qualitativa

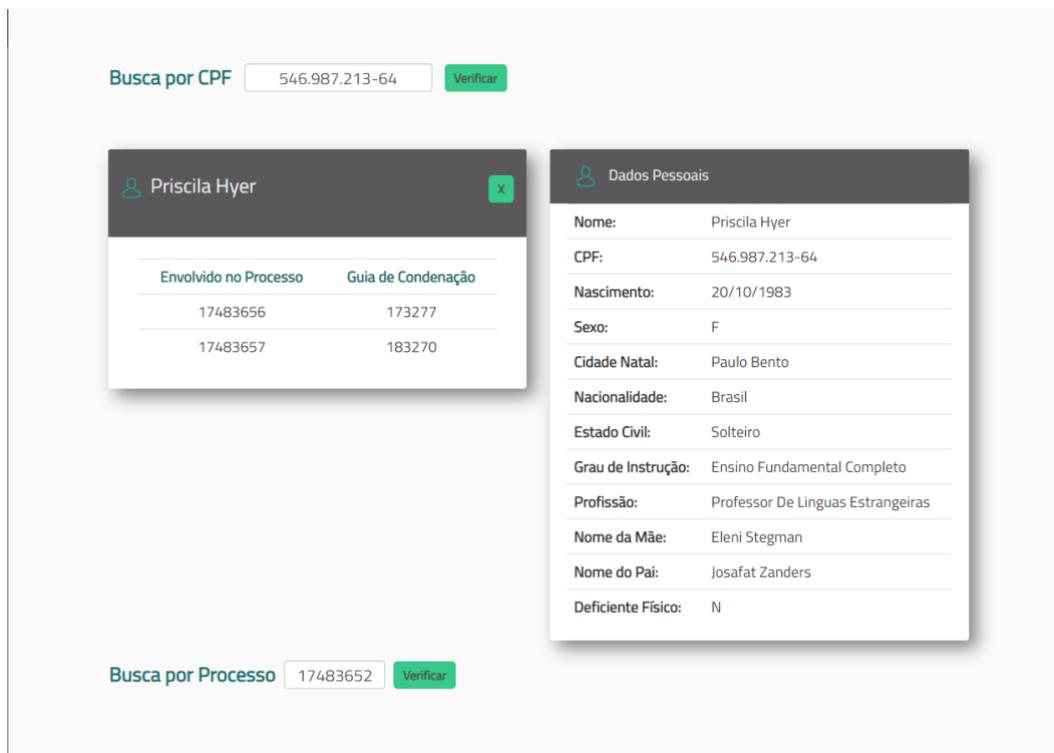


Figura 26. Exemplo de resposta da página de Consulta Qualitativa

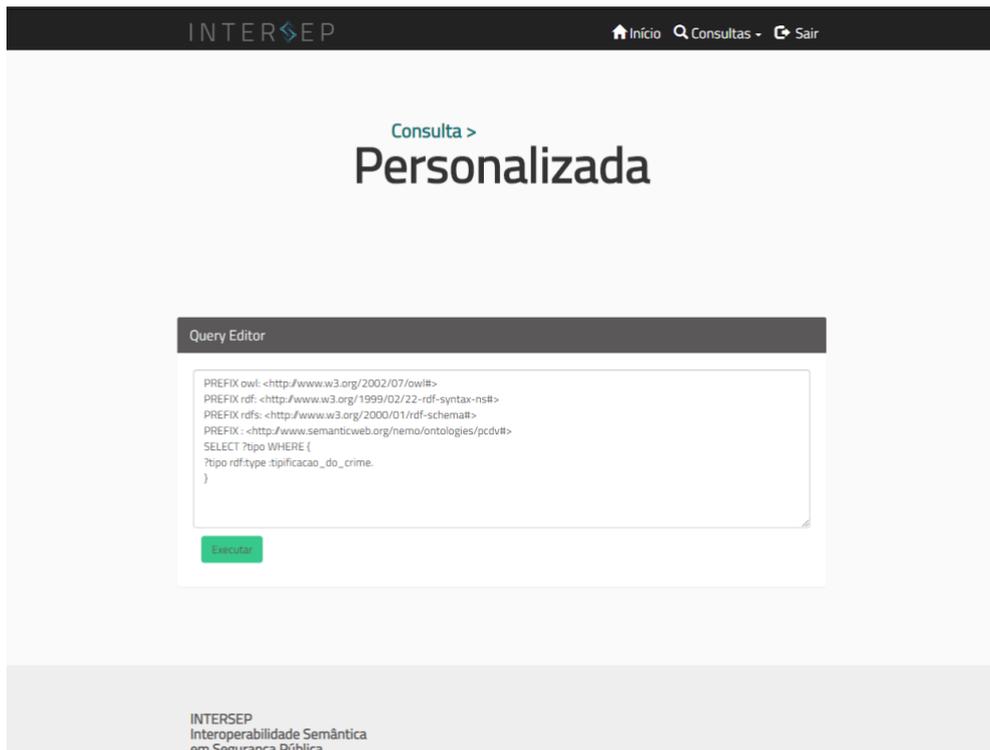


Figura 27. Página de Consulta Personalizada

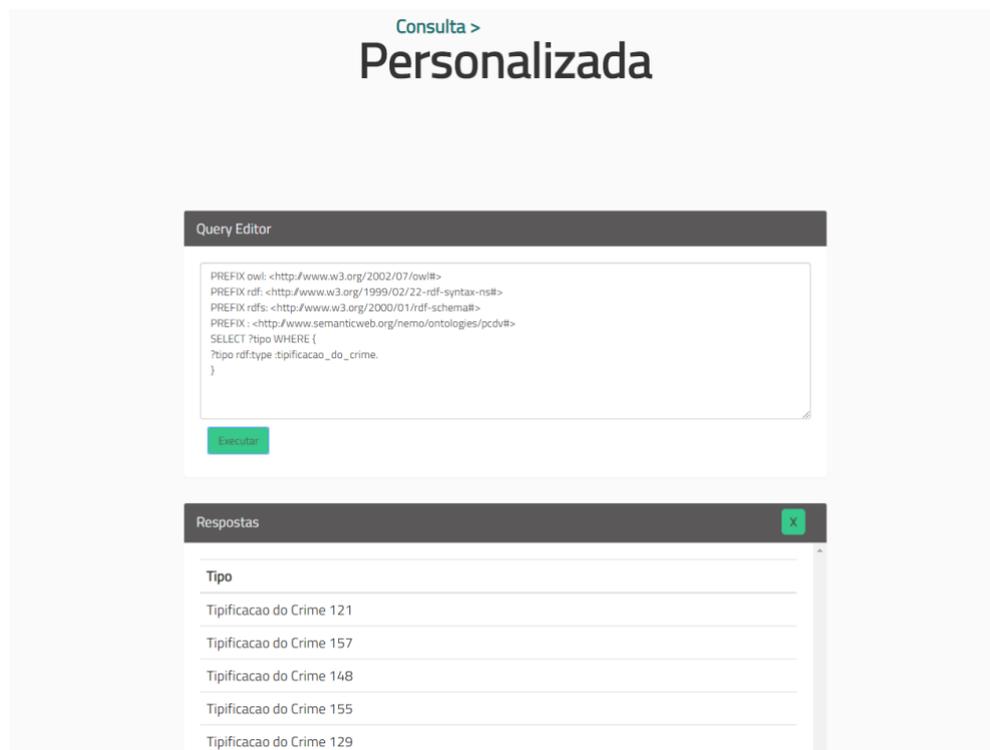


Figura 28. Exemplo de resposta da página de Consulta Personalizada



Figura 29. Versão mobile da página inicial da aplicação

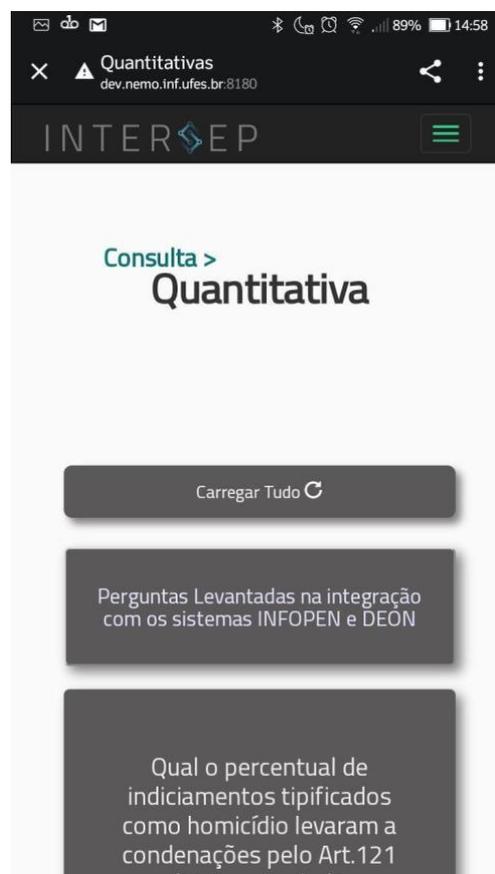


Figura 30. Versão mobile da página de Consulta Quantitativa

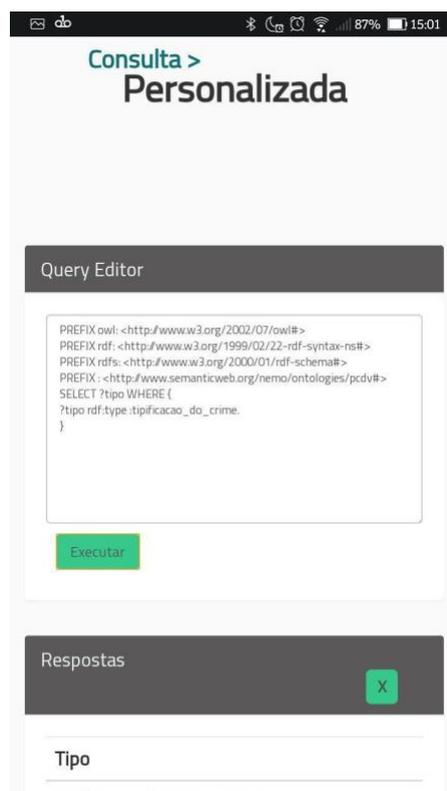


Figura 31. Versão mobile da página de Consulta Personalizada

3.6.4 Script de Geração de Dados

Com relação aos dados utilizados no INTERSEP, foram feitos esforços para a utilização de dados reais, porém o acesso não foi possível devido a sensibilidade dos dados e a complexidade de autorização para o uso dos mesmos, portanto, com o objetivo de testar e aplicar o protótipo, surge a necessidade da criação de um banco de dados fictício. Esse banco de dados deve seguir os modelos de classe elaborados do DEON e INFOPEN, portanto o schema do banco foi construído a partir desses modelos. As Figuras 32 e 33 retratam esse schema.



Figura 32. Modelo Entidade-Relacionamento do DEON

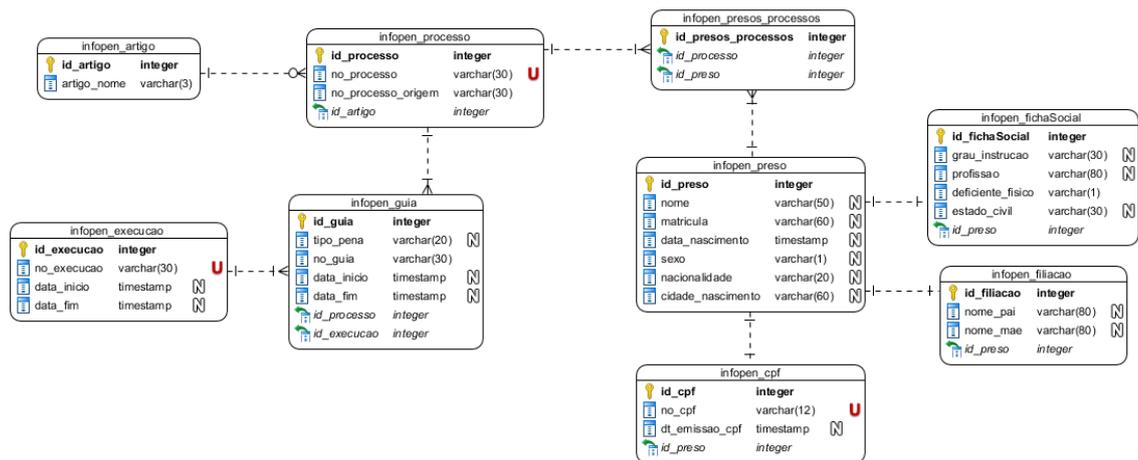


Figura 33. Modelo Entidade-Relacionamento do INFOPEN

O banco de dados foi criado utilizando a plataforma PostgreSQL 9.5.17¹⁸. Para preencher esse banco utilizado no protótipo, implementou-se um script de geração de dados na linguagem Java, disponibilizado em um repositório do GitHub¹⁹. Esse script tem como objetivo preencher as tabelas do banco com instâncias fictícias dos conceitos levantados. Para a execução do script, inicialmente deve existir o banco criado na plataforma

18 <https://www.postgresql.org/>

19 <https://github.com/nemo-ufes/INTERSEP>

PostgreSQL a partir dos schemas. O próximo passo é a conexão do código com driver PostgreSQL JDBC Driver²⁰. Esse driver é responsável por permitir a conexão com o servidor do banco e permitir a execução de comandos em SQL pelo código Java. A seguir, é necessário alterar os parâmetros relacionados ao banco dentro do código. Na classe Main, você deve alterar os atributos da seguinte maneira:

- `database`: alterar para o nome do seu banco de dados no PostgreSQL
- `userPostgreSQL`: alterar para o nome do usuário ao qual pertence o banco de dados
- `passwordPostgreSQL`: alterar para a senha referente ao usuário

Uma vez que esses parâmetros estejam alterados, basta executar a Main para que se inicie o processo de geração de dados. Um fator importante para a execução do script é que, para que haja variação de dados, o código precisa acessar cinco arquivos CSV:

- `female_names.csv`
- `male_names.csv`
- `jobs.csv`
- `last_names.csv`
- `brazilian_cities.csv`

Esses arquivos auxiliam na aleatoriedade dos nomes dos indivíduos, endereços e profissões. Com o código em execução, a pergunta que o programa faz é “Quantos processos devem ser criados?”. Essa pergunta se refere ao número de procedimentos criados na tabela `deon_procedimentos`. A seguir, o código irá preencher todas as tabelas de acordo com o número de procedimentos, isto é, para cada procedimento, irá criar uma instância em cada tabela, com exceção da tabela `deon_tipificação_fato`, que apenas armazena as tipificações possíveis de um procedimento. Portanto, nesse momento, o número de linhas de todas as outras tabelas são iguais. Essa proporção “um para um” não cria instâncias específicas como envolvidos em mais de um indiciamento, condenados em mais de um processo penal e envolvidos com condenação vigente. Para resolver esse problema, a abordagem utilizada foi percorrer os procedimentos, identificar o envolvido em cada procedimento e fazer as alterações necessárias para criar essas instâncias específicas, por exemplo inserir novos envolvimento ou novas condenações em um preso.

²⁰ <https://jdbc.postgresql.org/>

Após a criação das instâncias especiais, o script cria instâncias de vítimas e advogados e insere no banco de dados do DEON. Ao fim, o programa imprime o tempo de execução e é finalizado. Com a execução desses passos, os bancos estarão preenchidos.

3.6.5 Testes de Desempenho

Um processo de testes foi feito com o objetivo de analisar o desempenho do sistema, portanto foi utilizado um banco de dados com 300 mil indivíduos, sendo 100 mil envolvidos em algum indiciamento. Os testes foram divididos entre as questões qualitativas e quantitativas, observando o tempo de execução de cada requisição. Na Tabela 15 estão as especificações técnicas das máquinas utilizadas para execução dos testes.

Tabela 15. Especificação técnica das máquinas

| Componente | Máquina 1 (M1) | Máquina 2 (M2) |
|---------------------|--|--|
| Processador | Intel(R) Core(TM) i5-4430 CPU @ 3.00GHz | Intel(R) Xeon(R) E5620 CPU @ 2.4GHz |
| Memória RAM | 8,00GB | 5,00GB |
| Sistema Operacional | 64bits | 64bits |
| Tipo de Sistema | Windows 8.1 | Ubuntu 16.04 |

Testes das questões qualitativas

As questões qualitativas são as buscas por indivíduos ou processos dado um identificador único. Essas buscas trazem informações importantes como dados pessoais, indiciamentos e condenações de um indivíduo ou dados e envolvidos de um processo. Na Tabela 16 estão representados os testes executados.

Tabela 16. Tempo de resposta das questões qualitativas

| Buscas | Tempo de resposta em M1 (ms) | Tempo de resposta em M2 (ms) |
|--------------------|------------------------------|------------------------------|
| busca por CPF | 2520 | 7509 |
| busca por Processo | 981 | 2804 |

Testes das questões quantitativas

As questões quantitativas são limitadas por intervalo de datas, permitindo concentrar as buscas em períodos de tempo determinados. Com o objetivo de representar os casos mais abrangentes, realizamos os testes com o limite de datas presentes no banco de dados, ou seja, fizemos as buscas utilizando todo o conteúdo do banco. Para buscas em intervalos menores, o tempo de resposta diminui proporcionalmente ao tamanho do intervalo. Na Tabela 17 estão representados os testes referentes a cada questão quantitativa.

Tabela 17. Tempo de resposta das questões quantitativas

| Questão | Tempo de resposta em M1(ms) | Tempo de resposta em M2(ms) |
|---------|-----------------------------|-----------------------------|
| QI01 | 7017 | 14907 |
| QI02 | 3849 | 9750 |
| QI03 | 3251 | 7248 |
| QI04 | 7190 | 15019 |
| QI05 | 7167 | 15060 |
| QI06 | 1481 | 3062 |

4 - Conclusão

Neste trabalho, nós apresentamos uma abordagem de governança utilizada para realizar a interoperabilidade semântica do domínio de segurança pública. Tal abordagem é composta por uma série de etapas, onde os primeiros passos são realizar uma análise detalhada do domínio, entendendo os atores, processos, sistemas e informações envolvidas.

Visto que o domínio de segurança pública é um domínio extenso que envolve muitas informações que estão espalhados em diversas agências de administração pública (SESP, SEJUS, TJES, MPES), analisar tal domínio se torna uma atividade complexa. Por esse motivo, nós adotamos o uso de modelos corporativos (EA), uma vez que a representação gráfica desses modelos ilustra o domínio e suas inter-relações, tornando mais fácil analisá-lo e identificar questões de interoperabilidade.

Uma vez identificadas as questões de interoperabilidade, a abordagem prevê o alinhamento das fontes heterogêneas de dados com base em ontologias de referência, onde essas ontologias seriam uma “interlíngua” entre as semânticas dos elementos compartilhados entre as agências de administração pública. Novamente, dada a extensão do domínio de segurança pública, apenas uma ontologia monolítica se tornaria difícil de manipular, utilizar e manter. Portanto, neste contexto, uma rede de ontologias (ON) é vista como uma abordagem adequada para o desenvolvimento, integração, manutenção e gerenciamento de uma série de ontologias interligadas. No contexto do projeto, nós desenvolvemos uma rede de ontologias chamada PCDV-ON (Rede de Ontologias sobre Processo de Crime Doloso Contra a Vida).

As ontologias da rede são utilizadas então para o desenvolvimento de soluções de interoperabilidade semântica dos sistemas de informações heterogêneos. Nossa solução de interoperabilidade envolveu os processos de Investigação, Indiciamento e Condenação, que são considerados os maiores obstáculos do processo de crime doloso contra a vida (PCDV), uma vez que produzem/consomem uma grande quantidade de dados do PCDV. Nós empregamos a abordagem baseada em ontologias para integração de dados, OBA-SI, em duas aplicações, chamadas: DEON e INFOPEN. O principal propósito da integração era prover informações úteis para auxiliar a monitoração de crimes violentos investigados e as condenações relativas a eles. Estas informações são apresentadas em um sistema inteligente, chamado INTERSEP, que seria capaz de responder a questões de integração que cruzam os domínios de investigação e condenação, tais como: “Qual percentual de indiciamentos tipificados como homicídio levaram a condenações pelo Art.121?”.

Para o desenvolvimento do sistema inteligente, nós transformamos os modelos OntoUML da PCDV-ON em um artefato computacional implementado em OWL e adotamos a abordagem OBDA para mapear as ontologias (agora em OWL) com os bancos de dados dos sistemas a serem integrados. Associado ao paradigma OBDA, utilizamos a plataforma ONTOP que auxilia no processo de definição destes mapeamentos e permite ao usuário realizar consultas nas bases de dados utilizando a linguagem SPARQL, tendo como modelo de referência a ontologia utilizada. Desta forma, o sistema inteligente é capaz de responder às questões de integração definidas anteriormente no cenário de integração. Além disso, ele também é adaptável a novas questões de integração, uma vez que o mapeamento é flexível e pode ser ampliado para atender a novas consultas, e uma interface para consultas personalizadas foi disponibilizada na aplicação.

Referências

- [1] M. Uschold, and M. Gruninger, “Ontologies: principles, methods and applications”, *The knowledge engineering review*, vol. 11.02, pp. 93-136, 1996.
- [2] H. J. Scholl, and R. Klischewski, “E-government integration and interoperability: framing the research agenda”, *International Journal of Public Administration*, vol. 30.8-9, pp. 889-920, 2007.
- [3] V. Peristeras, T. Konstantinos, and S. K. Goudos, “Model-driven eGovernment interoperability: a review of the state of the art”, *Computer Standards & Interfaces*, vol. 31.4, pp.613-628, 2009.
- [4] M. C. Suárez-Figueroa, A. Gómez-Pérez, E. Motta, and A. Gangemi, eds. “Ontology engineering in a networked world”, Springer Science & Business Media, 2012.
- [5] V. F. A. Santander, J. F. B. Castro, “Deriving Use Cases from Organizational Modeling”. In: *IEEE Joint International Conference on Requirements Engineering*, Washington, DC, USA, 2002, pp. 32-42.
- [6] SOMMERVILLE, I., *Software Engineering*, 8th Edition (International Computer Science Series), 2016, Hardcover.
- [7] Cerqueira, D., Lima, R. S., Bueno, S., Valencia, L. I., Hanashiro, O., Machado, P. H. G., Lima, A. S. (2017). *Atlas da Violência*. Available in: http://www.ipea.gov.br/portal/images/170602_atlas_da_violencia_2017.pdf, last accessed at 06/29/2018 (in Portuguese).
- [8] Jacobson, I., 1993. “Object-oriented software engineering: a use case driven approach”. Pearson Education India
- [9] F. B. Ruy, R. A. Falbo, M. P. Barcellos, S. D. Costa, and G. Guizzardi, “SEON: A software engineering ontology network”, in *Proceedings of the 20th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management*. Bologna, Italy, pp. 527-542, 2016.
- [10] Calhau, R. F., Falbo, R. A. (2010). “An Ontology-Based Approach for Semantic Integration”. In *14th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference*. IEEE, p. 111–120.
- [11] LANKHORST, M. “Enterprise Architecture at Work”. 2009. 2ª ed. Germany, Berlin: Springer. 352 p. PMI, Project Management Institute. *The Guide to Project Management Body of Knowledge. PMBOK® Guide*, 4th edition. Project Management Institute, 2008.
- [12] CARDOSO, E. C. S. “On the alignment between goal models and enterprise models with an ontological account”. 2009. 208 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória: 2009.
- [13] ROSS, J. W.; WEILL P.; ROBERTSON D. “Enterprise architecture as strategy: Creating a foundation for business execution”. 2006. Harvard Business Press.
- [14] SANTOS JR., P. S. “Uma abordagem de desenvolvimento baseada em modelos organizacionais de TI: da semântica ao desenvolvimento de sistemas”. 2009. 250f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Espírito Santo.

- Vitória:2009.
- [15] SANTOS JR., P. S.; ALMEIDA, J. P. A.; GUIZZARDI, G. “An Ontology-Based Semantic Foundation for Organizational Structure Modeling in the ARIS Method”. 2013. EDOCW (p. 272-282).
- [16] The Open Group. ArchiMate 3.0 Specification. (2016). Technical Standard. The Open Group, UK. Available in: <http://www.opengroup.org/subjectareas/enterprise/archimate/>, last accessed at 06/29/2018.
- [17] Guizzardi, G. (2005). Ontological foundations for structural conceptual models. Centre for Telematics and Information Technology, Netherlands.
- [18] GUARINO, N. “Formal Ontology and Information Systems”. 1998. Formal Ontology in Information Systems, Proceedings of the International Conference on Formal Ontology and Information Systems (FOIS), Trento, Italia. pag.3-15.
- [19] GANGEMI, A.; GUARINO, N.; MASOLO, C; OLTRAMARI, A.; SCHNEIDER, L. “Sweetening ontologies with DOLCE”. 2002. In: Knowledge Engineering and Knowledge Management: Ontologies and the Semantic Web, Lecture Notes in Computer Science, vol. 2473. p. 223–233.
- [20] ALBUQUERQUE, A. F. “Ontological Foundations for Conceptual Modeling Datatypes”. 2013. Dissertação (Mestrado em Infomática) – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória.
- [21] Detoni, A. A., Miranda, G. M., Renault, L. D., Falbo, R. A., Almeida, J. P. A., Guizzardi, G., and Barcellos, M. P. (2017). “Exploring the Role of Enterprise Architecture Models in the Modularization of an Ontology Network: A Case in the Public Security Domain”. In: Proc. Of the Enterprise Distributed Object Computing Workshops (EDOCW), IEEE, pp. 117-126.
- [22] Suárez-Figueroa, M. C., Gómez-Pérez, A., Motta, E., and Gangemi, A. (Eds.) (2012). “Ontology engineering in a networked world. Springer Science & Business Media”.
- [23] R.A. Falbo, SABiO: “Systematic Approach for Building Ontologies”, *ONTO.COM/ODISE@FOIS*, 2014.
- [24] VERNADAT, F. B. “Interoperable enterprise systems: Principles, concepts, and methods”. Annual reviews in Control, v. 31, n. 1, p. 137-145, 2007.
- [25] IZZA, S. “Integration of industrial information systems from syntactic to semantic integration approaches”. Enterprise Information Systems, Vol. 3, No. 1, Fevereiro 2009. 1-57.
- [26] NARDI, JULIO CESARJ. C.; DE ALMEIDA FALBO, R. A.ICARDO; ALMEIDA, JOÃO PAULOJ. P. A. “A Panorama of the Semantic EAI Initiatives and the Adoption of Ontologies by these Initiatives”. In: International IFIP Working Conference on Enterprise Interoperability. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. p. 198-211.
- [27] MUTHAIYAH, S.; KERSCHBERG L. “A hybrid ontology mediation approach for the semantic web”. International Journal of E-Business Research 4.4 (2008): 79.
- [28] TOURINHO FILHO, F. C. “Manual de Processo Penal”. 16 ed. São Paulo: Saraiva, 2013. p.114
- [29] SCHOLL, H. J.; KLISCHEWSKI R. “E-government integration and interoperability:

- framing the research agenda”, *International Journal of Public Administration*, vol. 30.8-9, pp. 889-920, 2007.
- [30] PERISTERAS, V.; KONSTANTINOS T.; GOUDOS, S. K. “Model-driven e-Government interoperability: a review of the state of the art”, *Computer Standards & Interfaces*, vol. 31.4, pp.613-628, 2009.
- [31] Botoeva, E., Calvanese, D., Cogrel, B., Rezk, M., Xiao, G. (2016). “OBDA beyond relational DBs: A study for MongoDB”. *CEUR Workshop Proceedings*.
- [32] Calvanese, D., Cogrel, B., Komla-Ebri, S., Kontchakov, R., Lanti, D., Rezk, M., Rodriguez-Muro, M., Xiao, G. (2017). “Ontop: Answering SPARQL queries over relational databases. *Semantic Web*”, 8(3), pp.471-487.
- [33] Guizzardi, G., Wagner, G., Almeida, J.P.A.A., Guizzardi, R.S.: Towards ontological foundations for conceptual modeling: the unified foundational ontology (ufo) story. *Applied ontology* 10(3-4), 259–271 (2015)