

**CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA
FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**Proposta de modelo de fusão de dados com foco na
qualidade da informação e na experiência do usuário**

MATHEUS PELLEGRINI FERNANDES

Marília, 2013

**CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA
FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**Proposta de modelo de fusão de dados com foco na
qualidade da informação e na experiência do usuário**

Monografia apresentada ao Centro
Universitário Eurípides de Marília
como parte dos requisitos necessários
para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciência da Computação
Orientador: Prof. Ms. Leonardo Castro
Botega

Marília, 2013



CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – AVALIAÇÃO FINAL

Matheus Pellegrini Fernandes

Proposta de modelo de fusão de dados com foco na qualidade da
informação e na experiência do usuário.

Banca examinadora da monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciência da
Computação do UNIVEM/F.E.E.S.R., para obtenção do Título de Bacharel em Ciência da
Computação.

Nota: 8,5 (oito e meio)

Orientador: Leonardo Castro Botega

1º. Examinador: Fabio Lucio Meira

2º. Examinador: Adriano Bezerra

Marília, 02 de dezembro de 2013.

À minha família e amigos, pela força e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família pelo incentivo e apoio, não seria nada sem vocês.

Agradeço também meus amigos, pela ótima companhia nestes quatro anos, em especial, Allan, Rodolfo e Rafael(Pudim). Obrigado por todas as risadas que me proporcionaram.

Agradeço a todos os professores pela paciência, dedicação e empenho no ensino.

Agradeço também a meu orientador, Leonardo. Obrigado por todas as orientações e conselhos, não conseguiria chegar até aqui sem isto.

A todos os demais que de alguma maneira contribuíram para este trabalho, muito obrigado.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é promover uma proposta de inteligência para sistemas de fusão de dados e informações de modo que contribua para a ciência da situação através da identificação e caracterização de informações incertas utilizando uma ontologia.

O trabalho foi dividido em três etapas sendo elas, levantamento bibliográfico, onde espera-se a obtenção de uma base de conhecimentos sobre fusão e qualidade da informação, proposta do modelo de inteligência, onde espera-se que seja criado um modelo que contribua para a fusão por meio de uma ontologia e estudo de caso em C2, onde espera-se que o modelo criado anteriormente possa ser utilizado em um cenário com informações reais de modo que o mesmo possa ser testado.

ABSTRACT

The objective of this work is to promote a proposal for intelligence data fusion and information in order to contribute to the science of the situation through the identification and characterization of uncertain information using an ontology systems.

The work was divided into three stages with them, bibliographic, where he hopes to obtain a basic knowledge of merger and quality of information, intelligence of the proposed model, which is expected to contribute to a model that is created sallam through an ontology and a case study in C2, where it is expected that the model created previously can be used in a scenario with real information so that it be tested.

Índice de ilustrações

Figura 1. Modelo de fusão JDL(1992).....	11
Figura 2. Ciclo de inteligência(Bedworth,2000).....	13
Figura 3. Modelo de laço Boyd(Boyd,1987).....	14
Figura 4. Modelo de cachoeira(1994).....	15
Figura 5. Modelo de Dasarathy(Dasarathy,1997).....	16
Figura 6. Modelo Omnibus (Bedworth,2010).....	17
Figura 7. Níveis Ciência da Situação (Endsley,2008).....	20
Figura 8 Taxonomia de ignorância de acordo com Smithson(1990).....	23
Figura 9 Tipos de incerteza de acordo com Bouchon-Meunier e Nguye(1996).....	24
Figura 10 Modelo de incerteza de acordo com Krause e Clark (1993).....	24
Figura 11 Tipos de incerteza de acordo com Klir e Yuan (1995).....	24
Figura 12 Estruturação de Smets sobre informação imperfeita (1997).....	25
Figura 13 Taxonomia de metodologias de fusão de dados (Khaleghi,2011).....	26
Figura 14 Fases do projeto(Fonte própria).....	30
Figura 15 :Ontologia da incerteza(Laskey et al, 2008).....	31
Figura 16: Ontologia URREF(Costa,2012).....	32
Figura 17 Ontologia para classificação de qualidade(origem própria).....	35

Índice de tabelas

Tabela1–Comparativo_dos_modelos.....	19
Tabela2–Sentença_denúncia_Anônima.....	41
Tabela3–Caso_de_uso_padrão.....	44
Tabela4–Sentença_denúncia_Anônima.....	46
Tabela5–Sentença_Localização.....	48
Tabela6–Sentença_Post.....	50
Tabela7–Sentença_Imagem.....	52
Tabela8–Sentença_Vídeo.....	54

Lista de Siglas

JDL	Join Directos of Laboratories
OODA	Observe, orient decide act
SAW	Situation awarenes
XML	Extensible markup languge
HTML	Hypertext markup language
GPS	Global positioning system
C2	Comando e controle
URREF	Uncertainty representation and reasoning evaluation framework
OCQ	Ontologia para classificação da qualidade

Sumário

INTRODUÇÃO.....	6
CAPÍTULO 1 - Fusão de Dados e Informações.....	7
1.1 - Modelo JDL.....	8
1.2 - Outros modelos de fusão de dados e tomada de decisão.....	9
1.2.1 Ciclo de inteligência.....	9
1.2.2 - laço de Boyd.....	10
1.2.3 - Modelo de cachoeira.....	11
1.2.4 - Modelo de Dasarathy	13
1.2.5 - Modelo Omnibus.....	14
1.3 - Sistemas de fusão e fontes heterogêneas de dados.....	15
1.4 - Ciência da Situação em sistemas de fusão.....	17
CAPÍTULO 2 - Qualidade de dados e informações.....	19
2.1- Taxonomias de qualidade de informação	21
2.2 - Dimensões da qualidade de informações	25
A - Completude.....	25
B - Precisão.....	25
C - Ambiguidade.....	26
D - Conflito.....	26
E - Confiabilidade.....	26
F - Relevância.....	26
G - Atualidade.....	26
H - Granularidade.....	27
I - Vago.....	27
Tratamento para a qualidade do dado.....	27
Modelos Probabilísticos.....	27
Raciocínio de Crença.....	27
Lógica de Fuzzy.....	28
CAPÍTULO 3 – Metodologia.....	28
3.1 - Levantamento bibliográfico	29
3.1.1 - Trabalhos Relacionados.....	29
3.2 - Proposta de modelo de inteligência.....	31
3.3 - Estudo de caso em C2	31
3.3.1 - Comando e controle.....	31
3.3.2 - Modelo proposto.....	32
3.3.3 - Ontologia.....	32
CAPÍTULO 4 - Estudo de caso.....	38
4.1 - Caso padrão.....	40
4.2 - Teste e resultados.....	40
4.2.1 - Denúncia Anônima.....	40
4.4.2 – Localização.....	42
4.4.3 - Post.....	44
4.2.5 - Foto.....	46
4.2.6 - Vídeo.....	47
Capítulo 5 – Conclusões.....	49
Referencial Bibliográfico.....	50

INTRODUÇÃO

Sistemas de fusão de dados são estruturas formais que utilizam informações providas por fontes heterogêneas, de modo que, unidas possam gerar uma visualização mais satisfatória sobre determinado objeto.

Para criação destas estruturas existem modelos que são utilizados de modo a guiar a construção de um sistema de fusão, estes modelos contêm os níveis ou etapas necessárias e informações de como a fusão será realizada

Estas informações são obtidas dos mais diversos meios, sensores, bancos de dados, redes sociais e até mesmo dos dados resultantes da fusão, com isso, é possível que seja feito um relacionamento entre essas informações de modo que se obtenha uma ciência da situação sobre os objetos e o ambiente analisado.

Ciência da situação é a consciência do que está acontecendo no ambiente como um todo, determinado como as ações e objetos poderão afetar o ambiente em um futuro próximo.

O problema na utilização de informações providas por diversas fontes encontra-se na qualidade que as mesmas possuem, a falta de qualidade gera consequências à todo o processo de fusão. Esta falta de qualidade pode ser caracterizada como sendo uma incerteza ou imperfeição na informação e a mesma deve ser classificada e tratada para que a informação possa ser melhor utilizada pelo sistema.

No capítulo 1 são abordados temas relevantes a fusão de dados e criada uma base de conhecimento referente aos modelos de fusão e como os mesmos são utilizados.

No capítulo 2 são abordados temas relevantes a qualidade dos dados e informações, deste modo criando uma base de meios como a mesma pode ser classificada e mensurada.

No capítulo 3 é descrita a metodologia utilizada no trabalho, nele são discutidas as técnicas utilizadas para o alcance do objetivo geral e como o mesmo foi desenvolvido.

No capítulo 4 é apresentado um estudo de caso onde a ontologia gerada no capítulo anterior é testada em um ambiente real de modo a ser validada.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões obtidas com o desenvolvimento deste trabalho e trabalhos futuros.

Assim, o objetivo do presente trabalho é promover uma proposta de inteligência para sistemas de fusão de dados e informações por meio de uma extensão do nível 2 de tais sistemas, contribuindo para a ciência da situação através da identificação e caracterização de informações incertas utilizando uma ontologia.

CAPÍTULO 1 - Fusão de Dados e Informações

Em 1991, devido a necessidade de uma padronização dos termos utilizados para fusão de dados, o Joint Directors of Laboratories (JDL) criado pela união de equipes da comunidade de inteligência, a faculdade de inteligência de defesa e a comunidade de fusão, criou um documento chamado *data fusion lexicon*. Neste foram definidos os significados e termos comumente utilizados para a fusão de dados. Este documento define a fusão de dados como um processo, que é criado pela associação, correlação e combinação de dados providos de diferentes fontes, podendo estas serem simples ou múltiplas, para que se possa chegar a um resultado mais refinado de modo a obter uma análise completa e em tempo oportuno de possíveis situações ou ameaças e seus significados sobre uma determinada entidade ou objeto analisado (White, 1991).

Liggins e Hall (2008) afirmam que a fusão como sendo uma combinação de várias informações providas de múltiplos sensores, de modo que com esta combinação, possa ser alcançada uma inferência que não era possível de ser atingida com a utilização de apenas um sensor.

Para que este processo de fusão possa ser construído, é necessário que se tenha uma estrutura formal que defina as etapas do mesmo. Esta estrutura foi definida por Steinberg et al (1999) como sendo um modelo, onde existe uma descrição abstrata de funções ou processos que fazem parte de um sistema de algum tipo particular e este modelo não faz referência ao *software* ou *hardware* utilizado na construção deste sistema.

Ainda classificam este modelo em subcategorias sendo elas: modelos funcionais, onde este conjunto de funções ou processos podem ser utilizados para qualquer tipo de sistema, um modelo genérico como o proposto pelo JDL; modelos de processo, onde são especificadas as interações entre as funções e processos que ocorrem no interior do sistema, como o modelo de cachoeira descrito no item 1.1.3; e modelos formais que são compostos por axiomas e regras de manipulação de entidades, como regras de probabilidade.

Bedworth e O'Brien (2000) dividiram esta estrutura em três partes, sendo elas:

Modelo: É o conjunto de processos que define a descrição do processo de fusão, este modelo não faz referência a software ou ao hardware utilizado no sistema e deve ser definido no início do processo, modelo JDL e de cachoeira são exemplos.

Arquitetura: É a estrutura física que compõe o sistema, como os dados serão processados e os meios como os mesmos serão obtidos e transportados pelo sistema entra nesta categoria, esta parte é onde estão os componentes como sensores e a rede que o sistema utilizará.

Framework: É definido framework como o conjunto de axiomas utilizados no sistema, esta

etapa é onde é definido se a informação é relevante ou não ao processo de fusão e as demais classificações necessárias para utilização do dado. Teorias de probabilidade e o modo como os dados serão classificados para a fusão são exemplos de framework de classificação.

Ambos os autores classificam de maneiras semelhantes esta estrutura formal dos sistemas de fusão que além de definir o processo de fusão também é utilizada de modo à facilitar o entendimento do mesmo.

Existem várias estruturas formais de fusão, mas a maioria é baseada no modelo criado pelo JDL que pode ser observado na Figura 1, este, possuía cinco níveis para a realização da fusão, mas recentemente foi adicionado um sexto nível.

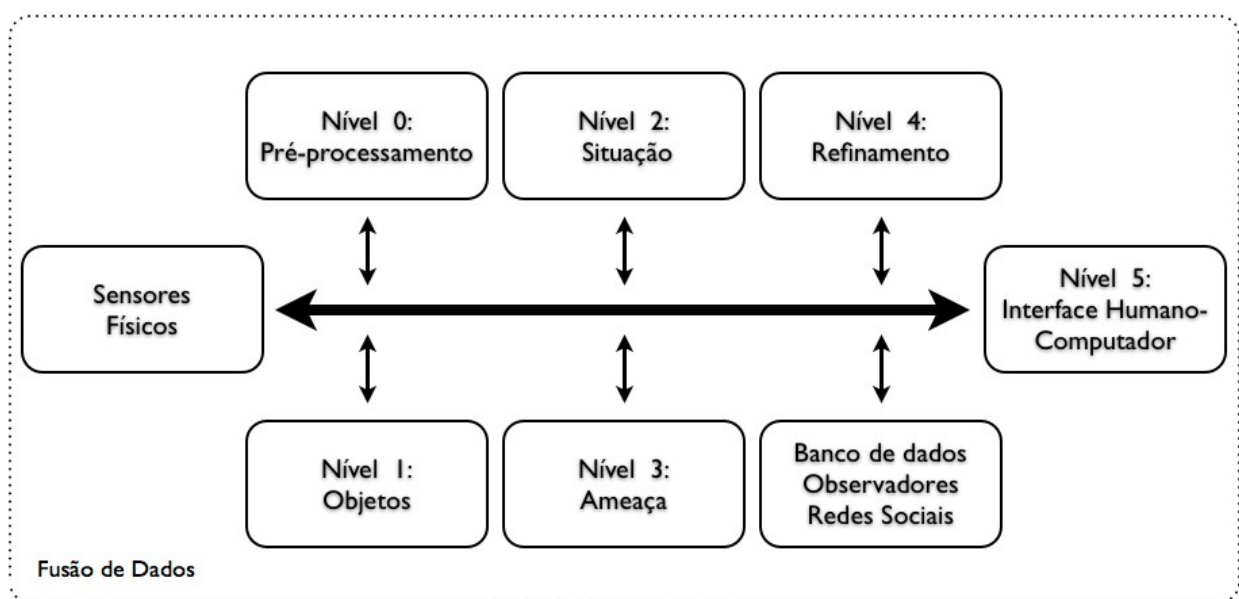


Figura 1. Modelo de fusão JDL(1992)

1.1 - Modelo JDL

O modelo JDL é dividido de modo que cada nível realize uma tarefa específica no processo de fusão, desde a aquisição dos dados até mesmo a fusão em si. Esta divisão foi definida pelo JDL e foi descrita por Martin, Liggins e Hall (2008) da seguinte forma:

Nível 0 Avaliação do sub-objeto: Neste nível é onde ocorrem as primeiras leituras sobre um objeto ou entidade, os dados são obtidos dos múltiplos sensores em um nível de pixel ou sinal para que se possa ter informações iniciais e as primeiras características sobre o objeto observado.

Nível 1 Avaliação do objeto: Neste nível os dados e informações obtidos no nível anterior são combinados de modo que se possa obter uma estimativa mais precisa e confiável sobre a posição, velocidade e demais atributos do objeto observado, de modo que com essas informações possam ser

traçadas as possíveis ações que o objeto poderá tomar em um futuro próximo.

Nível 2 Refinamento da situação Neste nível, utilizando os dados obtidos nos níveis anteriores, são realizadas tentativas para que sejam traçadas as atuais relações entre os objetos e suas ações com o contexto do seu ambiente, esta relação busca identificar o quão relacionados estão determinados objetos.

Nível 3 Avaliação de risco/impacto ou ameaça: Neste nível a situação atual do ambiente é projetada em um futuro próximo para que se possa detectar possíveis inferências e possíveis ações para estas inferências, é a tentativa de prever as possíveis ações que os objetos poderão tomar e suas consequências para os demais e o ambiente.

Nível 4 Refinamento do processo: Neste nível é onde ocorre um meta processo que é responsável pelo acompanhamento do processo global de fusão para que se possa avaliar e melhorar o desempenho do sistema em um tempo real, novos dados são adquiridos e o sistema de fusão é realimentado, informações providas de resultados de fusões anteriores também podem ser utilizados para a alimentação do sistema, isto é feito para que o sistema disponibilize sempre a informação mais atualizada para o usuário.

Nível 5 Interface humano computador: Neste nível é onde ocorre a interação do fator humano e o sistema, esta interação pode ser realizada de modo a agregar informações para o sistema de fusão, podendo ocorrer na maneira de visualização, associação cognitiva, colaboração, tomada de decisão e análise. É neste nível onde se define como o usuário poderá realizar interações com o sistema e como estas interação afetarão o processo de fusão.

Este modelo criado pelo JDL é tomado como base para a criação de novos modelos, ele é considerado um modelo genérico pois as etapas descritas no mesmo podem ser aplicadas a praticamente todos os ambientes de fusão de dados. Outros modelos conhecidos são o ciclo de inteligência, o laço de Boyd, modelo de cachoeira, modelo de dasarathy e modelo omnibus, onde a grande maioria foi criada ou era utilizada para fins militares. Bedworth e O'Brien(2000) em sua proposta de modelo o omnibus fazem uma revisão sobre os demais, descritos a seguir.

1.2 - Outros modelos de fusão de dados e tomada de decisão

1.2.1 Ciclo de inteligência

Este modelo foi criado pela comunidade de inteligência do Reino Unido e pode ser utilizado como um modelo para a fusão, pois o processo de inteligência descrito utiliza tanto processamento como fusão de informação que é tratada como inteligência, possui quatro fases sendo elas: coleta,

agrupamento, avaliação e difusão e seu processo é descrito como um ciclo.(Bedworth, 2000) e pode ser visualizado na figura 2. Bedworth e O'Brien ainda descrevem o funcionamento referente a cada fase da seguinte maneira:

Na fase de coleta é onde são obtidos os dados providos por sensores ou adquiridos por meio de fontes humanas, estes dados geralmente são inseridos em um alto nível de abstração como em relatórios, textos ou textos em formatos predefinidos.

A fase de agrupamento cria grupos ou pacotes de relatórios por meio de associação dos mesmos, estes, podem sofrer combinações ou compressões nesta fase e são enviados para a fusão na próxima fase.

Nesta fase a de avaliação é onde ocorre a fusão e avaliação da inteligência que foi obtida e agrupada, o especialista humano é o responsável pelo processo de fusão, deste modo o mesmo pode identificar falhas ou erros que ocorreram no processo, mesmo isto sendo necessário somente na fase de disseminação da inteligência.

A fase de disseminação é onde a inteligência gerada pelo processo de fusão é transmitida para que possa ser utilizada para tomada de decisão, e então são realizadas novas entradas de inteligência e o ciclo é refeito.

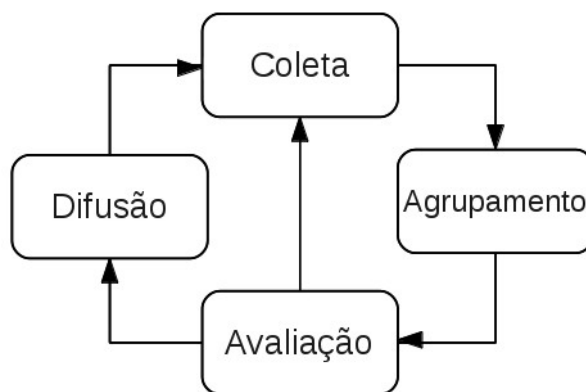


Figura 2. Ciclo de inteligência(Bedworth,2000)

1.2.2 - laço de Boyd

Este modelo foi criado pelo coronel John Boyd para fins de modelagem militar e processo de comando mas também pode ser utilizado para a fusão de dados, possui semelhanças com o modelo JDL mas é dividido em quatro fase, sendo elas, observação, orientação, decisão e ação, seu processo também ocorre na forma de um ciclo (Bedworth, 2000), pode ser observado na figura 3. Boyd descreve seu funcionamento da seguinte forma:

Na fase de observação é onde ocorre a aquisição da informação ou conhecimento providos por sensores ou fontes humanas, esta fase é muito comparada ao nível 0 do modelo JDL e a fase de coleta do modelo de ciclo de inteligência.

A fase de orientação é onde ocorre a avaliação dos dados obtidos na fase anterior de modo a realizar avaliação sobre um objeto, a tentativa de relacionar este objeto com os demais e o ambiente e suas possíveis ações, semelhante aos níveis um e dois e três do modelo JDL e as fases de coleta e agrupamento do modelo de ciclo de inteligência.

A fase de decisão é onde ocorre um refinamento das informações geradas e o sistema é realimentado, nesta fase também ocorre o processo de planejamento onde a informação é disponibilizada, comparada ao nível quatro do modelo JDL e a fase de disseminação do ciclo de inteligência.

Por fim a fase de ação, esta fase fecha o ciclo, são obtidos os impactos das decisões no mundo real, esta fase não possui comparativos com o modelo JDL e ciclo de inteligência.

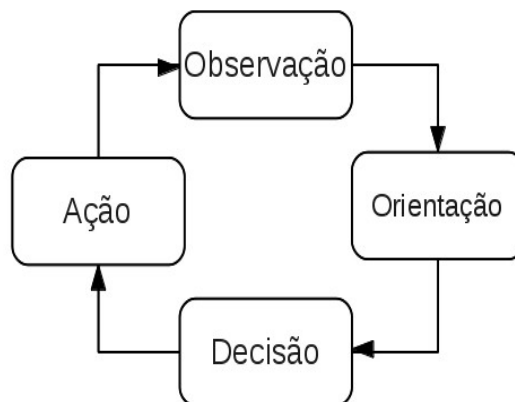


Figura 3. Modelo de laço Boyd(Boyd,1987)

1.2.3 - Modelo de cachoeira

Este modelo foi criado pelo grupo de fusão de dados do Reino unido e tem seu processo de fusão mais bem dividido, principalmente no que diz respeito a fusão de baixo nível, é dividido em seis níveis de fusão sendo eles, detecção, processamento de sinais, extração, processamento de padrões, conhecimento da situação e tomada de decisão, seu processo não gera um ciclo, esta é a maior limitação deste modelo (Bedworth, 2000), pode ser observado na figura 4. Bedworth ainda descreve seu funcionamento da seguinte forma:

Os níveis de detecção e processamento de sinais são responsáveis pela aquisição dos dados que

serão utilizados para fusão, estes níveis são comparados ao nível zero do modelo JDL.

Os níveis de extração e processamento de padrões são responsáveis pela avaliação dos dados obtidos para que possam ser avaliados os objetos, estes níveis são comparados ao nível um do modelo JDL

O nível de conhecimento da situação é responsável pela determinação da relação entre os objetos e o ambiente, é comparado ao nível dois do modelo JDL.

Por fim o nível de tomada de decisão, onde ocorre a tentativa de previsão das possíveis decisões ou ações que os objetos poderão tomar, é comparado ao nível 3 do modelo JDL.

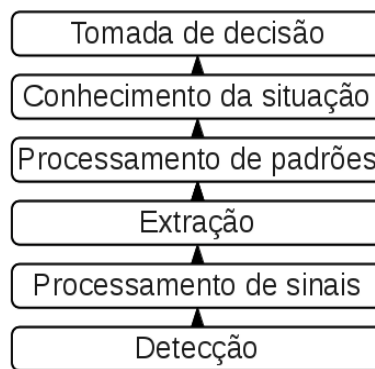


Figura 4. Modelo de cachoeira(1994)

1.2.4 - Modelo de Dasarathy

Este modelo foi criado por Belur Dasarathy, nele são descritas as principais funções de abstração no processo de fusão. É dividido em três níveis de abstração, decisões que são símbolos ou valores que se acredita, recursos que são os níveis intermediários da informação e dados que são os valores obtidos pelos sensores e descreve o processo de fusão como sendo um processo que pode ocorrer nestes níveis, ou um meio de interação entre eles, desse modo pode gerar outras cinco categorias de fusão (Bedworth, 2000), pode ser observado na figura 5. Dasarathy(1997) descreve seu funcionamento nos seguintes tópicos:

- A entrada da pode ser um dado e a saída um outro dado desse modo pode ser comparado ao nível de fusão de dados.
- A entrada pode ser um dado e a saída um recurso desse modo pode ser comparado como a seleção de um recurso ou extração de recursos.
- A entrada pode ser um recurso e a saída um recurso desse modo pode ser comparado como um nível de fusão de recursos.
- A entrada pode ser um recurso e a saída uma decisão desse modo pode ser compardo ao

reconhecimento de padrões ou processamento de padrões.

- A entrada pode ser uma decisão e a saída uma outra decisão desse modo pode ser comparado como um nível de fusão de decisões

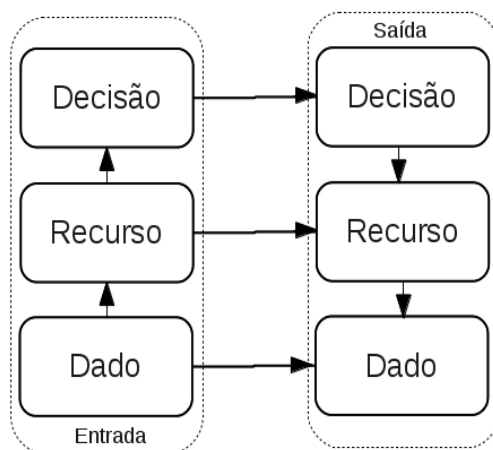


Figura 5. Modelo de Dasarathy(Dasarathy,1997)

1.2.5 - Modelo Omnibus

Este modelo foi criado por Mark Bedworth and Jane O'Brien para que se possa ter um modelo unificado dos demais citados anteriormente, ele utiliza as principais características de cada modelo e é dividido em quatro níveis: observação, orientação, decisão e ação. Sua divisão de níveis é baseada nos modelos de laço de Boyd e ciclo de inteligência mas cada nível é mais dividido como no modelo de cachoeira e podem ser relacionados com níveis do modelo JDL (Bedworth, 2000), pode ser observado na figura 6.

A grande diferença do modelo Omnibus é que ele trabalha em duas etapas, primeiramente ele divide as tarefas pelo modelo de um modo a gerar uma lista de tarefas, a segunda etapa é que cada uma destas tarefas pode utilizar o mesmo modelo para organizar seus objetivos internamente, trabalhando deste modo como em um loop.

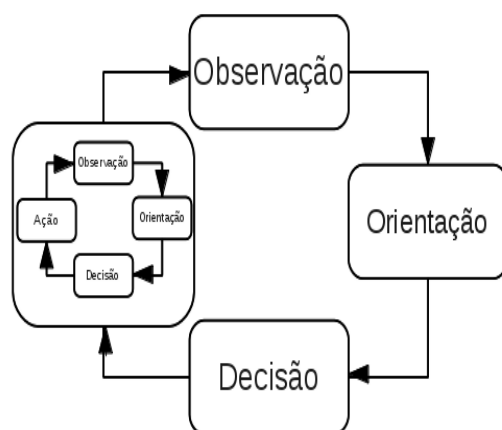


Figura 6. Modelo Omnibus (Bedworth,2010)

Tabela 1 – Comparativo dos modelos

Ciclo de inteligência	Laço de Boyd	Cachoeira	Omnibus	JDL
Difusão	Ação		Ação	
	Decisão	Tomada de decisão	Decisão	Interface humano computador
Avaliação	Orientação	Conhecimento da situação	Orientação	Refinamento
Agrupamento		Processamento de padrões		Ameaça
	Coleta	Observação	Extração	Observação
Processamento de sinais			Objetos	
		Detecção		Pré-processamento

A fusão de dados foi criada para fins militares, e a grande maioria de artigos e trabalhos na área continua nessa linha de pesquisa, mas com o tempo isto esta começando a mudar, sendo que novas aplicações para esse tipo de tecnologia vêm sendo estudados, hoje podemos encontrar pesquisas relacionadas entre a fusão de dados e as áreas de medicina, finanças, geografia, educação e estas e novas linhas de pesquisa estão aumentando.

Os principais desafios encontrados na fusão de dados são :

- A aplicação da mesmas em novas áreas e linhas de pesquisa, pois a fusão tem um grande potencial de crescimento e necessita que sejam realizados mais estudos sobre elas em outras linhas

de pesquisa.

- O relacionamento dos dados utilizados para a fusão. Existem vários fatores que necessitam ser tratados para que se possa realizar a fusão referente a dados providos de diferentes fontes, como tipos dos dados, dados incertos, dados duplicados, dados conflitantes, relacionamento entre os dados, tempo útil do dado e suas dimensões.

1.3 - Sistemas de fusão e fontes heterogêneas de dados

Sistemas de fusão ao utilizarem informações providas por fontes heterogêneas abrem uma possibilidade de visualização da informação mais completa do que se comparada a visualização obtida com a utilização de apenas uma fonte. É possível que sejam obtidos várias informações simultaneamente, providas por sensores iguais ou diferentes, sobre um mesmo objeto analisado.

A obtenção desta visualização é possível com a utilização de apenas uma fonte, mas com fontes heterogêneas, é possível que sejam realizadas comparações e traçados coeficientes de qualidade para a informação mais rapidamente.

Com a utilização de fontes heterogêneas é possível que se tenha uma maior certeza sobre determina informação, pois, a mesma pode ser obtida de dois ou mais sensores distintos, referente a um mesmo atributo de um objeto, possibilitando assim que ambas sejam comparadas de modo a aumentar esta certeza.

Por mais correto que os sensores sejam, podem ocorrer falhas devido as mais diversas situações, como o tempo ou o ambiente externo interferindo de maneira negativa em uma leitura ou medição realizada, podem ocorrer falhas devido a danificação do sensor ou os dados no momento da transmissão podem sofrer alteração ou perdas, Martin, Liggins e Hall(2008) citam três vantagens na utilização de vários sensores, sendo eles idênticos, a utilização destes sensores pode oferecer uma maior segurança na confiabilidade da informação, pois, na pior hipótese, a de todos os sensores apresentem problemas nas informações as mesmas podem ser comparadas e então traçado uma medida combinatória na qual a certeza ou completude da informação será maior. Outra vantagem na utilização de vários sensores, é que quando se utiliza mais de um sensor sendo eles diferentes, pode ser realizada uma triangulação de valores onde é possível que se tenha dois ou mais valores simultâneos sobre um mesmo objeto como seu posicionamento e velocidade, realizando assim uma associação entre os valores e o objeto observado. Com a utilização de sensores heterogêneos a capacidade de observação é aumentada, com estes sensores é possível que se observe todos os atributos do objeto e com a leitura de todos estes atributos é possível que se trace uma possível ação

que o mesmo poderá realizar, como exemplo de um morcego que para capturar sua presa verifica o tamanho a textura e distancia.

Mesmo com a utilização de sensores heterogêneos, podem ocorrer problemas causados pela presença de imperfeições nos dados obtidos pelos mesmos, dados podem ser incertos, imprecisos, duplicados, conflitantes ou incompletos, ainda devido a utilização de dados com estas imperfeições o sistema de fusão as propagaria para os demais níveis, tornando assim, a informação visualizada pelo usuário incerta.

Os sensores utilizados comumente na fusão variam de acordo com a necessidade do ambiente e dimensão do sistema, podem ser utilizados radares, satélites, mapas, câmeras, sensores de temperatura, sensores de distância e os mais diversos que possam ser utilizados para que se possa obter informações do ambiente, de modo a agregar conhecimento ao processo de fusão, também pode ocorrer a obtenção de informação pela internet através de redes sociais ou por dispositivos móveis como a localização por GPS. Outro modo é a utilização do fator humano através de um especialista utilizando o sistema, assim o mesmo pode disponibilizar seu conhecimento para o sistema de maneira à auxilia-lo.

Como descrito anteriormente o problema está na qualidade da informação que será utilizada pelo sistema, quando se trata de sistemas de tomada de decisão ou suporte é fundamental que os resultados obtidos estejam o mais corretos possíveis e quando se trata de um grande número de informação providas por diferentes fontes é necessário que a mesma seja tratada antes que seja utilizada, este problema será melhor discutido no capítulo dois desta monografia.

1.4 - Ciência da Situação em sistemas de fusão

Ciência da situação ou situation awareness(SAW) foi definida segundo Endsley (2008) como a percepção sobre um meio ambiente de modo que se possa ter um entendimento sobre o que os fatores que envolvem este ambiente significam e o que acontecerá em um futuro próximo deste modo SAW pode ser definida como a percepção e entendimento da situação e do ambiente. Seres humanos realizam SAW a todo momento devido a seu desenvolvimento cognitivo, isto pode ser observado pelo simples fato de podermos prever uma situação antes que ela ocorra, como ao atravessar uma rua, nosso desenvolvimento cognitivo prevê que se caso esteja passando um carro devemos esperá-lo para depois atravessar, com isso nosso cérebro faz toda a leitura do ambiente, analisando os fatores que envolvem o ambiente como um todo, como o carro a rua um sinal sonoro entre os mais diversos fatores existentes no mesmo, e baseado nessa análise é realizada a tomada de

decisão, atravessar ou não atravessar a rua, sabendo que ao atravessarmos no momento em que o carro estiver passando seremos atropelados e se atravessarmos depois não seremos. Devido a este fator de poder prever as possíveis situações que ocorrerão no ambiente em um futuro próximo SAW é utilizada em sistemas de fusão e sistemas de tomada de decisão para que se possa tentar obter a melhor escolha para a situação.

Mica ainda cita um modelo para uma boa tomada de decisão, este é dividida em três níveis, percepção, compreensão e projeção. Estes níveis são utilizados em um ciclo onde o ambiente é analisado e passa por eles, então é tomada uma decisão e posteriormente uma ação e o ambiente é reavaliado, descrito na figura 7.

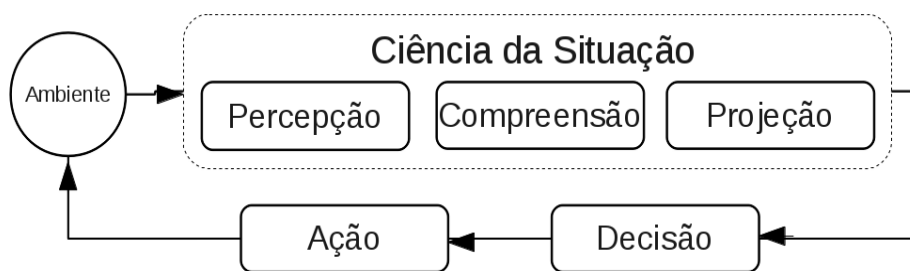


Figura 7. Níveis Ciência da Situação (Endsley,2008)

SAW é encontrada nos níveis mais baixos dos modelos de fusão, como do nível zero ao nível três do modelo JDL, onde são realizadas a aquisição dos dados e primeiras leituras do ambiente, construção dos objetos e suas possíveis ações e as implicações dessas ações com o ambiente e os demais objetos.

Roy et al (2007) descreve que a utilização de SAW em sistemas computadorizados, com o grande aumento de informações providas de várias interfaces e o aumento da complexidade destas informações, faz com que a SAW seja utilizada exaustivamente e que a mesma necessita de estudos mais sistemáticos para esta área pois se comparada ao entendimento de apenas um ambiente que realizamos naturalmente, é muito mais complexa, mas que ainda com a utilização destes sistemas é possível que se tenha a utilização máxima do nosso sistema cognitivo. Outro fator abordado é fato da aquisição das informações que serão utilizadas para a SAW, caso seja utilizado um sistema computadorizado que realize esta aquisição de maneira automática, pode ocorrer que a esta aquisição reduza o real estado de SAW do ambiente.

Jean ainda descreve que para que se possa alcançar a SAW é necessário que primeiramente sejam analisados dois elementos básicos a situação e a pessoa. A situação pode ser definida como eventos, entidades, sistemas e demais envolvidos, assim como suas relações. A pessoa é o

responsável pelo processamento cognitivo realizado na SAW, onde são realizados os relacionamentos, extração de informação e projeções.

Sistemas computadorizados estão longe de poder realizar processamentos como o cérebro humano, desse modo esta percepção do ambiente é realizada de acordo com a capacidade que o sistema de fusão suporta, uma maneira de aumentar essa percepção ou auxiliar o processo é a utilização do fator humano, pois ao utilizar este fator, que é capaz de realizar o processamento das informações mais rapidamente que o sistema para a tomada de decisão, utilizando as mesmas informações disponibilizadas pelo sistema, age de maneira positiva no processo de fusão agregando um maior nível de SAW.

CAPÍTULO 2 - Qualidade de dados e informações

Quando lidamos com sistemas onde o fator de certeza de uma informação é primordial para o correto funcionamento do mesmo, é necessário que as informações e dados utilizados sejam os mais corretos possíveis. Esta corretude é definida como a qualidade que as informações possuem, a falta da mesma é definida como imperfeição da informação, Pang(2001) define esta imperfeição como sendo uma caracterização sobre as informações, que é obtida através de algumas medições realizadas sobre a mesma, estas medições levam em conta o grau de exatidão, precisão, validade, qualidade, variabilidade, ruído, completude e confiabilidade que a informação possui.

Battini e Scannapieca(2006) relatam que geralmente é levada em consideração somente a precisão da informação mas que para que se possa afirmar que uma informação tem qualidade é necessário que outras dimensões sejam analisadas.

Batini(1998) ainda classifica informação como sendo uma representação sobre um objeto que existe no mundo real de modo que a mesma possa ser armazenada e processada em *software*. Para que estas informações sejam utilizadas, as mesmas podem assumir três formas distintas, estruturadas, semi estruturadas e não estruturadas e classifica-as segundo seu tempo como estáveis, alterados a longo prazo e alterados a curto prazo.

Informações estruturadas são informações que possuem uma estrutura fixa, como exemplo, tabelas de um banco de dados e posições de GPS, todos as informações são armazenados baseadas nesta estrutura e a mesma serve como um auxílio para que se possa obter informações precisas sobre as mesmas.

Informações semi-estruturados são informações que possuem uma estrutura mas a mesmas não é fixa, como exemplo, uma estrutura de uma linguagem de marcação como XML (Extensible Markup Language) e HTML(Hipertext Markup Language), é possível que se obtenha informações sobre estas informações mas a mesma pode não ser tão precisa se comparada a de uma estruturada.

Informações não estruturadas são informações que não possuem nenhuma estrutura que as auxilie na obtenção de informação, como exemplo, textos em linguagens naturais e fotos, caso seja necessário obter alguma informação sobre a informações é necessário que se obtenha a mesmas de forma manual, pois não a nada que auxilia nesta obtenção.

Informações estáveis são informações que com o passar do tempo não sofrem alterações, publicações são um exemplo, as mesmas podem ser utilizadas para outras publicações mas não sofrem alterações de informações.

Informações alterados a longo prazo são informações que sofrem algum tipo de alteração mas

estas não ocorrem frequentemente, como endereço de um cliente e preços de produtos, que só sofre alteração caso haja alguma alteração sobre o mesmo e esta ocorre com um grande intervalo de tempo.

Informações alterados a curto prazo são informações que sofrem alterações frequentemente como dados obtidos em tempo real, sensores de temperatura e medidores de tráfego de rede são exemplos desses dados que são alterados quando ocorre alguma mudança, mas esta ocorre em um curto intervalo de tempo.

2.1- Taxonomias de qualidade de informação

Sistemas de fusão de dados auxiliam em tomadas de decisão e caso os dados utilizados neste processo não estejam corretos todo o sistema é afetado, tanto a tomada de decisão como a SAW. Para que se possa verificar o quão correto o dado utilizado está, primeiramente é necessário que sejam identificados os fatores que causam esta falta de qualidade ou incerteza, estes fatores são as dimensões de incerteza que o dado pode ter, para classificar estas dimensões algumas taxonomias foram propostas.

Smithson (1990) propõe em sua taxonomia da ignorância (figura 8) onde a mesma é considerada como a desordem ou falta da verdade e a incerteza como sendo uma incompletude sobre um conhecimento.

O autor divide esta ignorância em duas grandes categorias sendo ela passiva ou ativa, a maneira passiva é tratada como o estado de ignorância ou erro, já a maneira ativa, é tratada como e o ato de ignorar ou irrelevância.

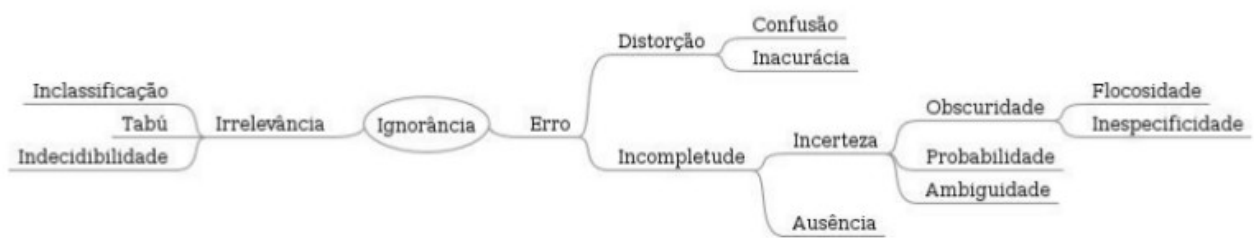


Figura 8 Taxonomia de ignorância de acordo com Smithson(1990)

Bouchon meunier e Nguyen (1996) descrevem sua taxonomia de incerteza(figura 9) como sendo um conhecimento imperfeito, o modelo proposto pode ser analisado de dois modos, da direita para a esquerda, assim a incerteza aparece como um estado metal e da esquerda para a direita, deste

modo a incerteza é vista como um atributo da informação.



Figura 9 Tipos de incerteza de acordo com Bouchon-Meunier e Nguye(1996)

Krause e Clark (1993) apresentam a incerteza como sendo dois grandes grupos(figura 10), unária quando a mesma é aplicada individualmente em proposições ou em conjuntos, quando a mesma é aplicada a um conjunto de proposições. Ambas são subdivididas em duas categorias, ignorância e conflito. Esta taxonomia foi proposta como uma alternativa para a taxonomia de Smithson seu diferencial é que Krause acrescenta o conceito de inconsistência.

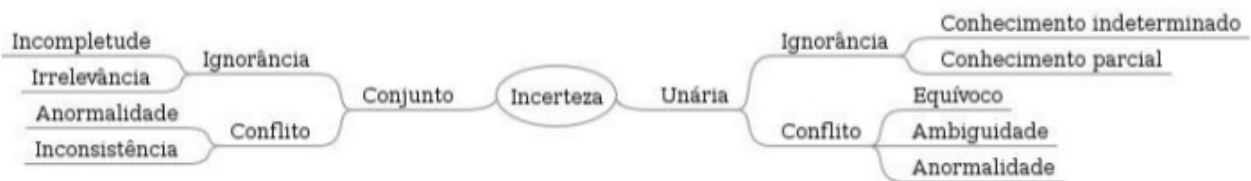


Figura 10 Modelo de incerteza de acordo com Krause e Clark (1993)

Klir e Yuan(1995) descrevem uma tipologia de incerteza(figura 11), a mesma foi construída baseada em teorias matemáticas sobre incerteza, esta tipologia não menciona conhecimento permanecendo assim em um nível mais baixo de processamento. Esta tipologia é dividida em dois grupos, ambiguidade onde podem ser classificados, discordância e inespecificidade e na outra ponta flocosidade.



Figura 11 Tipos de incerteza de acordo com Klir e Yuan (1995)

Smets (1997) descreve uma tipologia de imperfeição onde a incerteza é uma das três grandes categorias (figura 12), vista como sendo a falta de informação e ainda subdivide incerteza como

objetiva, referente a informação ou subjetiva, referente ao observador, as outras duas categorias são imprecisão, referente ao conteúdo, como erros nos dados e inconsistência, referente a manutenção como confusão nos dados.

Smets ainda afirma que a utilização de incertezas de vários tipos leva a mesma um estado mental.

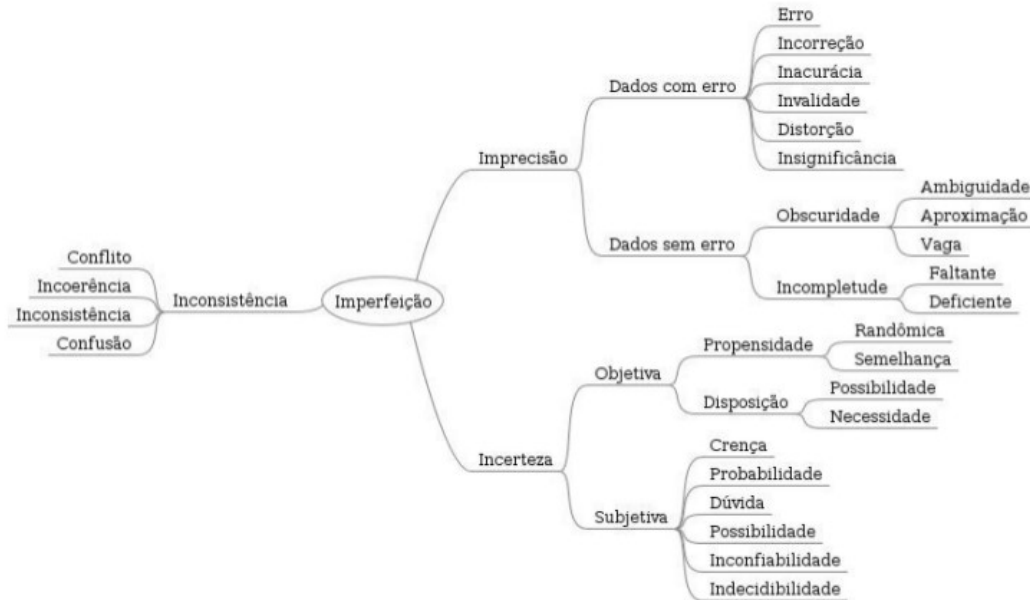


Figura 12 Estruturação de Smets sobre informação imperfeita (1997)

Khaleghi (2010) cita os aspectos relacionados a fusão de dados(figura 13), neles a incerteza aparece como sendo uma subcategoria de imperfeições, que ainda contém imprecisão que é subdividida em três categorias, dados vagos, ambíguos e incompletos, e granularidade. Khaleghi ainda classifica a inconsistência como sendo conflito entre dados, dados isolados e desordenados.

Neste trabalho é adotada a taxonomia de Khaleghi, assim as dimensões para a qualidade da informação serão baseadas na mesma, sendo que o foco é voltado para a parte de imperfeições.



Figura 13 Taxonomia de metodologias de fusão de dados (Khaleghi,2011)

2.2 - Dimensões da qualidade de informações

As dimensões da qualidade do dado determinam o quão correto o dado está em relação a algum tipo de imperfeição, as dimensões utilizadas são baseadas na taxonomia de Khaleghie e são completude, precisão, ambiguidade, conflito, confiabilidade, relevância e atualidade, as mesmas foram descritas por Battini e Scannapieca(2006) e Khaleghi(2011) da seguinte forma:

A - Completude

Battini(2006) definiu completude, como sendo a amplitude, profundidade e abrangência em que os dados se encontram para serem manuseados, pode ser classificada em três tipos:

Completude de esquema: A completude de esquema se refere ao grau em que os conceitos e suas propriedades estão completos no esquema.

Completude de coluna: A completude de coluna se refere a medida em que os dados estão completos para uma coluna específica da tabela.

Completude de população: A completude de população se refere aos valores que estão em falta de uma população de consulta.

A completude de uma tabela pode ser caracterizada como o quão fielmente a tabela representa os dados do mundo real, podendo ser caracterizada pela presença, ou ausência, e o significado de valores nulos onde esses podem assumir três estados: Não existem, existem mas são desconhecidos ou não se sabe se existem.

B - Precisão

Battini(2006) definiu precisão como sendo a proximidade entre um determinado valor V e relação a um valor V', onde o valor V' representa o valor correto. É dividida em dois tipos: precisão sintática e precisão semântica.

Precisão Sintática: A precisão sintática não se preocupa com a correspondência entre os valores V e V', mas sim se o valor V encontra-se dentro de um domínio D admissível para V'. Caso o domínio D seja nomes e os valores V=João e V'=José o valor V esta sintaticamente correto pois esta contido no domínio.

Precisão Semântica: A precisão semântica se preocupa com a comparação entre os valores V e V', de modo a ser mensurada como correta ou incorreta. O fator de precisão semântica corresponde a igualdade entre os valores V e V'. Para que esta comparação possa ser realizada é necessário que se tenha o conhecimento do valor V' previamente, ou que o valor V contenha um valor que possa, com algum tipo de conhecimento, ser deduzido se corresponde ou não ao valor correto

C - Ambiguidade

Khaleghi(2011) define ambiguidade como a presença múltipla de um determinado dado onde o mesmo apresenta múltiplos sentidos, podendo estes permitirem que várias interpretações do dado possam ser realizadas. Ambiguidade acarreta na indecisão ou dúvida sobre qual dado é o mais correto.

Um dado provido por dois sensores de geolocalização distintos sobre um mesmo ponto podem ter valores diferentes, desse modo este dados são ambíguos.

D - Conflito

Conflito pode ser definido como a presença de dados que entram em oposição de sentido. Conflito também acarreta a indecisão e dúvida sobre qual dado esta correto.

O exemplo usado anteriormente, sobre dados providos de mesmos sensores de geolocalização pode ser utilizado como um exemplo de conflito.

E - Confiabilidade

Battini(2006) define confiabilidade como quão confiável um dado se apresenta, a quantidade de certeza que se tem sobre um dado. Para que se possa mensurar esta confiabilidade a fonte de onde o dado foi provido é analisada, as mesmas são classificadas e então é possível que se tenha um coeficiente de confiança sobre determinado dado em relação a sua fonte.

Dados obtidos por canais de comunicação aberta como redes sociais são dados poucos confiáveis pois não há nada que garanta que os mesmos estão corretos, já dados obtidos de sensores são mais confiáveis pois os sensores garantem a confiabilidade dos mesmos.

F - Relevância

Battini(2006) define relevância como a importância que o dado tem para determinada situação. Caso seja necessária a utilização de um dado, onde o mesmo necessite que o tempo de aquisição seja menor que cinco minutos, dependendo do tempo de aquisição do dado ele deixa de ser relevante para a situação onde era necessário.

G - Atualidade

Battini(2006) define atualidade como a classificação dos dados de acordo com sua dimensão temporal, pode ser classificada em três tipos: circulação, volatilidade e pontualidade.

- Circulação (moeda): Caracteriza o grau de importância (alta/baixa) de um dado para uma determinada tarefa.
- Volatilidade: Caracteriza a frequência com que os dados são atualizados.
- Pontualidade: Caracteriza o quão relevante o dado é para determinada tarefa.

H - Granularidade

Khaleghi(2011) define granularidade como a quantidade de detalhes que o dado possui, é a capacidade que o mesmo possui de se distinguir dos demais, quanto maior a granularidade que um determinado objeto possuir mais detalhes o mesmo possui.

I - Vago

khaleghi(2011) define dados vagos como sendo as informações que os dados possuem sendo que as mesmas são mal atribuídas. Como exemplo, se tem a informação de que um determinado número referente a um atributo de um dado encontra-se entre um intervalo de zero e sete, sabe-se que o mesmo está correto mas não é possível saber com certeza qual é o número exato, neste caso o

dado é vago, ou se este atributo é subjetivo, assim o dado também é considerado vago.

Tratamento para a qualidade do dado

Modelos Probabilísticos

Modelos probabilísticos utilizam a probabilidade de modo a mensurar a dimensão de qualidade que uma determinada informação possui. No centro destas teorias encontra-se a fusão Bayesiana que permite que que pedaços de informações sejam analisado em um determinado intervalo de tempo e coeficientes de qualidade atribuídos aos mesmos. Modelos probabilísticos trabalham de forma iterativa, em relação a um tempo n (Khaleghi,2011)

Raciocínio de Crença

O raciocínio de crença foi criada por Dempster(1968), este raciocínio é baseado em evidências e também é utilizado para mensurar incertezas em informações. Considerando que uma variável x represente todas as possibilidades de estado que um sistema pode ter, então é atribui uma crença para cada elemento que representam possíveis estados do sistema.

Lógica de Fuzzy

Lógica de Fuzzy é outro modelo utilizado para realizar tratamento em informações imperfeitas. Este modelo define uma função de pertinência que classifica a informação em um intervalo entre zero e um. Quanto mais próximo de um mais pertinente a mesma encontra-se.

CAPÍTULO 3 – Metodologia

O objetivo do presente trabalho é promover uma proposta de inteligência para sistemas de fusão de dados e informações por meio de uma extensão do nível dois de tais sistemas, contribuindo para a SAW através da identificação e caracterização de informações incertas utilizando uma ontologia.

O objetivo geral pode ser identificado como a obtenção de uma melhoria para a SAW e o objetivo específico como a criação da ontologia para o nível dois do modelo.

Visando atender todos estes objetivos o trabalho foi dividido em três etapas sendo elas, levantamento bibliográfico, proposta do modelos de inteligência e estudo de caso em C2(figura 14).

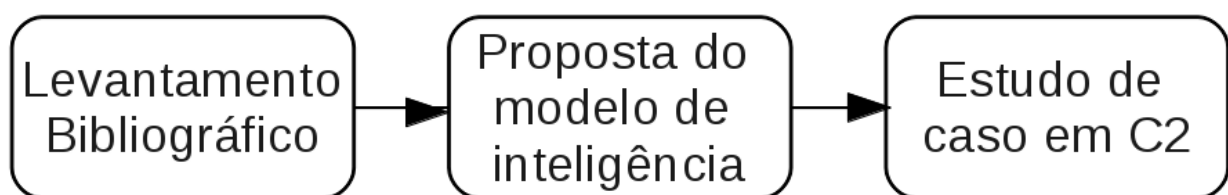


Figura 14. Fases do projeto(Fonte própria)

3.1 - Levantamento bibliográfico

O levantamento bibliográfico servirá para a criação de uma base de conhecimento, nele serão adquiridas as primeiras informações sobre fusão de dados, os processos, métodos, áreas e meios pelos quais a fusão ocorre. Esta etapa visa ao conhecimento sobre o estado da arte e a inserção do indivíduo em seu meio.

Para conclusão desta etapa devem ser levantadas informações providas de livros, artigos e demais materiais sobre o estado da arte de fusão de dados.

Com um primeiro conhecimento adquirido o foco da pesquisa é estreitado, para que conhecimentos mais específicos para o trabalho sejam agregados.

A realização de um estudo sobre os modelos de fusão visa o conhecimento sobre como o processo de fusão tem sido dividido e quais as vantagens e desvantagens de cada tipo de divisão, o que os autores que já construíram modelos tinham como objetivo e quais as características que os mesmos possuem.

Por fim, um estudo sobre qualidade do dado visa o conhecimento sobre o que vem a ser qualidade em sistemas de fusão, quais fatores a caracterizam e como a mesma pode ser obtida através de um modelo.

3.1.1 - Trabalhos Relacionados

Laskey et al(2008), desenvolveram uma ontologia para que possa ser mostrada as funcionalidades básicas para o raciocínio de incertezas na internet. Esta ontologia é uma ontologia de topo e Laskey et al(2008)descreve seu funcionamento da seguinte maneira:

Uma sentença será utilizada para a associação das incertezas ela é a entrada da ontologia. Esta sentença possui três subclasses mundo, agente e incerteza.

A classe mundo representa o ambiente de onde a sentença foi retirada e a classe agente, quem realizou a declaração, se foi um humano ou de uma máquina.

A classe incerteza ainda possui quatro subclasses, sendo elas, derivação, tipo, modelo e natureza.

Derivação, classifica a incerteza referente a como a mesma foi identificada, objetiva se a incerteza pode ser observada por um modo formal ou subjetiva, se a mesma é obtida a partir de um processo subjetivo como um julgamento, possibilidade ou adivinhação.

Tipo, classifica a incerteza referente a qual dimensão da qualidade esta sendo afetada por ela, possui cinco subclasses que contém estas dimensões, sendo elas: ambiguidade, aleatoriedade, inconsistência, vago e incompleto.

Modelo, classifica a incerteza referente a qual teoria matemática será utilizada para o tratamento das incertezas, possui seis subclasses, sendo elas: probabilidade, fuzzy, crença, aleatório, irregular e híbrido.

Natureza, classifica a incerteza referente a como a mesma foi obtida, epistêmica, se a incerteza é obtida por uma falta de conhecimento do usuário e aleatória, se é obtida pelo ambiente.

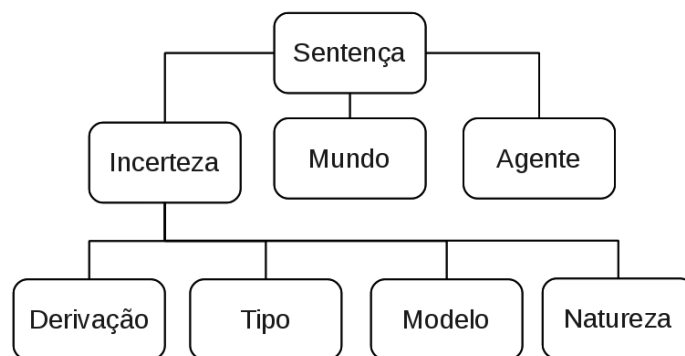


Figura 15 Ontologia da incerteza(Laskey et al, 2008)

Costa(2012), desenvolveu uma ontologia para classificação de incertezas baseada na

desenvolvida por Laskey. Esta ontologia avalia uma “coisa”, onde esta, é classifica em seis subclasses, sendo elas, sentença, tipo, fonte, informação, natureza, critério, derivação e modelo.

As subclasses sentença,tipo,natureza e derivação, modelo são iguais as do modelo proposto por Laskey, ainda a subclasse fonte possui a mesma funcionalidade da classe agente do modelo proposto por Laskey.

A diferença encontra-se nas subclasses critério que é onde encontram-se as subclasses: critério de entrada, modo como é feita a entrada da informação no sistema; critério de representação, modo como a informação é transmitida no interior do sistema; critério de raciocínio, modo como o sistema realiza as transformações na informação e; critério da saída, modo como os resultados serão comunicados ao usuário.

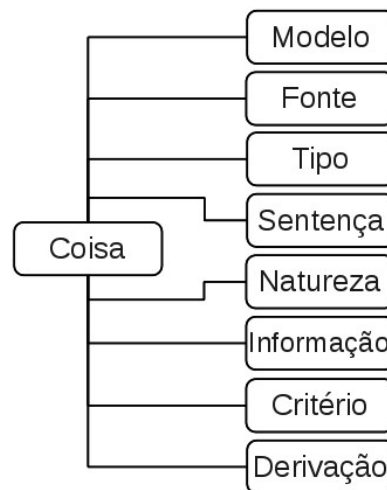


Figura 16: Ontologia URREF(Costa,2012)

3.2 - Proposta de modelo de inteligência

Com a base de conhecimento obtida na primeira etapa, a construção da proposta de um modelo de inteligência, para contribuir para a SAW, é iniciada.

Nesta etapa são utilizadas as informações obtidas previamente, de modo que unidas, possam realizar uma classificação das informações, por meio de uma ontologia, onde esta, caracterize as imperfeições que a informação possua.

Para conclusão desta etapa deve ser utilizado o conhecimento obtido sobre modelos de fusão e qualidade e os modos como os mesmos podem ser agregados e buscar um modo de como propor a qualidade via modelo de inteligência juntamente com a participação do usuário.

3.3 - Estudo de caso em C2

Para que o modelo obtido na etapa anterior possa ser avaliado o mesmo deve ser submetido a um ambiente de fusão, com dados controlados, de modo que se possa obter uma simulação de uma possível utilização do mesmo, para este ambiente foi escolhido um sistema de comando e controle(C2).

3.3.1 - Comando e controle

Comando e controle é uma tarefa exercida pela autoridade de um comandante de modo a direcionar uma determinada força ao cumprimento de uma determinada tarefa (ita,2010). Um sistema que ajude neste direcionamento e gerenciamento é conhecido como um sistema de C2.

Um sistema de C2 tem como objetivo auxiliar o comandante, de modo que o mesmo possibilite uma ciência do que esta ocorrendo no ambiente observado, ajudando assim o comanda a realizar tomadas de decisões para situações previstas e imprevistas. Sistemas deste porte utilizam dados providos de fontes heterogêneas e realizam a fusão para que se possa obter informações mais precisas e possíveis previsões do que poderá ocorrer com o ambiente e quais as melhores escolhas a serem tomadas para estas situações.

Para este trabalho os dados de C2 serão utilizados como entrada de informações para a realização de testes sobre a qualidade das mesmas. Como exemplo serão utilizadas informações como denúncias anônimas, *posts* de redes sociais, imagens, vídeos e dispositivos de localização. Para que possa ser realizado o estudo de caso será levada em consideração duas situações, as informações em seu estado correto e as mesmas com algum tipo de incerteza. Para que se possa obter uma melhor visualização do ambiente o mesmo será descrito a seguir.

3.3.2 - Modelo proposto

O modelo de inteligência proposto é baseado em uma ontologia, de modo que esta contribua para a ciência da situação, as demais fases do modelo são equivalentes as fases do modelo JDL visto anteriormente.

3.3.3 - Ontologia

A ontologia proposta foi desenvolvida com base na ontologia da incerteza, proposta por Laskey(2008), ontologia URREF proposta por Costa(2012) e taxonomia de fusão proposta por Khaleghi(2011).

Foram utilizadas classes e conceitos presentes nos três trabalhos citados, para que a ontologia criada pudesse realizar uma classificação das informações para um domínio específico, o de comando e controle, possibilitando que as informações sejam melhor utilizadas pelo sistema e usuários.

Denominada Ontologia para Classificação de Qualidade (OCQ) pode ser dividida em dois grandes grupos, primeiramente é realizada uma classificação referente ao tipo do dado e em seguida classificações referentes as imperfeições que o mesmo possui. Apresenta a seguinte estrutura e seu funcionamento é descrito a seguir(figura 16):

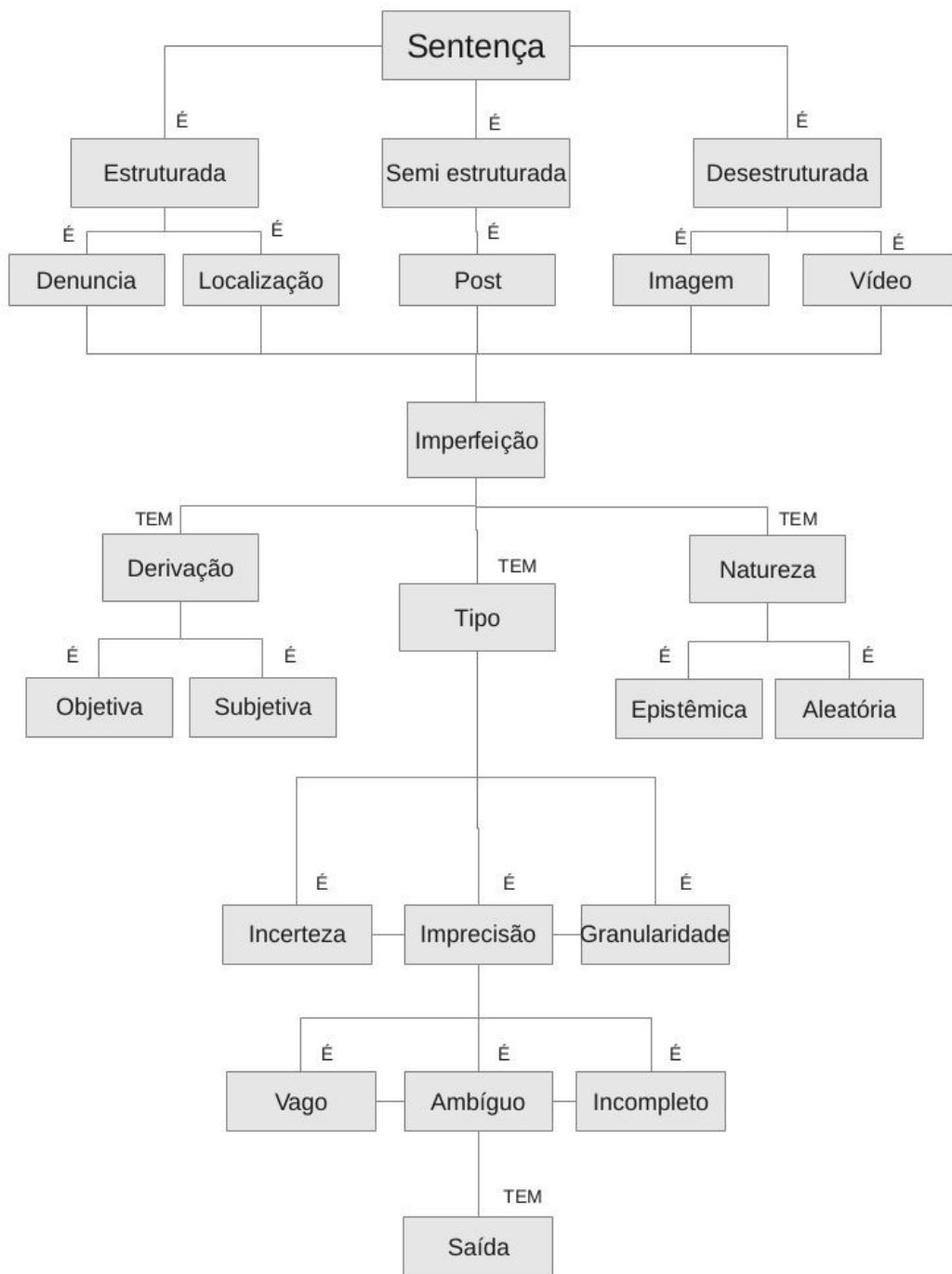


Figura 16 Ontologia para classificação de qualidade(origem própria)

A ontologia contribui no nível dois da fusão e para isso recebe as informações providas pelos níveis anteriores.

Primeiramente as informações recebidas são classificadas como sentença, esta classificação contém a forma como a informação esta sendo representada.

Em seguida, esta sentença é classificada segundo sua estrutura física, para isso as informações contidas na mesma são analisadas de modo que se possa obter o tipo de estrutura que constitui a informação, a ontologia classifica as informações segunda sua estrutura física de três maneiras, estruturada, semi estruturada e desestruturada.

Após a classificação referente a estrutura da sentença, é realizada uma classificação sobre o tipo da informação, como esta ontologia foi criada para um domínio específico, os dados disponíveis para a classificação são os dados utilizados no sistema de comando e controle, sendo eles: denúncia anônima, localização, *post* de redes sociais, imagens e vídeos.

Realizada a classificação referente a estrutura e tipo da informação, a primeira parte da ontologia está concluída, para a classificação da segunda parte, foi definido que toda informação tem imperfeições e as mesmas podem ser mensuradas através de um coeficiente.

Este coeficiente é obtido pela utilização dos teoremas matemáticos citados anteriormente como modelos probabilísticos, lógicas difusas, etc. Foi definido que este coeficiente tem uma variância que pode ser classifica de zero a um, onde, zero seria o menor nível de imperfeição e um seria o maior nível de imperfeição, ambos para um determinado tipo da classe tipo.

A imperfeição é o que define o nível de qualidade que a informação contém. Para isso devem ser analisados os fatores que causam a falta de qualidade de modo a classificá-los para que possam ser tratados futuramente.

A ontologia classifica as imperfeições em três subclasses, sendo elas: derivação; tipo; e natureza. Onde derivação e natureza fazem referência a como a imperfeição foi obtida e como foi encontrada, enquanto tipo faz referência a imperfeição em si.

A classe de derivação classifica a imperfeição da informação referente a como a mesma foi encontrada, tem duas subclasses, sendo elas: objetiva e subjetiva. A derivação é objetiva quando a imperfeição pode ser encontrada apenas com a observação da informação, e subjetiva quando é necessário a realização de um processo subjetivo como um julgamento para que a incerteza possa ser identificada.

A classe de natureza classifica a imperfeição da informação referente a como a mesma foi

obtida, possui duas subclasses sendo elas, epistêmica e aleatória. A natureza é epistêmica quando a imperfeição foi obtida por uma falta de conhecimento do usuário que opera o sistema, e aleatória quando é obtida por uma falta de conhecimento provido pelo ambiente.

A classe de tipo classifica a imperfeição da informação referente a qual das dimensões da qualidade do dado esta sendo ferida, estas dimensões foram definidas baseadas na taxonomia de Khaleghi(2011) e são incerteza, imprecisão e granularidade.

A incerteza pode ser classificada como sendo a falta de confiança que se tem sobre uma determinada sentença.

A granularidade faz referência a distinção entre os objetos, é a quantidade de detalhes que os mesmos possuem, quanto maior a granularidade maior a quantidade de detalhes.

A imprecisão pode ser dividida em três subclasses, sendo elas vaga, ambígua e incompleta.

Uma imprecisão vaga é uma informação que mesmo que se tenha certeza sobre ela não é possível determinar se a mesma com certeza, como exemplo de uma imprecisão vaga seria o prédio é alto, pode-se afirmar que o prédio é alto mas não sua altura com certeza.

Uma imprecisão ambígua é uma informação que aparece mais de uma vez onde estas aparições têm muitos sentidos, podendo assim que uma mesma informação tenha várias interpretações.

Uma imprecisão incompleta é uma informação que contém alguma parte em falta, esta não pode ser definida como completa, um exemplo seria uma sentença que possui três informações e a mesma, por um motivo desconhecido, só tenha chegado ao sistema com duas, esta é classificada como uma informação incompleta.

A sentença será classificada segundo todos os tipos de imperfeições, assim, podendo ter mais de um tipo simultaneamente. Caso a sentença não possua determinado tipo de imperfeição a mesma será classificada segundo esta imperfeição, mas o coeficiente atribuído a ela será igual a zero.

Após classificados os tipos da imperfeição a mesma tem uma saída, esta, contém todas as classificações realizadas pela ontologia sobre a informação.

Como exemplo, uma informação como uma denúncia anônima poderia ser classificada em sua passagem pela ontologia da seguinte forma:

Tabela 2 – Sentença denúncia Anônima

Denúncia Anônima - Sentença		
Natureza	Tumulto	
Local	Av. Vicente Ferreira – Saída A do estádio Abreução	
Hora	18:00	
Vítima	Desconhecida	
Histórico	Testemunha alega que formou-se um tumulto entre torcidas rivais na saída do estádio. Houve Discussão e os envolvidos começaram uma briga generalizada	
Classificação		
Sentença	É	Estruturada
Estruturada	É	Denúncia
Denúncia	Tem	Imperfeição
Imperfeição	Tem	Derivação
Derivação	É	Objetiva
Imperfeição	Tem	Natureza
Natureza	É	Epistêmica
Tipo	É	Incerteza
Tipo	É	Granularidade
Imprecisão	É	Vago
Imprecisão	É	Ambíguo
Imprecisão	É	Incompleto
Vago	Tem	Saída
Ambíguo	Tem	Saída
Incompleto	Tem	Saída
Sentença Classificada		
Tipo da sentença		
Estruturada – Denúncia Anônima		
Imperfeição da sentença		
Derivação	Objetiva	
Natureza	Epistêmica	
Incerteza	0,5	
Granularidade	0,3	
Vago	0,1	
Ambíguo	0,0	
Incompleto	0,3	
Imperfeição	0,24	

Para que se possa mensurar a qualidade para o dado foi utilizada uma média entre todos os coeficientes referente a sua imperfeição, quanto mais próximo de zero menor o nível de imperfeição.

CAPÍTULO 4 - Estudo de caso

O cenário escolhido para que o modelo de inteligência possa dar suporte a um sistema de fusão, foi o de uma partida de futebol. Este cenário foi escolhido pois o mesmo possibilita a utilização de um sistema de comando e controle e a fusão. O cenário a ser monitorado por comando e controle é o seguinte:

Ainda de dentro do estádio “Abreução”, Guilherme, torcedor do Marília Atlético Clube (MAC), nota que membros da torcida do Noroeste Bauru aguardavam os membros da torcida do MAC na saída “A” . Em pouco tempo, Guilherme ouve uma discussão se iniciar, a qual logo se transforma em empurra-empurra.

O encontro evolui e se inicia uma série de agressões, todas observadas por Guilherme, que acompanha de longe ainda dentro do estádio.

Sem pensar duas vezes, Guilherme liga para o 190 e relata que “há um tumulto na saída do estádio Abreução, nas imediações da Avenida Vicente Ferreira”

A atendente 190 registra o relato de Guilherme e encaminha para o Despachador de ocorrências, que registra:

-Local: Avenida Vicente Ferreira - saída “A” do estádio “Abreução”

- Vítima: Desconhecida

- Evento: Tumulto

- Descrição: Testemunha alega que formou-se um tumulto entre torcidas rivais na saída do estádio. Houve discussão e os envolvidos se envolveram em briga generalizada.

O despachador verifica no CoPom os policiais e viaturas que já estavam alocados na proximidade, devido ao evento marcado, e despacha a ocorrência para uma patrulha próxima da saída “A” do estádio.

Os policiais vão até o local designado e verificam que a ocorrência evoluiu. A briga se alastrou para dezenas de envolvidos. Nota-se que alguns estão armados com instrumentos cortantes e que há vítimas feridas, tanto entre os envolvidos, quanto inocentes torcedores que buscavam desviar do tumulto.

Os policiais reportam ao Despachador que imediatamente aciona o Chefe de seção para instruções mais detalhadas.

Enquanto isso, diversos torcedores e pessoas das redondezas tiram fotos e postam nas redes sociais informações sobre o evento que ainda acontece. A própria polícia tem conhecimento dessas informações postadas na internet.

O chefe de seção convoca uma reunião com o Major e Comandante, dada a gravidade da situação, recomendada pelo Procedimento Operacional Padrão da PM.

À partir deste ponto, o Comandante assume a gestão do incidente e começa a analisar a situação.

Como o evento é dinâmico e em constante evolução, algumas medidas são tomadas para ajudar o Comandante em sua decisão.

Neste momento o Comandante tenta entender o que aconteceu, o que acontece atualmente e o que pode acontecer à partir do presente momento, nesta ordem:

1. Julgar se as informações “velhas ” contribuem para o entendimento

a. Busca da origem da ocorrência, testemunha, vítimas, possíveis autores do crime e descrição inicial do tumulto conforme relatado via denúncia.

b. Viaturas e guarda montada disponíveis nos entornos do estádio.

2. Julgar se as informações atuais para entender a ocorrência.

a. Busca de novas denúncias do mesmo local

b. Buscar relato dos policiais in loco por ser uma fonte com credibilidade

c. Busca de novas fontes qualitativas para melhorar a qualidade da ocorrência, que confirmem os dados da ocorrência.

3. Julgar os possíveis danos futuros à vida e ao patrimônio

a. Busca de histórico ocorrências semelhantes

b. Busca de informações sobre a organização do evento, dados populacionais, horários e placar do jogo.

4.1 - Caso padrão

Tabela 3 – Caso de uso padrão

Tempo	Ator	Atividade	Fonte	Dados gerados
T0	Sensor Humano	Pessoas próximas ao local ligam para o 190 relatando o fato		
T0	Atendente 190	Atendimento do 190 e descrição básica da ocorrência Encaminha para o gerador de ocorrências	Sensor Humano	Relato por voz
T1	Gerente de ocorrências	Criação da ocorrência Apresentação para o Tenente	Atendente 190	Texto não estruturado
T2	Tenente	Verifica o posicionamento, tipo e disponibilidade de viaturas policiais Avalia a situação	Gerente de ocorrências	Dados da ocorrência em formato próprio(estruturado)
<p>- Oportunidade de fusão de dados no instante T2: Resultado esperado da fusão: imagens + posts = mapa de dados. Mapa de locais com dados quantitativos e qualitativos das postagens, área das postagens, pontos de referência, ruas de acesso, posicionamento de viaturas e ambulâncias. - Operador busca nas redes sociais por relatos sob demanda com palavras chave</p>			Sensor Humano	Texto estruturado com localização, descrição e dados das vítimas ou criminosos
T3	Tenente	Utiliza o radio para atribuir tarefa para as viaturas policiais	Gerente de ocorrência + resultado da fusão	Relato por voz
T4	Viatura policial	Confirma dados do gerador de ocorrência; Aceita ordem do tenente Confirma condições de atendimento		Relato por voz
T5	Viatura policial e Comandante	Já posicionados enviam informações(local, descrição, dados vítimas e/ou criminosos) Criação do boletim de ocorrência Solicitação de decisão	Viaturas policiais	Decisão por voz de acordo com o documento de procedimento padrão + fatores humanos
T6		Refinamento das fusões realizadas pelo operador até a detecção do evento tomada de decisão(envio de reforço policial envio de ambulância		
<p>Oportunidade de fusão de dados no instante T6: Relatos das viaturas + Ocorrência + Relatos de sensores humanos. Novo mapa de dados com novas informações qualitativas</p>				
T7	Viaturas policiais	Executa ordens e reporta encerramentos da ocorrência para o Tenente Major e comandante		

4.2 - Teste e resultados

Para que a ontologia possa ser testada serão utilizados os dados providos pelo ambiente descrito anteriormente.

4.2.1 - Denúncia Anônima

A informação é declarada como uma sentença, por se tratar de uma informação com uma estrutura formal e providos por uma base dados, é identificada esta estrutura e a sentença é classificada como estruturada.

Esta estrutura é identificada por possuir cinco atributos, sendo eles: natureza, local, hora, vítima e histórico então a sentença é classificada como sendo uma denúncia. Assim a classificação referente ao tipo da informação é terminada e a classificação segundo as imperfeições que a mesmas possui, iniciada.

Primeiramente para a classificação da imperfeição a mesma é classificada segundo sua derivação e natureza.

Nossa denúncia anônima foi classificada segundo sua derivação como objetiva, assim sua imperfeição pode ser observada com apenas uma observação sem a necessidade de um processo subjetivo.

A denúncia ainda foi classificada segundo sua natureza como sendo epistêmica, dessa forma, a imperfeição é resultado de uma falta de conhecimento do usuário.

Como descrito anteriormente, toda informação possui imperfeições e estas são medidas através de dimensões de qualidade, onde, estas dimensões são mensuradas por um coeficiente que varia de zero a um.

Os valores atribuídos a cada dimensão foram inseridos aleatoriamente, de modo que se pudesse mensurar um nível de qualidade final, mas baseados em dados que poderiam ser atribuídos no ambiente real.

O tipo da imperfeição é classificado de modo que uma sentença possa ter até todos tipos de dimensões, caso não se saiba o nível de uma das dimensões é atribuída a ela o pior caso, um, e caso seja adquirida uma informação sobre a dimensão a mesmas é atualizada.

Após a atribuição destes coeficientes é realizada uma média para que uma imperfeição total seja mensurada para a sentença. Enfim a sentença é apresentada ao usuário com todas suas classificações e coeficientes, sendo que estes, podem ser alterados de acordo com as necessidades e informações que o sistema de fusão disponibiliza e com os conhecimentos que o usuário possui.

Tabela 4 – Sentença denúncia Anônima

Denúncia Anônima - Sentença		
Natureza	Tumulto	
Local	Av. Vicente Ferreira – Saída A do estádio Abreução	
Hora	18:00	
Vítima	Desconhecida	
Histórico	Testemunha alega que formou-se um tumulto entre torcidas rivais na saída do estádio. Houve Discussão começaram uma briga generalizada	
Classificação		
Sentença	É	Estruturada
Estruturada	É	Denúncia
Denúncia	Tem	Imperfeição
Imperfeição	Tem	Derivação
Derivação	É	Objetiva
Imperfeição	Tem	Natureza
Natureza	É	Epistêmica
Tipo	É	Incerteza
Tipo	É	Granularidade
Imprecisão	É	Vago
Imprecisão	É	Ambíguo
Imprecisão	É	Incompleto
Vago	Tem	Saída
Ambíguo	Tem	Saída
Incompleto	Tem	Saída
Imperfeição da sentença		
Derivação	Objetiva	
Natureza	Epistêmica	
Incerteza	0,5	
Granularidade	0,3	
Vago	0,1	
Ambíguo	0,0	
Incompleto	0,3	
Imperfeição	0,24	

4.4.2 – Localização

A informação é declaração como uma sentença, por se tratar de uma informação provida por um sensor como um celular ou GPS a mesma possui uma estrutura formal, por possuir dois atributos a mesma é identificada como uma localização.

Assim a classificação referente ao tipo da sentença é terminada e a classificação segundo as imperfeições que a informação possui é iniciada.

Primeiramente a imperfeição é classificada segundo sua derivação e natureza.

Nossa localização foi classificada segundo sua derivação como objetiva e segundo sua natureza como aleatória.

O tipo da imperfeição também foi classificado segundo todas as dimensões e atribuída um coeficiente de qualidade final.

Por fim, a sentença é apresentada ao usuário com todas as classificações realizadas. A informação, sua classificação e a saída são apresentadas a seguir:

Tabela 5 – Sentença Localização

Localização - Sentença		
Latitude	-22° 12' 50"	
Longitude	-49° 56' 45"	
Classificação		
Sentença	É	Estruturada
Estruturada	É	Localização
Localização	Tem	Imperfeição
Imperfeição	Tem	Derivação
Derivação	É	Objetiva
Imperfeição	Tem	Natureza
Natureza	É	Aleatória
Tipo	É	Incerteza
Tipo	É	Granularidade
Imprecisão	É	Vago
Imprecisão	É	Ambíguo
Imprecisão	É	Incompleto
Vago	Tem	Saída
Ambíguo	Tem	Saída
Incompleto	Tem	Saída
Sentença Classificada		
Tipo da sentença		
Estruturada		
Localização		
Imperfeição da sentença		
Derivação	Objetiva	
Natureza	Aleatória	
Incerteza	0,4	
Granularidade	0,3	
Vago	0,6	
Ambíguo	0,9	
Incompleto	1	
Imperfeição	0,64	

4.4.3 - Post

A informação é classificada como uma sentença, por se tratar de uma informação com uma estrutura, mas a mesma não é formalmente estruturada, é classificada como semi estruturada e consequentemente como uma *post*.

Após isto a classificação referente ao tipo da sentença é terminada e a classificação referente a imperfeição é iniciada. Primeiramente a imperfeição é classificada segundo sua natureza e derivação.

Nosso *post* foi classificado segundo sua derivação como objetiva e segundo sua natureza como aleatória.

O tipo da imperfeição também foi classificado segundo todas as dimensões e atribuída um coeficiente de qualidade final.

Por fim a sentença é apresentada ao usuário com todas as classificações realizadas. A informação, sua classificação e a saída são apresentadas a seguir

Tabela 6 – Sentença Post

POST - Sentença		
<HTML>	Briga entre torcidas no final do jogo foto.jpg	
Classificação		
Sentença	É	Semi Estruturada
Semi Estruturada	É	Post
Post	Tem	Imperfeição
Imperfeição	Tem	Derivação
Derivação	É	Objetiva
Imperfeição	Tem	Natureza
Natureza	É	Aleatória
Tipo	É	Incerteza
Tipo	É	Granularidade
Imprecisão	É	Vago
Imprecisão	É	Ambíguo
Imprecisão	É	Incompleto
Vago	Tem	Saída
Ambíguo	Tem	Saída
Incompleto	Tem	Saída
Sentença Classificada		
Tipo da sentença		
Estruturada		
Localização		
Imperfeição da sentença		
Derivação	Objetiva	
Natureza	Aleatória	
Incerteza	0,7	
Granularidade	0,6	
Vago	0,9	
Ambíguo	0,3	
Incompleto	0,8	
Imperfeição	0,66	

4.2.5 - Foto

A informação é classificada como uma sentença, por se tratar de uma informação com sem nenhuma estrutura, a mesma é classificada como desestruturada, por se tratar de uma informação com apenas um frame é classificada como uma foto.

Após isto a classificação referente ao tipo da sentença é terminada e a classificação referente a

imperfeição é iniciada. Primeiramente a imperfeição é classificada segundo sua natureza e derivação.

Nossa foto foi classificada segundo sua derivação como subjetiva e segundo sua natureza como epistêmica.

O tipo da imperfeição também foi classificado segundo todas as dimensões e atribuída um coeficiente de qualidade final.

Por fim a sentença é apresentada ao usuário com todas as classificações realizadas. A informação, sua classificação e a saída são apresentadas a seguir:

Tabela 7 – Sentença Imagem

Imagem - Sentença		
Imagem	foto.jpg	
Classificação		
Sentença	É	Desestruturada
Desestruturada	É	Imagem
Imagem	Tem	Imperfeição
Imperfeição	Tem	Derivação
Derivação	É	Subjetiva
Imperfeição	Tem	Natureza
Natureza	É	Epistêmica
Tipo	É	Incerteza
Tipo	É	Granularidade
Imprecisão	É	Vago
Imprecisão	É	Ambíguo
Imprecisão	É	Incompleto
Vago	Tem	Saída
Ambíguo	Tem	Saída
Incompleto	Tem	Saída
Sentença Classificada		
Tipo da sentença		
Estruturada		
Localização		
Imperfeição da sentença		
Derivação	Objetiva	
Natureza	Aleatória	
Incerteza	0,1	
Granularidade	0,3	
Vago	0,5	
Ambíguo	0,6	
Incompleto	0,0	
Imperfeição	0,3	

4.2.6 - Vídeo

A informação é classificada como uma sentença, por se tratar de uma informação sem nenhuma estrutura, a mesma é classificada como desestruturada, por se tratar de uma informação com apenas vários *frames* é classificada como uma foto.

Após isto a classificação referente ao tipo da sentença é terminada e a classificação referente a

imperfeição é iniciada. Primeiramente a imperfeição é classificada segundo sua natureza e derivação.

Nossa vídeo foi classificada segundo sua derivação como subjetiva e segundo sua natureza como epistêmica.

O tipo da imperfeição também foi classificado segundo todas as dimensões e atribuída um coeficiente de qualidade final.

Por fim a sentença é apresentada ao usuário com todas as classificações realizadas. A informação, sua classificação e a saída são apresentadas a seguir:

Tabela 8 – Sentença Vídeo

Imagem - Sentença		
Vídeo	Video.mp4	
Classificação		
Sentença	É	Desestruturada
Desestruturada	É	Vídeo
Vídeo	Tem	Imperfeição
Imperfeição	Tem	Derivação
Derivação	É	Subjetiva
Imperfeição	Tem	Natureza
Natureza	É	Epistêmica
Tipo	É	Incerteza
Tipo	É	Granularidade
Imprecisão	É	Vago
Imprecisão	É	Ambíguo
Imprecisão	É	Incompleto
Vago	Tem	Saída
Ambíguo	Tem	Saída
Incompleto	Tem	Saída
Sentença Classificada		
Tipo da sentença		
Estruturada		
Localização		
Imperfeição da sentença		
Derivação	Objetiva	
Natureza	Aleatória	
Incerteza	0,1	
Granularidade	0,3	
Vago	0,4	
Ambíguo	0,7	
Incompleto	0,1	
Imperfeição	0,32	

Capítulo 5 – Conclusões

O objetivo do presente trabalho foi promover uma proposta de inteligência para sistemas de fusão de dados e informações por meio de uma extensão do nível dois de tais sistemas, contribuindo para a SAW através da identificação e caracterização de informações incertas utilizando uma ontologia, onde o mesmo foi alcançado.

Com este trabalho de conclusão de curso novos conhecimentos foram adquiridos e desafios superados.

A área de fusão de dados é uma área multidisciplinar e muito abrangente, juntamente com a área que envolve a qualidade dos dados e informações. Ambas possibilitam uma infinidade de pesquisa e as mesmas são necessárias para que se possa melhorar cada vez mais ambas as áreas.

O modelo proposto juntamente com a ontologia foi desenvolvido para um cenário específico, mas a ideia utilizada aplica-se para outras áreas de pesquisa, sendo apenas necessário realizar algumas alterações na ontologia, esta também serve como base para a criação de outras e pode e deve ser melhorada, visando sempre o aumento do conhecimento científico.

A classificação da qualidade ou falta da mesma nas informações, já gera um aumento de qualidade pois caso se saiba o que está causando a imperfeição é possível que a mesma seja tratada para que o dado ou informação possa ser o mais correto possível.

O fator humano aliado a este processo de fusão possibilita que um especialista gerencie o processo de tomada de decisão auxiliando assim o sistema de fusão, desta forma também é agregado ao sistema qualidade, pois o especialista utilizando as informação providas pelo sistema juntamente com o conhecimento que o mesmo já possui, trabalha de forma ativa no processo de fusão podendo verificar se no processo ocorreram erros ou falhas referentes a fusão.

Como trabalhos futuros podem ser descritos a implementação deste modelo e a realização de maiores estudos sobre o campo de fusão de dados.

Referencial Bibliográfico

White, F. E. **Data fusion lexicon**. San Diego. 1991

Hall, L. D. e Llinas J. **Introduction to Multisensor data fusion**. Handbook of multisensor data fusion, segunda edição. 2008

Alan N. Steinberg et al. **Revisions to the JDL Data Fusion Model** 1999

Bedworth M. e O'Brien J. **The Omnibus Model: A New Model of Data Fusion?** Aerospace and electronic systems magazine, V15, 2000

Liggins M. E. et al. **Handbook of multisensor data fusion**, segunda edição. 2008

Dasarathy, B. **Sensor Fusion Potential Exploitation – Innovative Architectures and Illustrative Applications**, V85, Number 1, pp 24-38 1997.

Endsley. M.R. **Situation awareness: State of the art**, Pittsburgh, 2008

Roy J. Breton R. Rousseau R. **Situation Awareness and Analysis Models**, 2007

Pang A. **Visualizing Uncertainty in Geo-spatial Data** Santa Cruz, 2001

Batini C. Scannapieca M. **Data Quality**, Milano, 2006

Smithson M. **Ignorance and uncertainty**, Nova York, 1989

Bouchon-Meunier B. C **Les incertitudes dans les systèmes intelligents**, França ,1996

Krause P. Clark D. **Representing uncertain knowledge: an artificial intelligence approach** 1993

Klir G. Yuan B. **Fuzzy sets and fuzzy logic**, , 1995

Smets P. **Imperfect information: Imprecision – Uncertainty**, 1997

Khaleghi B. Khamis A. Fakhreddine O. K. **Multisensor data fusion: a review of the state-of-the-art** Canada, 2011

Laskey K.J. **Uncertainty Reasoning for the World Wide Web** 2008

Costa P.C.G. Laskey K.B. Blasch E. Jousselme A. **Towards unbiased evaluation of uncertainty reasoning: the URREF Ontology** Singapura 2012

ITA <http://www.labc2.ita.br/cc.html><acesso em: 12 de dezembro de 2013>