PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS (PPGEPS)

ANDERSON FOGGIATTO

FRAMEWORK PARA MODELAGEM DE REQUISITOS DE SISTEMAS VOLTADOS À GESTÃO DE DESASTRES

Curitiba
2018

ANDERSON FOGGIATTO

FRAMEWORK PARA MODELAGEM DE REQUISITOS DE SISTEMAS VOLTADOS À GESTÃO DE DESASTRES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures.
Coorientador: Prof. Dr. Fernando Deschamps

CURITIBA
2018

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca Central
Giovanna Carolina Massaneiro dos Santos – CRB 9/1911

FF655f
2018

Foggiatto, Anderson
Framework para modelagem de requisitos de sistemas voltados à gestão de desastres / Anderson Foggiatto ; orientador: Eduardo de Freitas Rocha Loures ; coorientador: Fernando Deschamps. – 2018.
[261] f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2018
Inclui bibliografias.

1. Engenharia de produção. 2. Administração de emergência. 3. SysML (Computação). 4. Desdobramento da função qualidade. 5. Tecnologia da informação. 6. Sistemas de informação. I. Loures, Eduardo Rocha.
I. Deschamps, Fernando. II. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.
III. Título.

CDD 20. ed. – 670

ANDERSON FOGGIATTO

FRAMEWORK PARA MODELAGEM DE REQUISITOS DE SISTEMAS VOLTADOS À GESTÃO DE DESASTRES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS), da Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas. Orientador: Prof. Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures.

COMISSÃO EXAMINADORA

_____
Prof. Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures (PUCPR)
Orientador

_____
Prof. Dr. Fernando Deschamps (PUCPR)
Coorientador

_____
Prof. Dr. Eduardo Alves Portela Santos (PUCPR)
Membro Interno

_____
Prof. Dr. Edilberto Nunes de Moura
PUCPR - PPGTU

_____
Dr. José Marcelo Almeida Prado Cestari
Renault do Brasil

Curitiba, 26 de setembro de 2018

Dedico este trabalho a minha esposa
Morgana, aos meus Filhos
Dominique e Gregory e
ao meu Orientador
Eduardo.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a minha esposa Morgana Nicolau de Souza Foggiatto por ter me dado todo o suporte necessário, incentivo amor e carinho e paciência para aguentar devido a toda a minha ausência necessária para chegar até o final desta dissertação. Agradeço, a minha Sogra Nahima Nicolau que desde sempre confiou em mim. Agradeço aos meus Pais Claiton Pedro Foggiatto e a minha mãe Mara Walkowisk Foggiatto que me deram a vida e o estudo.

Agradeço a meus filhos Gregory Nicolau de Souza Pereira e a minha filha Dominique Nicolau Foggiatto por terem tido paciência durante as minhas ausências.

Agradeço ao meu Orientador Professor Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures que acreditou em mim e no meu trabalho dando todo o suporte necessário.

Agradeço ao Professor Fernando Deschamps que sempre nos apoiou neste trabalho.

Agradeço ao ICI (Instituto das Cidades Inteligentes), em especial ao Luiz Fernando Lucas, que tem nos apoiado na realização do projeto e no suporte ao meu mestrado.

Agradeço a Pontifícia Universidade Católica do Paraná que também proporcionou a minha volta para a Universidade.

E agradeço a todos que direta ou indiretamente participaram ou me ajudaram a cumprir mais esta etapa da minha vida.

“Se eu vi mais longe, foi por estar
sobre ombros de gigantes”.

Isaac Newton

RESUMO

Durante um desastre ou situação de emergência, quanto melhor a coordenação entre as partes envolvidas, mais rápidas será a resposta ao ocorrido. Entende-se por resposta ao desastre toda e qualquer ação ou conjunto delas necessárias para minimizar seus efeitos de um desastre ou crise. Para ajudar neste processo, sistemas de gestão da informação durante desastres ou de prevenção destes, veem sendo desenvolvidos ao redor do mundo. Cada sistema é desenvolvido de acordo com as características, necessidades e orçamentos locais. Por estes e outros motivos torna-se essencial a escolha dos *use cases* e requisitos que cada sistema deve atender e das tecnologias e processos que serão utilizados para suportá-los. Neste cenário as perspectivas de interoperabilidade devem ser consideradas de forma a proporcionar um maior desempenho do sistema.

Este trabalho apresenta um framework que orienta a concepção de Sistemas de Gestão da Informação e Prevenção de Desastres (SGIPD), considerando uma nova abordagem baseada na utilização da ferramenta QFD (*Quality Function Deployment*) em conjunto com a linguagem SysML (*System Modelling Language*) oriunda da engenharia de sistemas. O framework proposto auxilia nas fases de identificação, escolha, modelagem e especificação de Requisitos Funcionais (RF), Não Funcionais (RNF) e Soluções Técnicas (ST) necessários para o desenvolvimento de SGIPDs interoperáveis. A abordagem envolvida permite a transformação de atributos qualitativos obtidos através de revisão bibliográfica (contribuições científicas e iniciativas mundiais) corroborados com opinião especialista (*survey*), em expressões quantitativas tornando possível a avaliação do grau de importância de cada requisito encontrado e sua modelagem através do diagrama de requisitos da linguagem SysML.

Esta transformação e formalização auxiliam sobremaneira o ciclo de desenvolvimento de SGIPDs de forma a atender da melhor maneira possível as necessidades das entidades ou grupos envolvidos ou requisitados durante uma situação de desastre ou emergência em uma região. Assim, uma nova forma para representação do relacionamento entre os itens de um QFD (atributos) e Diagrama de Requisitos SysML é proposta, facilitando a modelagem e leitura dos requisitos envolvidos. Como resultado final, uma arquitetura de referência e um protótipo envolvendo componentes de *software* e *hardware* de baixo custo são apresentados.

A arquitetura de referência alimenta outro projeto responsável em avaliar a interoperabilidade da entidade envolvida em relação a arquitetura proposta. Ambos os projetos foram desenvolvidos no escopo de cooperação entre o PPGEPS/PUCPR e o ICI (Instituto das Cidades Inteligentes).

Palavras-chave: Framework, gestão, desastres, sistema de informação, QFD, SysML, Interoperabilidade.

ABSTRACT

During a disaster or emergency situation, the better the coordination between the parties involved, the faster the response will be. A response is understood to mean any action or set of actions necessary to minimize the effects of a disaster or crisis. To assist in this process, Information Management Systems during disasters or prevention of these have been developed around the world. Each system is developed according to local characteristics, needs and budgets. For these and other reasons it is essential to choose the use cases and requirements that each system must meet and the technologies and processes that will be used to support them. In this scenario the perspectives of interoperability must be considered in order to provide a greater performance of the system.

This work presents a framework that guides the design of Information Disaster Management Information System (DMIS), considering a new approach based on the use of the QFD (Quality Function Deployment) tool in conjunction with the SysML (System Modeling Language) language that comes from system engineering field. The proposed framework assists in the identification, selection, modeling and specification of Functional Requirements (FR), Non-Functional (NFR) and Technical Solutions (TS) required for the development of interoperable DMIS. The approach involved allows the transformation of qualitative attributes obtained through bibliographic review (scientific contributions and worldwide initiatives) corroborated with expert opinion (survey), in quantitative expressions making possible the evaluation of the importance level of each requirement found and its modeling through the diagram requirements of the SysML language.

This transformation and formalization greatly aid the development cycle of DMIS in order to best meet the needs of the entities or groups involved or required during a disaster or emergency situation in a region. Thus, a new form to represent the relationship between the items of a QFD (attributes) and SysML Requirements Diagram is proposed facilitating the modeling and reading of the requirements involved. As a final result, reference architecture and a prototype involving low cost hardware and software components are presented. The reference architecture will feed another project responsible for assessing the interoperability of the entity involved in relation to the proposed architecture. Both projects are being developed

through cooperation between PPGEPS / PUCPR and ICI (Instituto das Cidades Inteligentes).

Keywords: Framework, management, disaster, information system, QFD, SysML, Interoperability.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DIS	*Disaster Information System*
SVGID	Sistema Voltado a Gestão da Informação de Desastres
DPMIS	*Disaster Prevention Management Information System*
DMIS	*Disaster Management Information System*
GIS	*Geographic Information System*
QFD	*Quality Function Deployment*
SysML	*System Modeling Language*
UML	*Unified Modeling Language*
GPS	Global Positioning System
SMS	*Short Message Service*
ST	Solução Técnica
RF	Requisito Funcional
RNF	Requisito Não Funcional
TS	*Technical Solution*
FR	*Functional Requirement*
NFR	*Non Functional Requirement*
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
MIS	Sistema de Informação de Mediação
SOA	Arquitetura Orientada a Serviços
CIMS	Sistemas de Gestão de Informação de Crises
IDSS	Sistema Inteligente de Apoio à Decisão
WSN	*Wireless Sensor Network*
DSS	*Decision Support System*
IS	*Information System*
SoS	*System of Systems*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

Imagine a seguinte situação: a notificação de um grande acidente em uma rodovia chega simultaneamente a mais de uma central de polícia ou corpo de bombeiros ao mesmo tempo, seja por SMS, telefone ou outro meio de comunicação. Todos estes policiais ou departamentos responsáveis registram o evento de emergência em seus próprios sistemas de banco de dados, que não são integrados entre si. Neste contexto de não interoperabilidade, o resultado mais provável seria: mais de uma equipe de emergência sendo enviada para a mesma área do acidente, comprometimento da mobilidade no local e nas redondezas devido a grande concentração de equipes e veículos, possível deficiência de contingente efetivo para o atendimento de outras ocorrências, mais emissão de gases, gastos desnecessários, dentre outras consequências.

Esta não é uma situação hipotética e ocorre com frequência ao redor do mundo. Por exemplo, por volta de 2010, na cidade de Witten localiza no estado de Nordrhein-Westfalen Alemanha, uma pequena ocorrência de incêndio domiciliar mobilizou muitas equipes de emergência da mesma cidade e até das cidades vizinhas. Havia tantos caminhões de bombeiros e carros de polícia nas redondezas do evento que foi necessário criar um plano de emergência para remover todos os veículos e equipes, a fim de estabelecer um fluxo normal nas ruas e possibilitar o retorno das equipes até suas bases. Esta situação ilustra como o fluxo de informação, integração e interoperabilidade entre os diferentes sistemas e atores envolvidos na resposta a um incidente são importantes.

Em algumas regiões agentes, oficiais e voluntários envolvidos com a resposta aos desastres ou crises usam apenas linhas terrestres, telefones celulares ou rádios para receber notificações de desastres e para despachar equipes de resposta (Scherner & Fritsch, 2005). Sistemas computadorizados vem sendo desenvolvidos em vários locais para realizar a prevenção e o gerenciamento da informação durante desastres ou situações de emergência. Já em outros, a identificação de potenciais situações de risco, crise ou emergências continuam sendo feitas pelas pessoas que utilizam um mínimo de tecnologia e não possuem um treinamento apropriado.

Além disso, raramente existe uma maneira de detectar a proximidade de um desastre ou situação de risco, quando possível, para tentar minimizar os seus impactos - seja por falta de informação, ou porque a informação disponível acaba se dissipando durante o caminho ou fica retida em algum sistema, ou simplesmente não é atualizada corretamente no tempo necessário (Köhler, Müller, Sanders, & Wächter, 2006).

Este cenário descrito refere-se a uma questão de deficiência de interoperabilidade. A interoperabilidade é considerada a capacidade que dois ou mais sistemas têm de colaborar, trocando informações e coordenando ações (Brazilian Government, Executive, 2009). A interoperabilidade, portanto, é uma característica importante para um sistema de gerenciamento de desastres podendo ela vir a ser intencionalmente desenvolvida ou aparecer indiretamente como resultado da correta escolha dos requisitos que caracterizam o sistema.

Atualmente existem diferentes ferramentas e tecnologias que podem ser usadas para aumentar a interoperabilidade, garantindo uma boa comunicação entre as partes interessadas e envolvidas tanto na prevenção como na gestão da informação - organizando-a e tornando-a acessível a todas as entidades envolvidas. Essas tecnologias, quando usadas de maneira correta aumentam consideravelmente a eficácia da prevenção ou resposta ao desastre ou crise, pois a correta e rápida troca de informações entre as vítimas, grupos e entidades envolvidas torna-se algo essencial para que a crise ou situação de emergência possa vir a ser resolvida o mais breve possível evitando ao máximo seus efeitos colaterais.

Desta forma, o foco deste trabalho é o desenvolvimento de um framework capaz de indicar para as entidades envolvidas, desenvolvedores de sistema, supervisores e voluntários quais requisitos não funcionais, funcionais e soluções técnicas deverão ser utilizados para o desenvolvimento de sistemas de prevenção e gestão da informação em uma determinada região. A correta definição dos requisitos irá, indiretamente, proporcionar um adequado grau de interoperabilidade entre estes sistemas, sistemas legados e outros sistemas que possam vir a ser desenvolvidos para dar apoio ou suprir alguma necessidade momentânea. Este framework será capaz de transformar dados qualitativos em valores quantitativos que poderão ser utilizados e manipulados por todas as partes envolvidas.

No decorrer desta dissertação serão apresentados alguns trabalhos encontrados ao redor do mundo, as bases teóricas relacionadas, subsidiando a

apresentação de uma nova maneira de modelagem dos requisitos através de diagramas QFD (*Quality Function Deployment*) e modelo SysML (*System Modelling Language*). Uma arquitetura de referência é então proposta orientando a realização de um sistema de coleta de dados metrológicos de baixo custo ilustrando as perspectivas de integração realizadas.

1.1 Contextualização

Para auxiliar as entidades envolvidas e resolver problemas de comunicação, aproveitar conhecimentos de ocorrências anteriores e notificar os respectivos responsáveis, Sistemas de Informação de Desastres ou DIS (*Disaster Information Systems*) vem sendo desenvolvidos e utilizados ao redor do mundo. No presente trabalho, referenciam-se estes sistemas de agora em diante, de SVGID - Sistema Voltado à Gestão da Informação de Desastres.

No passado utilizavam-se fogueiras, apitos, cornetas, sirenes, ou qualquer outro meio de aviso para disseminar alertas sobre alguma situação de perigo, ou emergência e sempre. Tais meios de disseminação da informação eram desenvolvidos empiricamente seguindo as restrições, necessidades e recursos disponíveis nos locais de sua idealização e utilização. Com o passar do tempo, tais sistemas foram se tornando cada vez mais complexos e passaram a utilizam cada vez mais as tecnologias disponíveis principalmente após a década de 90 devido ao surgimento dos computadores pessoais e da internet. Então, diferentes sistemas, já existentes, começaram a sofrer conexões entre si surgindo à necessidade de uma maior interoperabilidade, definição de ontologias comuns, protocolos, SDKs, etc (Noran, O. , 2013). Com passar do tempo a comunicação a longas distâncias em tempo real tornou-se algo imprescindível durante situações de crise ou desastres. Para suprir esta necessidade, novas formas de se comunicar, como a internet, sistemas e redes de comunicação móveis, celulares e *tablets* tornaram-se tecnologias indispensáveis e de utilização inevitável no mundo moderno (Cristina Dietrishs Prado & Estevão dos Santos, 2014) .

Devido a toda esta complexidade os desenvolvimentos empíricos ou específicos, muito baseados em abordagens tradicionais de concepção de sistemas de informação, tornaram-se ineficientes. Desta maneira, o uso de ferramentas e

técnicas para a definição e desenvolvimento da arquitetura dos DIS começaram a ser utilizadas com base em avanços da engenharia de sistemas.

Como será visto mais adiante, após uma revisão da literatura foi possível notar que o desenvolvimento e a utilização dos DIS sofreram avanços significativos a partir do ano de 2007 e vêm crescendo a cada ano. Por um lado, isso deve-se às grandes catástrofes e desastres causados pela natureza ou provocadas pela ação dos homens. Por outro lado, tal fato deve-se aos ataques terroristas, acidentes em túneis, pontes, e outros tipos de grandes construções como barragens e arranha céus.

1.2 Problematização

Assim, para que um DIS possa suprir as necessidades do local onde será implantado, é muito importante desenvolvê-lo com as características adequadas e os recursos tecnológicos coerentes com a realidade da entidade ou localidade. Por exemplo, de nada adianta um sistema complexo possuir um sofisticado sistema de prevenção e gestão de nevascas se está instalado no meio de um deserto que não tem registros de temperatura inferiores a 20 ° C. Como também de nada adianta um sistema localizado ao lado de um rio não possuir dispositivos ou uma preparação para situações de enchentes e enxurradas.

Como dito, os requisitos que devem ser atendidos e os recursos tecnológicos que serão utilizados para atendê-los devem ser escolhidos de maneira correta e eficaz, em coerência à esfera de cobertura e atendimento do DIS. Justifica-se de um lado para se economizar recursos financeiros (os quais poderão ser destinados a áreas mais essenciais) e por outro lado para garantir um sistema robusto e que possa proporcionar a diminuição dos efeitos colaterais advindos de um desastre ou situação de emergência.

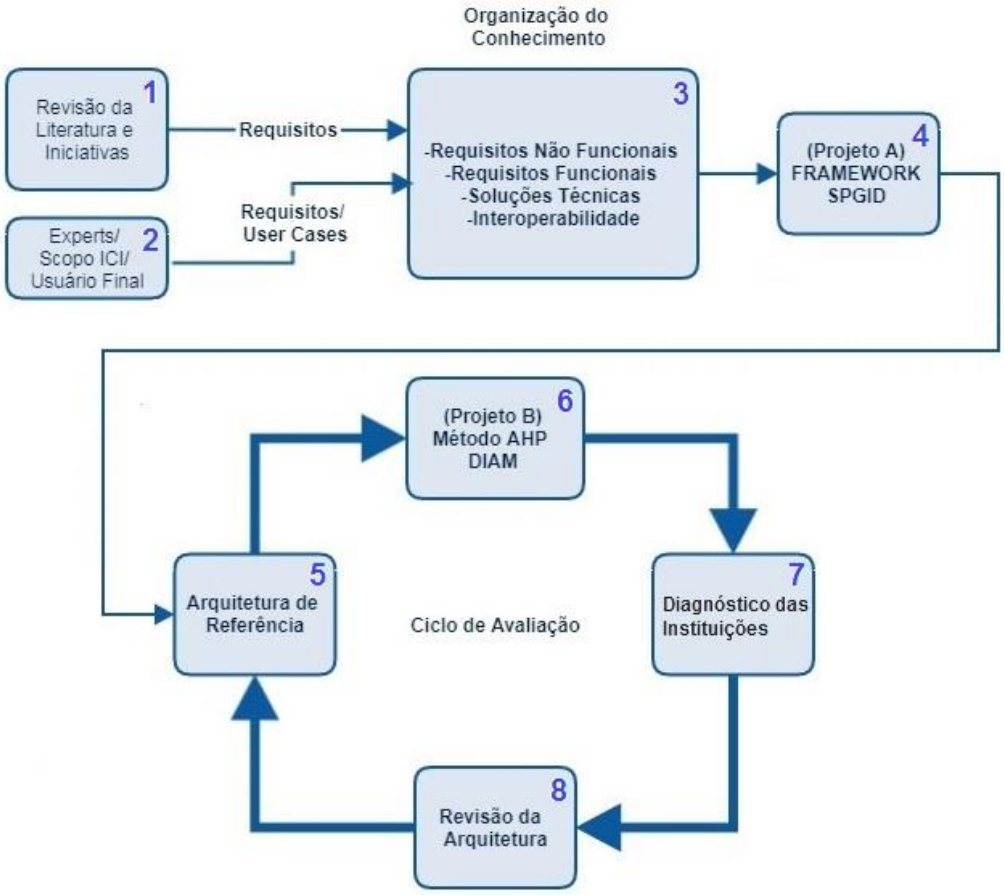
Motivado por este espaço problema, este trabalho vem propor um framework capaz de orientar o processo de desenvolvimento do que foi chamado pelo autor de SPIGD (Sistemas de Prevenção e Gestão da informação de Desastres) possibilitando a identificação dos requisitos mais adequados para atender as equipes envolvidas e de acordo com a região onde será utilizado.

1.3 Escopo do projeto ICI

Esta dissertação de mestrado é parte de um projeto de cooperação em pesquisa e desenvolvimento da PUCPR - Pontifícia Universidade Católica do Paraná em parceria com o ICI – Instituto das Cidades Inteligentes de Curitiba. Esta parceria se faz através do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas – PPGEPS. Esta parceria, na esfera de transferência tecnológica, auxilia colaborativamente o instituto em seus projetos através de suporte científico multidisciplinar relevante aos interesses municipais, com uma amplitude mundial na solução oferecida.

A figura 1 ilustra o escopo desta dissertação como parte de um projeto maior onde este será chamado de projeto A e o seu complemento de Projeto B. Assim, o projeto A (intuito desta dissertação) tem como objetivo a definição de um framework capaz de gerar uma arquitetura de referência baseado nos Requisitos coletados através da fase de Organização do Conhecimento. Já o projeto B propõe uma forma de avaliação diagnóstica da arquitetura gerada pelo projeto A levando se em conta os aspectos de interoperabilidade e características de uma localidade ou entidade (no caso o ICI). A generalização dos projetos implica na aplicabilidade, portanto, para qualquer localidade e entidades envolvidas. Vale ressaltar que o escopo envolvido no projeto A contemplou as fases de organização do conhecimento e proposição da arquitetura de referência, ou seja, os blocos 1 a até 5 apresentados na figura 1. Já os blocos de 6 a 8 correspondem as etapas do projeto B.

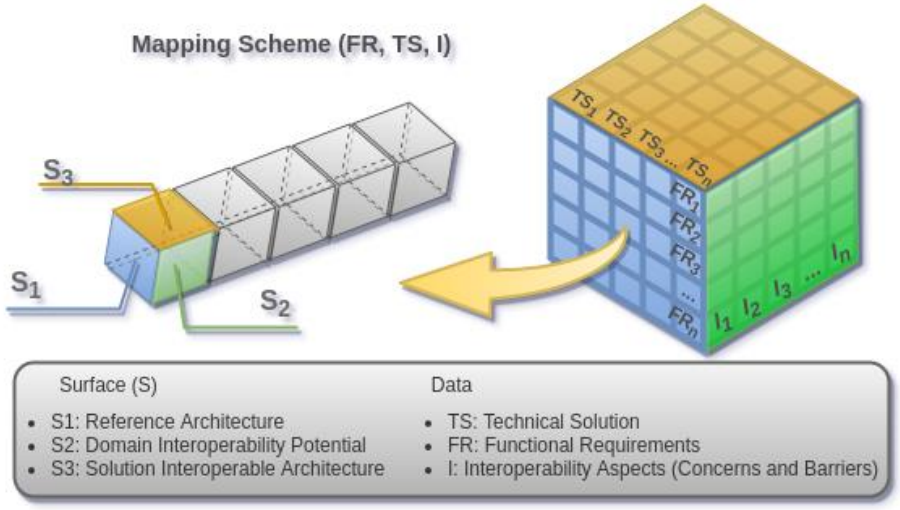
Figura 1 – Escopo da dissertação dentro do projeto ICI.



Fonte: O Autor (2018).

A figura 2 ilustra outra forma de representação do inter-relacionamento entre os projetos A e B, exaltando superfícies de avaliação através de uma forma cúbica. Neste modelo tridimensional, S1 relaciona-se à arquitetura de referência, S2 diz respeito ao domínio da interoperabilidade em relação a entidade onde será aplicado (avaliação diagnóstica sob I), e S3 é a dimensão gerada através da intersecção se S1 e S2, na avaliação propositiva de tecnologias interoperáveis (TS&I) e fornecedores, sendo tema para trabalhos futuros.

Figura 2 - modelo de relacionamento tridimensional entre requisitos da arquitetura de referência e o domínio da interoperabilidade.

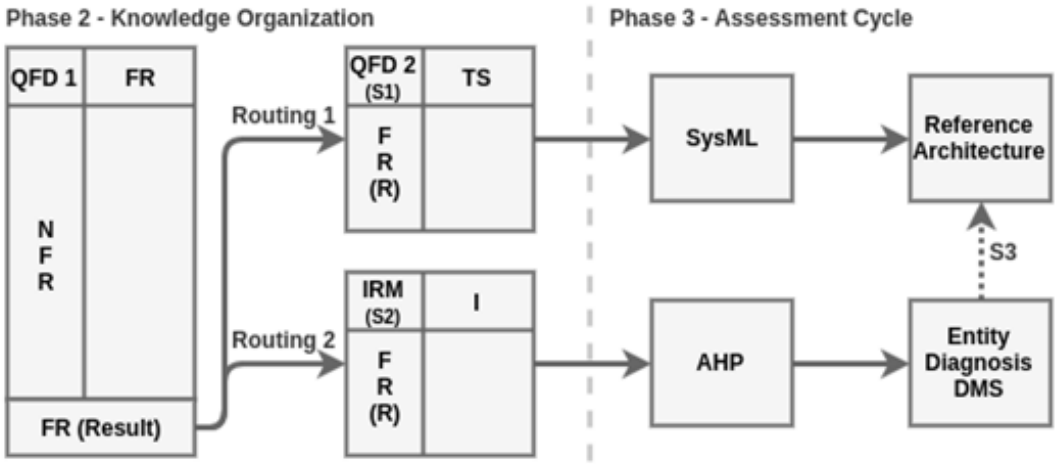


Fonte: O Autor.

Já a figura 3 ilustra as diferentes etapas de cada fase desta pesquisa em conjunto. Onde enquanto esta dissertação trata dos requisitos do sistema e arquitetura de referência (Projeto A), a dissertação do projeto B versa sobre a análise destes requisitos encontrados em relação as entidades onde tal arquitetura de referência poderá ser implementada.

Na fase 2 da figura 3 (após a revisão da literatura e estudo das iniciativas ao redor do mundo), montou-se o QFD1, o qual é formado pelos: requisitos não funcionais (*NFR*) e requisitos funcionais (*FR*). Os requisitos funcionais com maior grau de importância encontrados através do QFD1 serão utilizados pelos dois projetos (A e B). No projeto A serão utilizados em conjunto com as soluções técnicas para montar o QFD2 onde o resultado deste será modelado através do diagrama de requisitos SysML dando origem a uma arquitetura de referência.

Figura 3 - Principais etapas da pesquisa em conjunto.



Fonte: O Autor (2018).

Já no projeto B, o resultado do QFD1 (*quality function deployment – o qual será detalhado mais adiante*) será combinado com os requisitos de interoperabilidade (I) e utilizando-se o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e outros métodos de análise multicritério, será possível avaliar uma determinada entidade em termos do potencial de interoperabilidade em relação a arquitetura de referência apresentada pelo projeto A. Este inter-relacionamento entre os dois projetos (A e B) poderão dar origem a um terceiro projeto representado no diagrama de cubo como superfície 3 (S3).

Por exemplo, para S3 pode ser utilizado método MCDM (*Multiple-criteria decision-making*) para a escolha de tecnologias interoperáveis a serem utilizadas em uma entidade durante a implantação da arquitetura de referência.

1.4 Questão de Pesquisa

Com base no espaço problema apresentado, tem-se a seguinte questão que deve ser respondida após a pesquisa: Como identificar, organizar e modelar o conhecimento inerente aos requisitos necessários ao desenvolvimento de Sistemas de Prevenção e Gestão da Informação de Desastres (SVGID) (arquitetura referencial) considerando requisitos tecnológicos interoperáveis e sua revisão, através da análise de sua coerência com a realidade instalada da região ou entidade responsável pelo suporte do sistema?

1.5 Objetivo Geral

O objetivo geral desta dissertação é a elaboração e modelagem de um *framework* capaz de orientar na determinação dos principais requisitos funcionais, não funcionais e soluções técnicas necessárias que servirão de base para o desenvolvimento de Sistemas de Prevenção e Gestão da Informação de Desastres (SVGID).[*]

[*] A sigla em Inglês escolhida para os trabalhos publicados é DPMIS (*Disaster Prevention and Information Management System)*

1.6 Objetivos Específicos

A seguir estão listados os objetivos específicos que se deseja alcançar:

- Identificar iniciativas nacionais e internacionais e trabalhos relacionados através de revisão sistemática da literatura (RSL);
- Levantar os requisitos funcionais, não funcionais e as soluções técnicas mais comumente citadas nos trabalhos encontrados na RSL;
- Organizar, filtrar e modelar os requisitos e soluções técnicas (conhecimento obtido) através de ferramentas como QFD, SysML, IDEF0;
- Definir uma arquitetura de referência e testá-la através de um protótipo considerando elementos oriundos do projeto B (base diagnóstica).

1.7 Estrutura Metodológica

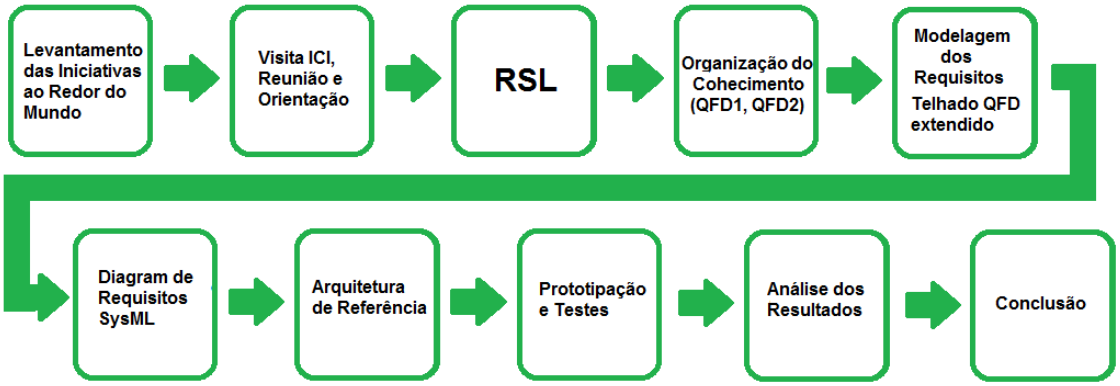
Na figura 4 temos uma visão macro das principais fases que compõem a estratégia de desenvolvimento desta dissertação. Desta maneira, após uma análise das iniciativas encontradas na literatura local e ao redor do mundo, torna-se possível iniciar a fase de entrevistas e reuniões junto as pessoas, grupos e entidades envolvidas.

Com os dados qualitativos e casos de uso coletados, pode-se passar para a próxima fase, ou seja, a revisão sistemática da literatura. É através desta revisão que os requisitos funcionais, não funcionais e técnicos serão levantados.

Nas próximas fases, tem-se a modelagem e organização de todos os requisitos através do uso das ferramentas QFD. Propõe-se o uso estendido (QFD) com foco no seu componente “telhado” QFD, para especificação SysML. Nesta especificação considera-se a modelagem dos requisitos através do diagrama de requisitos SysML. Com o diagrama em mãos torna-se possível definir a arquitetura de referência, para então suportar o desenvolvimento de um protótipo funcional.

O detalhamento procedural, mecanismos e métodos, assim como o uso de recursos será objeto do *framework*, serão apresentados no capítulo 3.

Figura 4 – Base Metodológica – Estratégia de Desenvolvimento.



Fonte: O Autor.

Esta dissertação é organizada de forma a prover os elementos conceituais e propositivos expostos neste capítulo.

Portanto, no Capítulo 2 expõem-se os trabalhos relacionados e iniciativas que foram encontrados ao redor do mundo, assim como as ferramentas utilizadas para modelagem e especificação - o QFD que servirá como ferramenta principal para a organização do conhecimento adquirido.

No Capítulo 3 será apresentado o Framework (elemento propositivo central) com base no diagrama IDEF0 em esforço de representação das dimensões procedurais, mecanismos e recursos envolvidos no ciclo de desenvolvimento da arquitetura referencial. Já no capítulo 4 serão apresentados a revisão de literatura e o protocolo utilizado para ela. No Capítulo 5, tem-se a organização do conhecimento adquirido através da revisão da literatura.

No capítulo 6 tem-se a modelagem dos requisitos encontrados onde será proposto um novo método para estabelecimento e apresentação dos relacionamentos SysML entre os requisitos possibilitando o design do Diagrama de Requisitos SysML. Este diagrama de requisitos servirá de representação gráfica (especificação) de uma arquitetura de referência para um Sistema de Gestão da Informação e Prevenção de Desastres (SGIPD).

No capítulo 7 descreve-se a aplicação de um questionário (*survey*) com especialistas visando a validação dos requisitos encontrados e os resultados encontrados. No capítulo 8 será apresentada a arquitetura de referência e o protótipo e suas características o qual foi desenvolvido com o intuito de testar tanto a arquitetura de referência como o framework proposto. Por último, no capítulo 9 tem-se a conclusão e perspectivas de desenvolvimentos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados definições e termos importantes que compõem ou podem aparecer durante o levantamento do espaço problema (seção 2.1) tais como: termos importantes, grandezas, unidades utilizadas, técnicas de medição, fórmulas, soluções já desenvolvidas para a identificação de situações de emergência, metodologias utilizadas na área, etc.

Já a seção (2.2) corresponde ao espaço solução, ou seja, será apresentado o universo ferramental necessário para a construção do *framework* proposto que tem como objetivo ajudar na determinação dos principais requisitos que podem ser utilizados para o desenvolvimento de SPGISDs bem como escolher os mais adequados a uma determinada região, entidade ou finalidade.

Ambas as seções servirão para orientar o entendimento da problemática envolvida, assim como destacar algumas iniciativas já implantadas ao redor do mundo para ajudar na prevenção e mediação de desastres e que estão diretamente relacionadas ao escopo desta dissertação.

2.1 Espaço Problema

É através no estudo do espaço problema que são identificados possíveis *gaps,* ou seja, áreas onde novas iniciativas podem ser desenvolvidas para redução de algum problema, melhoria de um processo, integração de sistemas dentre outros. Desta maneira, um mapeamento das principais iniciativas mundiais é realizado além da apresentação de algumas definições importantes relacionados ao escopo de pesquisa.

2.1.1 Gerenciamento de Desastres

A gestão de atividades em situações de desastre concentra-se principalmente em três aspectos fundamentais: a proteção de vidas, a proteção das propriedades e a proteção do meio ambiente.

Os desastres podem ser classificados como naturais ou causados pelo ser humano. A primeira categoria (Eletr, A., & Os, R. , 2009) afetam direta ou indiretamente regiões habitadas causando danos ou impactos a das pessoas que vivem em sociedade.

Também segundo (Eletr, A., & Os, R. , 2009) no Brasil a maioria dos desastres são provocados pela dinâmica da Terra gerida pelos processos do clima e tempo. Desastres naturais abrangem eventos como terremotos, inundações, tempestades, furacões, tornados, ciclones e incêndios florestais e outras causas naturais. A segunda categoria abrange eventos como o colapso de edifícios, acidentes de avião, incêndios em edifício, ações terroristas, etc.

Existe ainda o termo catástrofe que também segundo (Ferreira, Scopel, Moragas, & Fátima, n.d.) é a grande desgraça, acontecimento funesto ou lastimoso, ou seja, um desastre de grandes proporções com muitas vítimas ou destruição severa. Já desastre seria apenas o resultado de eventos adversos naturais ou provocados pelo homem.

Deve-se notar que, independentemente da categoria do desastre, é um grande desafio para os serviços de emergência mitigar tais situações de forma eficiente e coordenada (Mukhopadhyay, B. & Bhattacherjee, B. , 2015).

Assim, a informação é um bem essencial quando se trata de lidar com diferentes tipos de desastres de forma rápida e coordenada. A polícia, o corpo de bombeiros, a saúde, a defesa civil e outras organizações precisam ser eficientes quando trabalham não só individualmente, mas também de forma coordenada, considerando os aspectos inter e intraorganizacionais, além dos diferentes níveis hierárquicos (Meissner, A., at all, 2002). Alguns autores argumentam que a resposta a um desastre requer uma força-tarefa na tentativa de prever como a situação se desenrolará ou resolverá qualquer problema, principalmente através da gestão e integração das partes envolvidas (Barthe-Delanoë, A., et al.2012).

A coordenação exige que a informação seja atualizada, exigindo comunicação em tempo real. Para que isso aconteça, é necessário o apoio dos sistemas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) integradas no gerenciamento de desastres, tornando a troca e processamento mais eficiente e seguro (Meissner, A., at all, 2002). Considerando o fato de que um sistema de TIC é uma parte visível de uma organização, muitas questões de colaboração e comunicação podem ser abordadas através do uso da tecnologia, particularmente através da implementação de um Sistema de Informação de Mediação (MIS) com base em Arquitetura Orientada a Serviços (SOA). O MIS e SOA, permitem, portanto, o intercâmbio de informações entre as partes interessadas (Bénaben, F.; Touzi, et al., 2008).

Neste sentido, os Sistemas de Gestão de Informação de Crises (CIMS) fazem parte do conceito predominante de um MIS para desastres e emergências. O objetivo é fornecer um conjunto completo de funções de TIC para atender às muitas necessidades dos atores no gerenciamento de desastres. Existem outros termos, como o Sistema de Gerenciamento de Incidente Crítico (também chamado de CIMS), o Sistema de Interoperabilidade de Gerenciamento de Desastres (DMIS) e os Sistemas de Gerenciamento de Incidentes (IMS). O CIMS, entretanto, está emergindo como o termo preferido para as entidades que precisam ter esse sistema e para atender às principais necessidades relativas à gestão de um desastre, especialmente no que diz respeito a troca de informações, permitindo uma ação conjunta e coordenada dos envolvidos (Iannella, R.; Robinson, K. & Rinta-Koski, O., 2007). Algumas das ações realizadas por esses sistemas são (Perry, R. W. , 2003):

- avaliar a situação no início e durante o desastre;
- iniciar, manter e controlar as comunicações;
- identificar a estratégia de gerenciamento de incidentes, desenvolver um plano de ação com recursos existentes;
- solicitar recursos adicionais;
- desenvolver uma estrutura de comando organizacional;
- avaliar continuamente os planos de ação;
- fornecer continuação, transferência e término de uma chamada.

Para que o gerenciamento de desastres ocorra corretamente, é necessário que a troca de dados entre organizações seja atualizada em tempo real (Meissner, A., at all, 2002). A eficiência da resposta é determinada pela rapidez e precisão que a informação pode ser gerenciada e trocada entre parceiros (organizações, pessoas e dispositivos envolvidos na colaboração). Assim, o principal objetivo de uma estrutura para um sistema de gerenciamento de desastres deve ser abordar os problemas de colaboração das organizações através do uso de sistemas interoperáveis que atendam aos requisitos das empresas (Barthe-Delanoë, A., et al.2012) e entidades envolvidas na minimização dos efeitos do desastre ou situação de emergência.

2.1.2 Interoperabilidade

A interoperabilidade é definida pela Comissão Europeia como um conceito amplo que engloba a capacidade das organizações de trabalhar em conjunto na busca de objetivos comuns e mutuamente benéficos (European Commission, 2010). Os conceitos de interoperabilidade permitem uma avaliação dos atributos relacionados aos envolvidos, resultando na capacidade real de comunicação entre eles. Essa capacidade de interoperar pode ser afetada por barreiras conceituais, tecnológicas e organizacionais (Guédria, W. Golnam, A. et al. 2011) onde podemos definir que:

- Barreira conceitual: são as diferenças sintáticas e semânticas que aparecem durante a troca de informações; geralmente está associada a um alto nível de abstração.
- Barreira Tecnológica: incompatibilidade de informações sistemas.
- Barreira Organizacional: diretamente relacionado aos fatores comportamentais da organização, como processos de negócios.

Uma das principais atividades relacionadas ao aprimoramento da interoperabilidade é a identificação do melhor método de avaliação para cada tipo de situação, permitindo a medição do grau de interoperabilidade entre entidades (*Enterprise Interoperability Assessment* - EIA), que por sua vez auxilia na especificação de soluções integradas no campo. Este tipo de avaliação identifica pontos fortes e fracos, possibilitando a priorização das ações para melhorar o desempenho e a maturidade da interoperabilidade (Cestari, J. M., Loures, et al., 2013). Existem alguns modelos de maturidade de interoperabilidade (IMMs), que permitem o posicionamento sobre o potencial de interoperação e podem considerar em relação a outra entidade conhecida (avaliação a posteriori) ou não conhecida (a priori) (Guédria, W. Golnam, A. et al. 2011).

No entanto, mesmo com o apoio da EIA, a aplicação de conceitos de interoperabilidade em um ambiente organizacional não é uma atividade trivial e ainda mais complicada no setor público, uma vez que a complexidade, as barreiras e as variáveis de uma organização governamental podem ser diferentes das encontradas em empresas privadas. A melhor definição das atividades a serem tomadas geralmente é orientada por requisitos de interoperabilidade, que definem

padrões e melhores práticas visando minimizar ou eliminar barreiras para um bom desempenho organizacional.

De acordo com o framework EIF, a arquitetura de interoperabilidade de uma organização não é estática, e varia ao longo do tempo, de acordo com tecnologias, padrões e requisitos que podem ser modificados para atender melhor às suas necessidades (Guedria, W. Chen, et al. , 2009). No framework proposto nesta dissertação, a interoperabilidade será intrínseca as soluções técnicas identificadas através do ciclo de avaliação a qual faz parte das etapas do projeto de pesquisa em conjunto (projeto B citado anteriormente) e do framework proposto.

2.1.3 Meteorologia

O termo meteorologia vem do Grego (meteoros + logos = elevado no ar + estudo) e é a ciência que estuda a atmosfera terrestre. Normalmente está relacionado com o termo “tempo” o qual pode ser definido como o estado da atmosfera em um determinado instante e “clima” como o estado médio do tempo em uma região.

Desta forma, em um curto período, quem pode indicar a possibilidade da ocorrência de um desastre ou situação de crítica oriunda de razões naturais é o Tempo. Consultando a previsão ou a situação atual do tempo de uma determinada localização, é possível programar o lazer, verificar a segurança dos meios de transporte (avião, trem, embarcações, navios), adiantar colheitas, programar safras, proteger-se de geadas, chuvas de granizo, bem como prevenir ou preparar-se para situações de risco tais como temporais, furacões.

A meteorologia possui várias ramificações tais como: física, sinótica, dinâmica, climatologia. Todas formadas por diversas áreas da ciência que se correlacionam. Também são vários os ramos da meteorologia: aeronáutica, marinha, ambiental, agrometeorologia, dentre outras. Assim, é possível prever ou avaliar o tempo através de alguns dos seus elementos básicos sendo os mais importantes:

- Umidade do ar
- Temperatura do ar
- Pressão atmosférica
- A velocidade e direção do vento
- Quantidade e intensidae de chuva

- Tipos e a quantidades das nuvens.

Desta forma, para um sistema automático de previsão e gerenciamento de desastres e situações de risco automático, torna-se imprescindível a utilização de dispositivos capazes de medir automaticamente os valores dos elementos básicos do tempo.

Por este motivo, o autor desenvolveu um sistema de baixo custo para coleta de dados meteorológicos como apresentado no Apêndice V. Assim, torna-se indispensável citar como estas grandezas podem ser medidas.

2.1.3.1 Velocidade do ar

Através de um fenômeno meteorológico formado pelo movimento do ar tem-se o vento. Também pode ser definido como o movimento de massas de ar seco e húmido em relação a superfície da terra e são provocados por diferenças de potencial de pressão atmosférica entre duas regiões também sofrendo influência do movimento de rotação e força centrífuga da terra.

O vento é um fenômeno meteorológico formado pelo movimento do ar na atmosfera. O vento é gerado através de fenômenos naturais como, por exemplo, os movimentos de rotação e translação do Planeta Terra e do seu atrito com a superfície terrestre (Cardoso, Augusto, et al., 2009). Geralmente, o ar se movimenta de uma região de alta pressão para uma região de baixa pressão. Por causa do atrito a sua velocidade diminui com a diminuição da altura sendo nulo na superfície. O conhecimento da sua velocidade é de suma importância na agricultura, construção civil e nos estudos metrológicos.

Atualmente existem várias formas de medir a velocidade do ar (ou do vento). Através da medição da variação da resistência de um filamento incandescente, através de sensores acústicos e mais comumente através da velocidade de uma espécie de catavento construído por conchas presas em hastes que são fixadas um eixo central e dispostas a um ângulo de 120 graus uma da outra. Na figura 5 temos um exemplo de catavento de conchas. O nome do instrumento que mede a velocidade do vento é Anemômetro.

O anemômetro de conchas mede a velocidade do vento unidirecional e é calculada através de uma equação linear. A velocidade do vento que incide nas conchas é determinada através do cálculo da distância percorrida após uma volta

dividido pelo tempo onde no SI (do francês *Système International d'unités*) é dada em m/s. Assim, conta-se o número de voltas em um determinado tempo.

Supondo que a distância entre o centro do eixo e o centro dos copos é de 68mm a cada volta, teremos uma distância de D = 2 π $*$ 0,068 m. Ou seja, D = 0,43 m percorridos a cada volta. Se, por exemplo, em um segundo ocorreram 3 voltas teremos a velocidade de V = 1,29 m/s.

Figura 5 - anemômetro de conchas.

Fonte: Google Imagens.

Circuitos eletrônicos utilizam sensores de efeito hall, *reed switch*, ou foto transistores para detectar/contar o número de voltas realizadas pelas conchas de um anemômetro.

2.1.3.2 Temperatura do ar

A temperatura do ar é um dos elementos básicos da meteorologia e influencia nas velocidades dos ventos, na pressão atmosférica, na umidade do ar e do solo (Biudes & Paulo, n.d., 2009), na absorção de CO_2, além de influenciar na construção civil, no planejamento de eventos a céu aberto e principalmente na agricultura.

O instrumento utilizado para medir a temperatura do ar é o termômetro e nas estações meteorológicas ficam dispostos em um aparato chamado protetor de radiação. Normalmente, a radiação solar, passa através do ar sem modificar a sua

temperatura, mas um termômetro exposto ao sol pode absorver muita radiação o que irá influenciar na medição do ar ao seu redor.

Desta maneira, segundo a Organização Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization) o termômetro deve ser protegido através de um abrigo meteorológico ou um escudo de radiação como os apresentados nas figuras 6 e 7.

Figura 6 - Termômetro protegido por um escudo de radiação.

Fonte: Google Imagens.

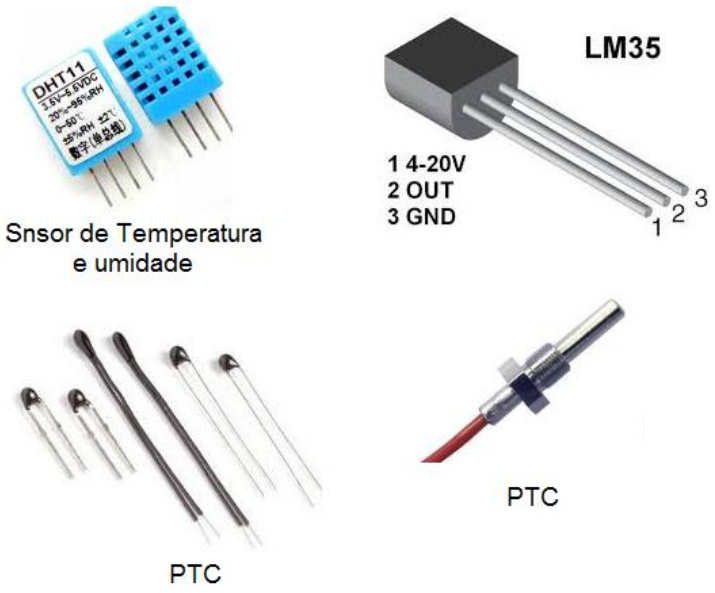
Figura 7 - abrigo meteorológico.

Fonte: Google Imagens.

Desta maneira, o ar passa pelos vãos do escudo de radiação ou pelas venezianas do abrigo chegando até o termômetro sem que os raios solares incidam diretamente no termômetro.

Além dos termômetros convencionais que utilizam mercúrio e necessitam de uma leitura visual, existe transdutores para realizar a leitura da temperatura tais como: LM35, PTC, DHT11, etc. Na figura 8 podemos ver a aparência de alguns deles.

Figura 8 - Sensores de temperatura



Fonte: Google Imagens.

2.1.3.3 Pressão do ar

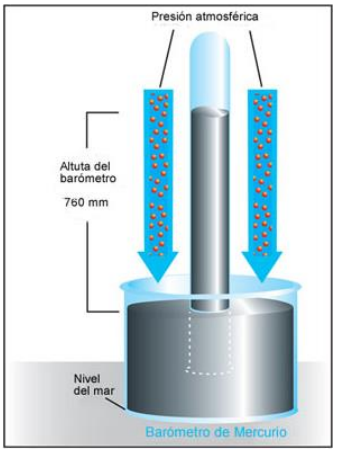
As moléculas que compõem o ar bombardeiam continuamente as superfícies com as quais mantém contato exercendo uma força sobre elas (Galvani, n.d., 2014). O ar exerce uma força sobre as superfícies com as quais tem contato através do contínuo bombardeamento de suas moléculas. Esta força que o ar exerce chamamos de pressão atmosférica.

A pressão atmosférica da superfície da terra varia constantemente, seja pela variação da temperatura, ou pelo deslocamento de massas de ar que podem ocorrer na vertical ou na horizontal. Define-se esta pressão como o peso por unidade de área da coluna de ar acima desta posição. No nível do mar uma coluna padrão com base de $1cm^2$ pesa aproximadamente 1 kg.

Como a pressão atmosférica influencia diretamente no tempo e no clima por diversos fatores como também influencia na velocidade e força do vento, torna-se importante a medida do seu valor. O valor da Pressão Atmosférica (P_{atm}) pode ser apresentado em mm Hg ou mb (milibar).

O instrumento utilizado para a medição da pressão atmosférica é o barômetro. Existem vários tipos de barômetros sendo mais elementar feito com mercúrio despejado em um recipiente através de uma coluna de vidro contendo vácuo no seu interior como apresentado na figura 9.

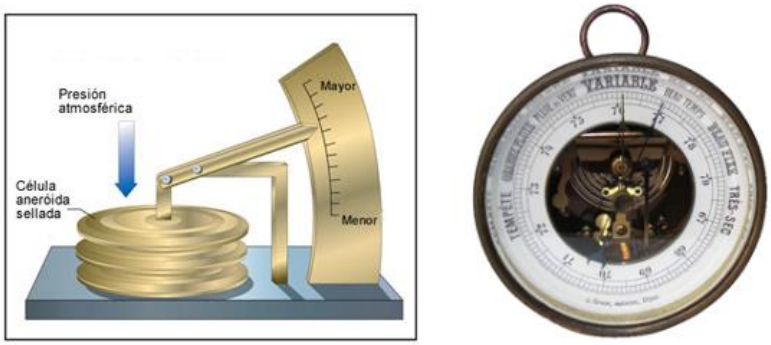
Figura 9 - Barômetro de mercúrio.



Fonte: Google Imagens.

O barômetro de mercúrio é preciso, porém não é prático. Já o barômetro aneroide apresentado na figura 10, pode ser transportado facilmente. Ele é composto por um recipiente de metal flexível que varia sua forma de acordo com a pressão atmosférica e uma espécie de alavanca fixada em sua superfície móvel move um ponteiro que registra a pressão.

Figura 10 - Barômetro aneroide.



Fonte: Google Imagens.

Atualmente existem sensores de pressão atmosférica extremamente pequenos e que podem ser conectados a processadores ou outros dispositivos capazes de realizar a leitura automaticamente como podemos ver na figura 11. Seu funcionamento é semelhante ao barômetro aneroide, porém no lugar da célula aneroide, temos um sensor piezelétrico.

Figura 11 - sensores de pressão atmosférica.

Fonte: Google Imagens.

2.1.3.4 Umidade do ar

A características higrométrica da atmosfera é conhecida como umidade relativa do ar e é dada em porcentagem (%). Ela é dada pela razão entre o conteúdo de vapor de água (w) aquela na condição de saturação (ws) em uma determinada temperatura do ar.

$$UR = \frac{w}{ws} x\ 100\%$$

Assim o UR inca quanto o ar está próximo da saturação sendo que o ar está saturado quando 4% do seu volume é de água e este teor de água varia de 0 a 4%, sendo considerado ar seco. E o ar será considerado úmido se possuir um valor entre 0% e 4 % de água. Por exemplo, a 25C° ws = 20 g/kg. Se em um dado momento o ar estiver pesando 10g/kg a 25C° a umidade relativa será de 50%.

O instrumento utilizado para a medição da umidade do ar é o psicrômetro como apresentado na figura 12. Basicamente são dois termômetros iguais, porém um deles fica envolto com um algodão ou gaze possuindo água. Faz-se a leitura das temperaturas dos dois termômetros e a diferença entre as duas temperaturas é utilizada para verificar o valor da umidade relativa do ar através de uma tabela. O

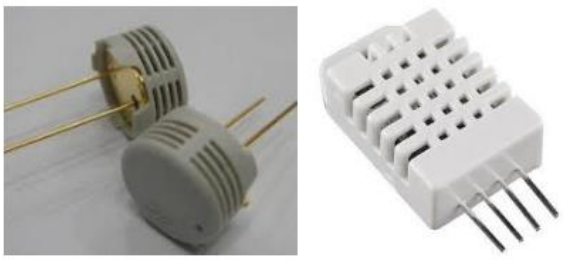
termômetro envolto com algodão úmido ficara com uma temperatura menor pois a água absorvida pelo algodão irá resfriar o termômetro e quanto menor a umidade do ar, maior será o resfriamento do algodão.

Figura 12 – psicrômetro

Fonte: Google Imagens.

Atualmente existem sensores de umidade do ar como o DHT11. Estes sensores podem ser conectados diretamente em circuitos ou microprocessadores e normalmente fornecem o valor da temperatura do ar. Exemplos destes sensores podem ser vistos na figura 13.

Figura 13 - sensor de umidade e temperatura.



Fonte: Google Imagens.

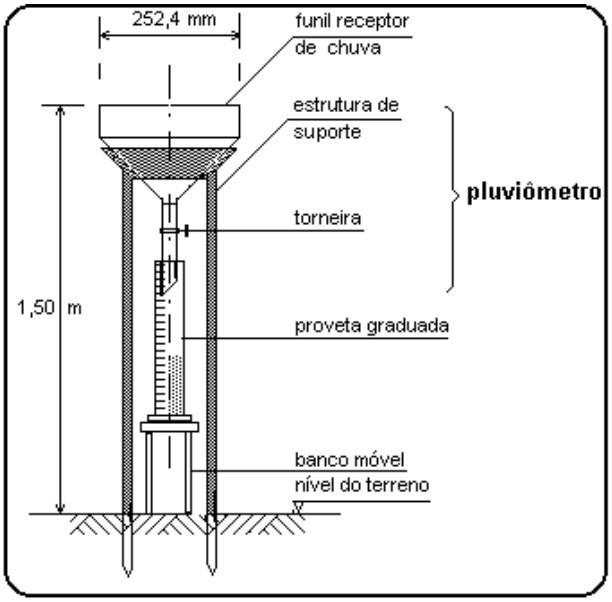
2.1.3.5 Precipitação de chuvas

Pode-se dizer que precipitação é qualquer fenômeno relacionado à queda de água do céu. Quando a água cai no estado líquido chamamos de chuva. Assim, tem-se que um fator que contribui em muito para alterações ou determinação do clima de uma região é a quantidade de chuva. Esta informação ajuda tanto agricultores como engenheiros e responsáveis pela defesa civil. É a partir da sua medida que se torna

possível planejar a infraestrutura de uma cidade, o tipo de pavimentação de uma rodovia e também na determinação de possíveis desastres ou situações de risco. Várias inundações ou até deslizamentos podem ser previstos se medido a quantidade de chuva de uma determinada região.

O instrumento utilizado para a medida da precipitação é o pluviômetro (Civil, D., 2010). Na figura 14 podemos ver um pluviômetro elementar que consiste em um recipiente graduado que armazena a água da chuva através de um funil.

Figura 14 - pluviômetro elementar.



Fonte: Google Imagens.

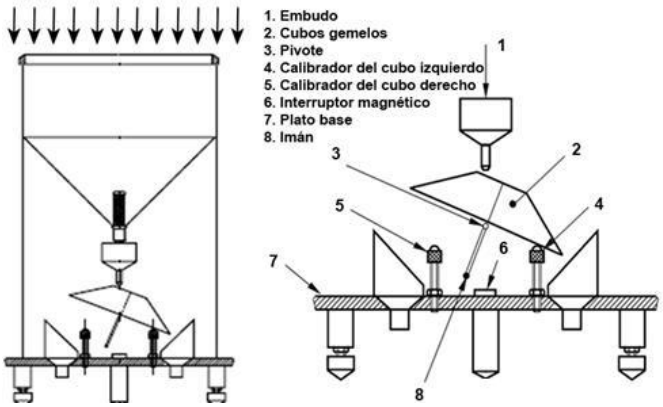
O volume pluviométrico corresponde a altura do líquido no recipiente e é dado mm. Ou seja, 1 mm de pluviosidade é o mesmo que 1 litro de água sobre uma área de 1 m^2.

Quando se necessita uma maior precisão utiliza-se o pluviômetro tipo basculante. Neste, á água que cai em um funil é dirigida a um dos dois compartimentos unidos e presos a um eixo conforme mostra a figura 15 (Civil, D., 2010).

Neste pluviômetro, toda vez que uma certa quantidade de água enche um dos compartimentos, faz com que a balança tombe para o outro lado emitindo um pulso elétrico. A quantidade de pulsos elétricos durante um intervalo de tempo será a medida pluviométrica.

Por exemplo, digamos que choveu por 1 hora e durante este período foram gerados 10 pulsos elétricos. Sabendo que é necessário 20 g (equivalente a 0,02 mm de chuva) temos: Volume Pluviométrico = 10 x 0,02 mm = 0,2 mm de chuva.

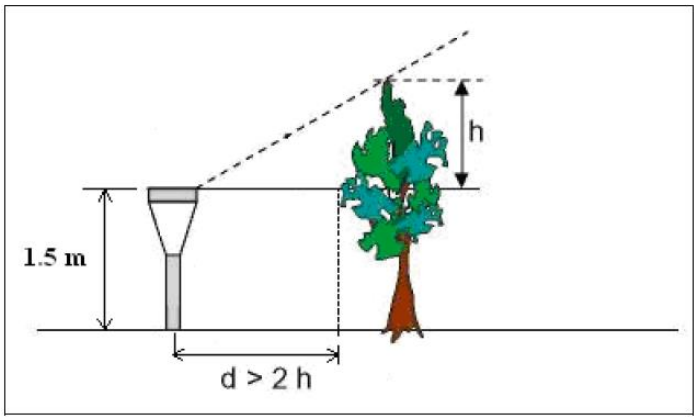
Figura 15 - Pluviômetro tipo basculante.



Fonte: Google Imagens.

Os pluviômetros automáticos deverão ser instalados em terreno plano, relativamente protegido e livre de obstáculos e de riscos de inundações. A superfície de captação do pluviômetro deve estar em um plano horizontal, não deve apresentar deformações e estar a uma altura de 1,5 metros acima do solo. Os obstáculos deverão estar a uma distância igual ou superior a duas vezes a altura do obstáculo com relação à superfície de captação dos pluviômetros como pode ser visto na figura 16.

Figura 16 - instalação do pluviômetro.



Fonte: Google Imagens.

2.1.4 INICIATIVAS

Esta seção destina-se a apresentação das principais iniciativas encontradas como resultado de uma breve pesquisa na literatura realizada durante as primeiras fazes do trabalho. Através delas foi possível direcionar as demais fases da pesquisa assim como posicionar a contribuição científica da proposta.

2.1.4.1 DECIDE - Decision Support System for Disaster Emergency Management (*Grécia*)

DECIDE é uma iniciativa desenvolvida entre 04/2015 e 06/2016 tendo como objetivo apoiar situações de emergência decorrentes de causas naturais e humanas, permitindo que as autoridades melhorem a capacidade de uso de recursos e contribuam para a prevenção de problemas. Sua premissa é que as ações necessárias para lidar com um desastre não são realizadas de forma eficaz, não envolvendo todas as diferentes partes de uma determinada solução e raramente criando ações preventivas. Para resolver esta questão, DECIDE propõe um Sistema Inteligente de Apoio à Decisão (IDSS – *Inteligence Decision Support System*), que promove o aumento da eficiência e das habilidades gerenciais das autoridades locais e das partes interessadas para responder eficazmente às catástrofes naturais e humanas, com metas específicas tais como (EIF. , 2004):

- uso de tecnologias inovadoras que fortaleçam a capacidade das autoridades locais para uma coordenação efetiva e eficiente nos processos de prevenção e resposta contra riscos;

- fortalecer a capacidade da sociedade local para tomar medidas imediatas nos momentos críticos de um evento de emergência, muitas vezes impedindo a expansão de um desastre maior e considerando todos os setores que podem contribuir para o controle do evento, como autoridades públicas, organizações não governamentais, voluntários, setor privado, mídia, entre outros;
- alcançar todos os envolvidos através do treinamento e compartilhamento de informações;
- contribuir para o desenvolvimento econômico e social das regiões envolvidas, de forma segura, efetiva e acessível.

O IDSS proposto suporta: unidades de proteção civil; roteamento em situações de emergência; recomendações para medidas de otimização, considerando uma análise de custo / eficiência; rede baseada em GIS (Sistema de Informação Geográfica) e mapeamento de risco; definição de papéis e responsabilidades; alertas e avisos; cenários de gerenciamento e usuários; diferentes interfaces de usuário (baseadas na Web, baseadas em *smartphones* e outras).

2.1.4.2 SAVE ME - System and Actions for Vehicles and transportation hubs to support Disaster Mitigation and Evacuation (Reino Unido)

O SAVE ME foi desenvolvido entre 10/2009 e 09/2012 visando desenvolver um sistema que detecte desastres naturais e desastres causados pelas ações do homem toda a infraestrutura de transporte, com foco na evacuação, a fim de preservar a vida de todos os envolvidos. Considera casos especiais, como crianças, idosos e até deficientes, que podem ter maior dificuldade de locomoção durante situações de emergência (Preda, P. F. , 2015).

Este sistema baseia-se em um framework ontológico comum para reconhecimento, classificação e mitigação de perigos, algoritmos sobre comportamento humano, padronização de elementos de intuição humana e outras visões holísticas de gerenciamento de desastres. Ele usa uma rede de sensores sem fio com uma infraestrutura de rede de comunicação tolerante a falhas para detecção de emergência, conscientização ambiental e monitoramento de posição e movimentos dos viajantes. Esta informação é utilizada em uma espécie de simulador

de dados em tempo real, juntamente com um SAD (Sistema de Apoio à Decisão), que resulta em ações a serem tomadas em mitigação de desastres.

A SAVE ME também se preocupa com o treinamento dos envolvidos, fornecendo conteúdo e ferramentas para operadores, socorristas e público em geral. Ele também fornece diretrizes para operadores de infraestrutura/veículo, designers, e medidas de padronização para a tomada de decisões na esfera de políticas públicas. Estudos relacionados ao uso de SAVE ME no Reino Unido mostraram que:

- gerou um plano de evacuação ideal para cada classe de viajantes, fornecendo 98% de informações precisas aos usuários;
- 96,5% dos eventos de emergência detectados pela rede de sensores sem fio (WSN) foram transmitidos para o *Decision Support System* (DSS) dentro de 60 segundos;
- detectou 100% dos viajantes e socorristas com um módulo de localização dentro de casa;
- 95% dos entrevistados afirmam que o sistema poderia melhorar o procedimento geral para a evacuação de passageiros em emergências e 60% relataram que isso mudaria a forma como eles se comportariam se enfrentasse uma situação de emergência;
- 26% dos entrevistados destacaram especificamente a eficácia da sua Tela de Orientação Coletiva.

2.1.4.3 SAFETRIP - Satellite Application For Emergency Handling, Traffic alerts, Road safety and Incident Prevention (França)

O objetivo geral do SAFETRIP, projeto este que foi desenvolvido entre 10/2009 e 03/2013, é melhorar o uso da infraestrutura de transporte rodoviário e dos sistemas de alerta, principalmente através de informações sobre prevenção e intervenção em caso de incidentes, fornecendo uma captura integrada de dados para maior segurança das pessoas envolvidas. O SAFETRIP contribui diretamente para os conceitos envolvidos na segurança do transporte rodoviário, resultando na redução de mortes na estrada e proteção ambiental (Evans, G., Blythe, et al. ,2014). As principais contribuições da iniciativa são:

- uma plataforma integrada que permite a qualquer empresa desenvolver aplicações para o mercado rodoviário;

- tecnologias de satélite inovadoras e recursos de comunicação, principalmente através de posicionamento preciso por satélite (GPS / EGNOS / GALILEO) e comunicação de dados bidirecionais via satélite;
- integração nos veículos de um dispositivo chamado "Greenbox" que oferece uma comunicação universal bidirecional para situações de emergência e recuperação de desastres.

2.1.4.4 e-PING – Padrões de Interoperabilidade para sistemas do Eletrônico Governo Brasileiro

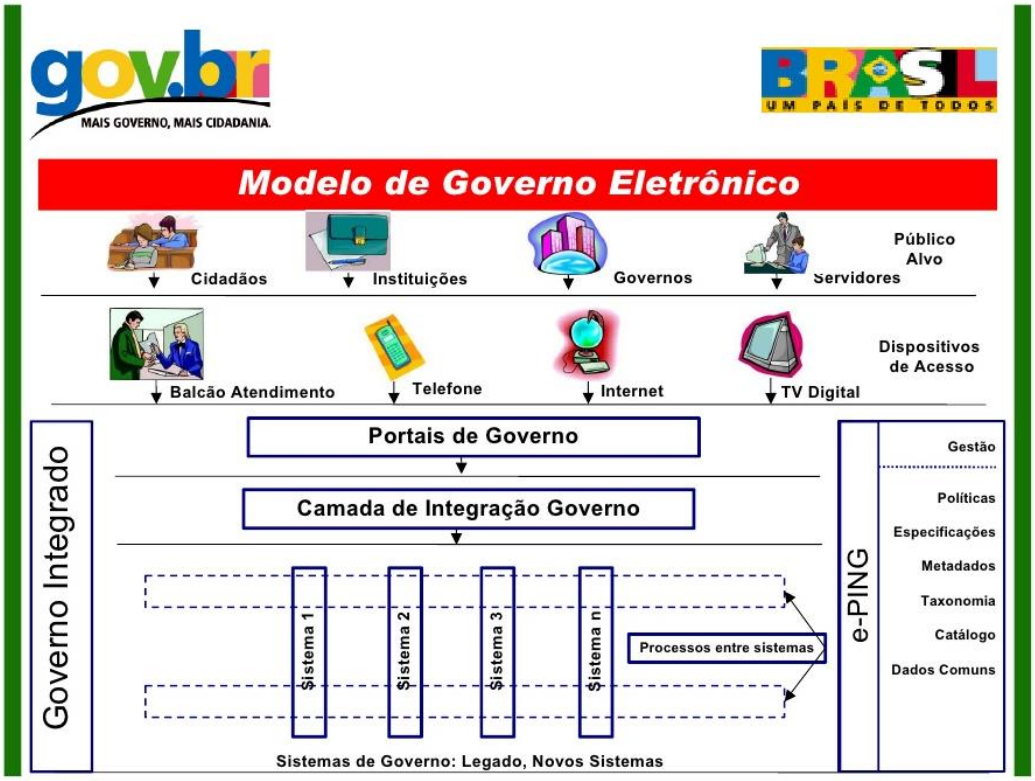
O e-Ping define um conjunto mínimo (e-PING, 2006) de suposições, políticas e especificações técnicas que impulsionam o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no governo federal brasileiro, estabelecendo os termos de integração com outros ramos e níveis de governo, bem como com a sociedade em geral.

As entidades brasileiras devem ser compatíveis com o e-Ping no planejamento dos sistemas, aquisição de novos equipamentos, implementação de serviços de TI, durante a evolução ou atualizações do sistema. Algumas entidades adotam voluntariamente o e-Ping através de mudanças diretas na sua gestão ou contratando empresas de serviços que já estão em conformidade com os novos padrões e desta forma o aumento da interoperabilidade e segurança em suas transações de comunicação (Santos, E., M. and Reinhard, N., 2009).

Em cenários de desastres, a adoção de padrões abertos de governo eletrônico (Novakouski, M. and Lewis, G. A., 2012) para todas as partes interessadas ajudará a garantir a segurança da informação e da comunicação, dado que esta é uma das premissas subjacentes do e-Ping.

As revisões da literatura corroboram o fato de que a adoção de padrões comuns durante o desenvolvimento e implementação de novos Sistemas de Gerenciamento de Desastres era um requisito comum de muitos sistemas atualmente em operação. Portanto, a adoção do e-Ping implica aumentar a interoperabilidade entre as entidades envolvidas, bem como facilitar a inclusão de novos parceiros e tecnologias no futuro. Na figura 17, pode-se ver o modelo de governo eletrônico.

Figura 17 - Modelo de Governo Eletrônico.



Fonte: Retirado de (Novakouski, M. and Lewis, G. A., 2012)

2.1.4.5 IsyCri - Systems Interoperability In Crisis situation (França)

O projeto IsyCri (S.Truptil, F. et al., 2008) começou em 2007 e terminou em 2010 e definiu um Sistema de Informação de Mediação (MIS - *Mediation Information System*) dedicado aos atores (em nível de célula) responsáveis pela redução de situações de crise e garantindo sua interoperabilidade, supervisionando seus fluxos de trabalho colaborativos. O princípio geral de IsyCri baseia-se na crença de que a integração entre as partes é um passo crucial para a redução bem-sucedida de uma crise. Portanto, a interoperabilidade é a preocupação central do IsyCri, garantindo a integração e comunicação entre parceiros, além de definir níveis de maturidade colaborativa.

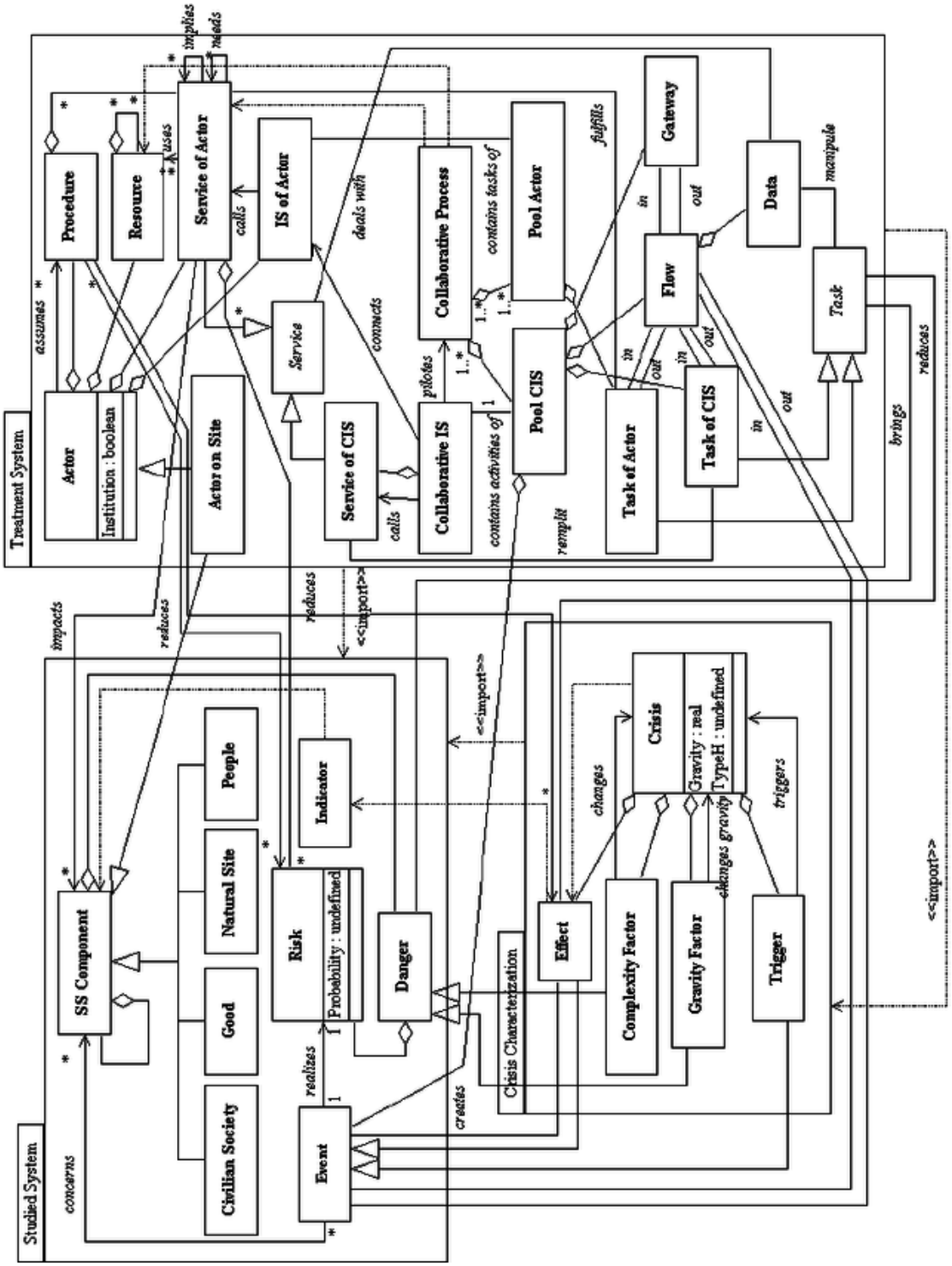
Em um contexto de crise (desastres naturais, acidentes, conflitos, acidentes industriais, etc.), diferentes participantes (unidades médicas, policiais, etc.) devem trabalhar simultaneamente e muito rapidamente. A cooperação entre eles e a capacidade de coordenar suas ações são essenciais para alcançar um objetivo comum - redução da situação de crise. Nesse sentido, o principal ponto do projeto ISyCri foi fornecer para as organizações parceiras, envolvidas no gerenciamento da

crise através do MIS, capacidades para fundir seus Sistemas de Informação heterogêneos e autônomos (IS) em um sistema global (SoS - *System of Systems*). As seguintes tarefas foram definidas para sua implementação:

- construção ontológica do sistema estudado incluindo, por exemplo, pessoas, natureza local, bens e caracterização da crise identificando seus elementos como tipo, gravidade, gatilho, etc.
- modelagem lógica do MIS (Mediation Information System);
- arquitetura técnica de modelagem e projeção de visão lógica da visão tecnológica;
- estudo da dinâmica;
- experimentação como uma parte genérica do projeto, com base em casos de uso específicos, a fim de verificar os princípios descritos.

Na figura 18, tem-se o metamodelo de uma crise definido pelo IsyCri.

Figura 18 – Metamodelo de uma Crise (ISyCri 11/2007).



Fonte: Google Imagens.

2.2 Espaço Solução

Aqui serão vistas as ferramentas ou técnicas relevantes ao desenvolvimento do framework proposto nesta dissertação. Tais ferramentas ou técnicas, como ID, SysML ajudaram na modelagem e representação dos requisitos necessários ao desenvolvimento de um SVGID.

2.2.1 QFD

O conceito de QFD ou Desdobramento da Função Qualidade, surgiu na década de 1960 e foi desenvolvida por Yoji Akao e Shigeru Mizuno (Biudes & Paulo, n.d. ,2009). Esta ferramenta foi desenvolvida para auxiliar na transformação dos requisitos dos clientes ou usuários em requisitos técnicos capazes de auxiliar no seu desenvolvimento, cumprindo com as expectativas desejadas.

Muitas vezes durante o desenvolvimento de um produto ou sistema existem necessidades difíceis de serem externadas ou quando são identificadas não se sabe o que significam ou não se consegue informar aos engenheiros e projetistas o que realmente precisa ser desenvolvido (Clarke M, 2001).

Quando desenvolvido, o QFD era utilizado no desenvolvimento de equipamentos de grande porte (Bayrak, 2007) no Japão. No início da década de 80 os trabalhos de Yoji Akao e Shigeru Mizuno alcançaram o mundo todo quando publicados na ASQC (American Society for Quality Control). O QFD passou, então, a ser adotado por grandes empresas tais como: IBM, Goodyear, General Motors, etc.

Pode-se resumir o QFD como sendo uma ferramenta de tradução (Clarke M, 2001) onde os desejos dos clientes ou pessoas envolvidas na utilização de um produto ou serviço, em suas próprias palavras, serão traduzidas em expressões técnicas que podem ser utilizadas pela engenharia poder projetar o produto. Assim, a equipe de engenharia de processos pode identificar todos os processos necessários para fabricar um produto.

Estudos indicam que a utilização de um QFD durante a fase de concepção de um produto ou sistema apresenta inúmeras vantagens tais como: aumenta a satisfação do usuário final, minimiza a necessidade de *recalls*, minimiza mudanças durante o projeto até a concepção final, indica possíveis problemas que podem vir a correr durante a concepção ou após a entrega do produto, permite uma maior integração entre o usuário final e o time de pesquisa e desenvolvimento e

manufatura de uma empresa - setores que se comunicam minimamente dentro de uma empresa.

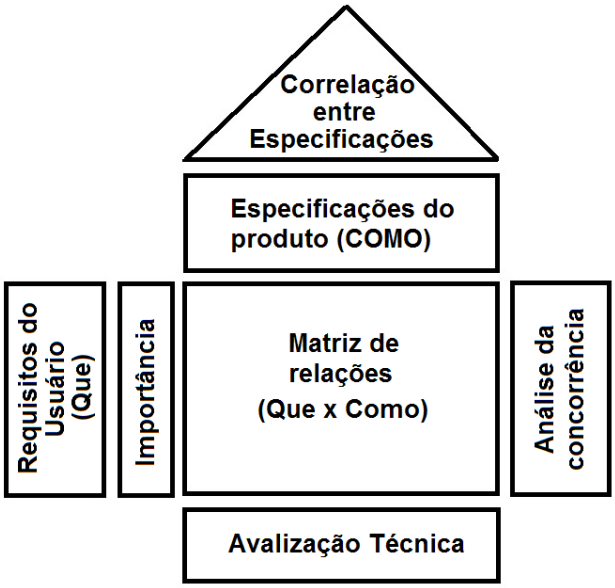
Segundo (Clarke M, 2001) quando não se utiliza o QFD, o fabricante ou desenvolvedor decide o que o usuário final quer sem questioná-lo depois de entregar o produto e realizando as adaptações necessárias. Quando um desenvolvedor utiliza o QFD ele entrega como produto final aquilo que o cliente quer e o satisfaz não precisando fazer *upgrades* ou adaptações custosas. Ou seja, com o QFD produz-se aquilo que o cliente realmente quer pois desdobra-se as necessidades do cliente em todas as áreas de uma empresa. Um exemplo foi quando se introduziu uma marca de carros Russos no Brasil. Inúmeros veículos tiveram que sofrer *recall*, pois as borrachas não eram adaptadas às altas temperaturas do Brasil mostrando que, neste caso, nem todas as áreas da empresa foram envolvidas no processo.

Deve-se ressaltar que o QFD não é uma ferramenta a ser utilizada durante o desenvolvimento apenas de produtos novos (Fortier & Volk, 2006). Ele é uma ferramenta que pode ser utilizada para melhorar produtos, sistemas e processos durante todo o ciclo de vida ajudando a melhorar e ir cada vez mais ao encontro das necessidades do usuário final.

2.2.1.1 Matriz do QFD

Explica-se o QFD de maneira sucinta como sendo um conjunto de matrizes de desdobramento em sequência. Através destas matrizes os requisitos mais importantes para garantir uma implementação com qualidade, suficiente para atender os requisitos mínimos, são desdobrados em outros requisitos e elementos, tais como: tarefas de engenharia, partes de um produto, etapas de processos, parâmetros de controle e elementos financeiros. Na figura 19, podemos ver a estrutura básica de um QFD.

Figura 19 - Estrutura do QFD.



Fonte: (Noran, O. , 2013) .

Quando uma empresa deseja produzir um produto melhor que outro fabricante pode realizar uma análise da concorrência e preencher o lado direito do QFD, mas esta parte do QFD pode ser também utilizada quando se deseja melhorar o seu próprio produto ou processo. Na parte de cima ou telhado (por isso o QFD também é chamado de cada da qualidade) pode-se representar o grau de inter-relação entre as especificações do produto as quais pode ser: forte positivamente (quando tem-se que melhorar uma especificação e por consequência aumentar outra), inexistente (quando aumentar um diminuir uma especificação não influencia outra) ou muito forte negativamente (quando aumentar o grau de uma especificação representa diminuir outra).

2.2.1.2 Etapas do QFD

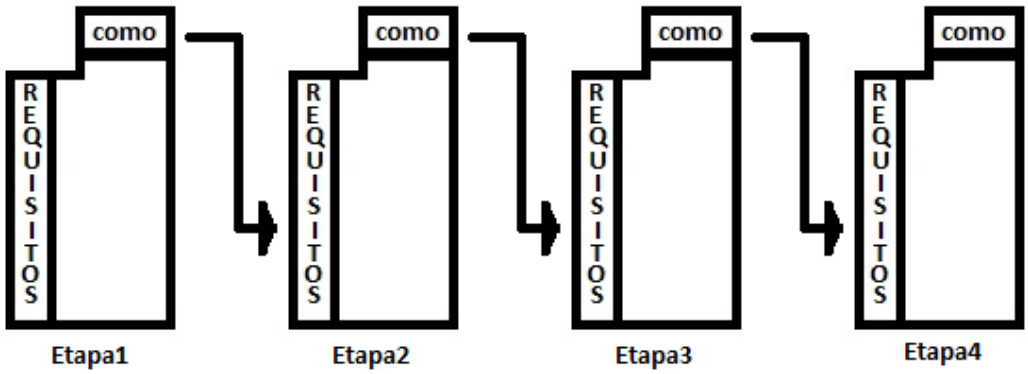
Com o passar dos anos, o QFD de 4 etapas tornou-se um dos modelos mais utilizados. Tendo cada etapa representada por uma matriz sendo elas:

- **Etapa 1 (matriz 1):** é representada pela matriz de características do produto e apresenta as características mais importantes de um produto e os desdobramentos necessários para o construir.

- **Etapa 2 (matriz 2):** é a matriz das partes e representa características de um produto ou serviço. Ou seja, vai reunir os itens de maior importância encontrados na etapa 1 ou aqueles itens que possuem a maior distância entre como a empresa está o os melhores na determinada categoria estão.
- **Etapa 3 (matriz 3):** é a matriz de engenharia de processos e vai agrupar as especificações de maior importância encontradas na etapa 2. Nesta etapa, serão analisados todos os processos necessários dentro de uma empresa para entregar cada uma das partes do produto final ou serviço que está sendo desenvolvido.
- **Etapa 4 (Matriz 4):** é a matriz de planejamento da produção com qualidade. Aqui se detalha as etapas dos processos verificando o fluxo e verificando o que deve ser controlado. Esta etapa possui um relacionamento com a metodologia de gerenciamento por processo.

Na figura 20, podemos verificar o encadeamento das matrizes em dada uma das etapas, onde podemos ver que a especificação necessária para se cumprir com os requisitos da etapa 1 se transformam nos requisitos da etapa 2 e assim sucessivamente.

Figura 20 - As 4 fases de um QFD.



Fonte: (Noran, O. , 2013).

O objetivo deste trabalho prevê a utilização instrumental do QFD para ser a ferramenta inicial e que proporcionará a conversão de informações qualitativas referentes aos requisitos encontrados, em dados quantitativos. Estes dados quantitativos poderão ser avaliados e comparados entre si, tornando-se possível a determinação dos requisitos mais relevantes ao desenvolvimento de SVGID.

Detalhes da modelagem de um QFD e suas principais partes serão apresentadas no decorrer deste trabalho.

2.2.2 SysML

A linguagem de modelagem SysML (*System Modeling Language*) surgiu como uma extensão da UML (*Unified Modeling language*). A UML surgiu para se tornar um padrão de representação a ser utilizado durante o desenvolvimento de software através de seus diversos tipos de diagramas. Ela permite uma visão ampla dos relacionamentos entre seus objetos. Ou seja, trata-se de uma linguagem visual para especificação e modelagem de sistemas orientados a objetos.

Com a SysML pode representar classes, objetos, mensagens, atributos, etc. Uma das suas vantagens é a simplificação da documentação permitindo um melhor entendimento de um sistema através da visualização de entidades gráficas. Neste sentido a UML possui algumas deficiências, tais como: não permitem modelar requisitos de tempo, requisitos de sistema e não permitem representar propriedades não-funcionais de um sistema.

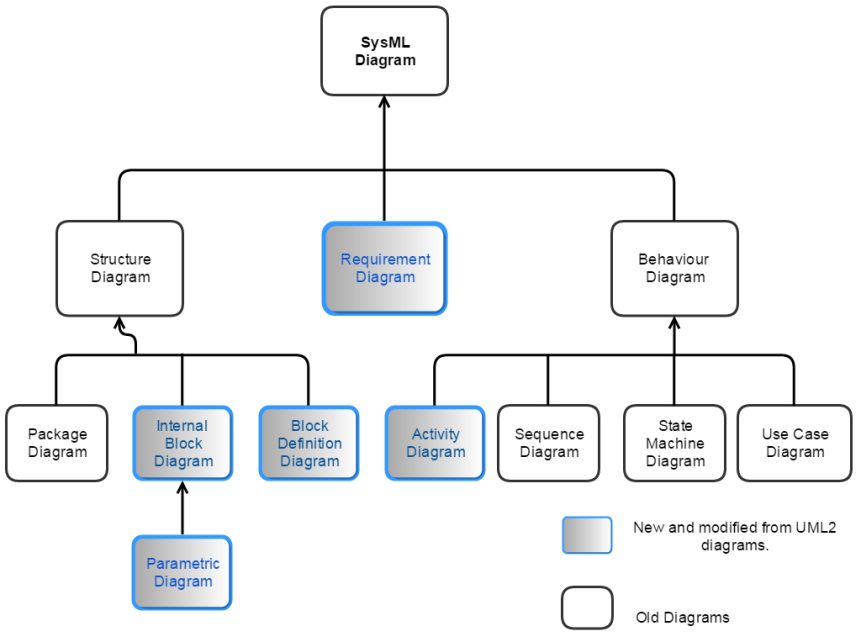
Desta maneira, para suprir estas necessidades (comumente encontradas em sistemas de tempo real), foram desenvolvidas algumas extensões da UML. Uma delas, portanto, é a SysML (*System Modeling Language*). Seus principais objetivos são:

- reduzir à complexidade durante as especificações de um sistema;
- reduzir os riscos durante o desenvolvimento de sistemas;
- melhorar a comunicação entre as partes envolvidas no desenvolvimento.

De acordo com (Köhler, Müller, Sanders, & Wächter, 2006) a SysML é uma linguagem de modelagem gráfica de propósito geral servindo para diversos tipos de aplicações em engenharia de sistemas ajudando a especificar, analisar, desenhar e verificar sistemas complexos, podendo incluir software, hardware, informação, pessoas, procedimentos e facilidades. É, basicamente, um UML modificado para ser utilizado na engenharia de sistemas. Assim, durante a construção do seu metamodelo, algumas das entidades específicas para o desenvolvimento de software foram removidas.

Na figura 21, podemos ver os componentes herdados da UML e as extensões incluídas na linguagem SysML.

Figura 21 - UML e as novas construções incluídas na SysML.



Fonte: O Autor (2018).

Desta maneira, dos 13 diagramas existentes na UML 2, a SysML reutiliza 7 sendo adicionados 2 novos diagramas (diagramas de requisitos e o diagrama paramétrico). O novo diagrama de requisitos presente no SysML possibilita representar os requisitos funcionais e não funcionais, de performance e de interface que antes na UML estavam limitados ao diagrama de casos de uso. O novo diagrama paramétrico possibilita representar de maneira precisa as restrições quantitativas e de desempenho (aceleração, máxima, temperatura mínima, etc.).

2.2.2.1 SysML e seus Diagramas

Os novos diagramas apresentados pelo SysML são:

- Diagrama de Requisitos (*Requirement Diagram*): o novo diagrama de requisitos serve para demonstrar os requisitos do sistema e os relacionamentos entre eles. Torna-se muito útil para engenharia de requisitos podendo ajudar na verificação e validação dos mesmos.

Nele, os requisitos em formato de texto são relacionados graficamente e seus relacionamentos modelam o conteúdo da especificação.

- Diagrama paramétrico (*Parametric Diagram*): também novo em relação ao UML, é um diagrama que pode ser utilizado para apresentar as restrições paramétricas entre os elementos estruturais de um sistema e é muito útil durante análise quantitativa e de desempenho do sistema.
- Diagrama de Atividade (*Activity diagram*): utilizado para análises funcionais e representa os comportamentos do sistema, seus controles e fluxo de dados.
- Diagrama de Pacote (*Package Diagram*): usado para mostrar como um sistema é organizado na perspectiva de pacotes visões e diferentes pontos de vista.
- Diagrama de Definição de Blocos (*Block Definition Diagram*): é utilizado para representar a estrutura do sistema como componentes junto com suas propriedades, operações e relacionamentos.
- Diagrama de Blocos Interno (*Internal Block Diagram*): é utilizado para demonstrar as estruturas internas dos componentes do sistema, incluindo suas peças e conectores.
- Diagrama de Seqüência (*Sequence diagram*): é comumente utilizado para mostrar o comportamento do sistema e suas interações entre os demais componentes.
- Diagrama de Máquina de Estados (*State Machine Diagram*): é utilizado para representar o comportamento do sistema através dos estados que um componente pode assumir dependendo das interações com outros componentes ou como resposta a eventos.
- Diagrama de Casos de Uso (*Use Case diagram*): é utilizado para mostrar os requisitos funcionais do sistema que são importantes para os usuários do mesmo. Pode ser utilizado diretamente com o diagrama de requisitos.

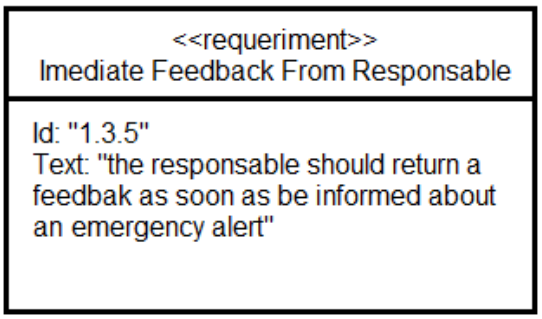
Nos demais capítulos e subcapítulos deste manuscrito será enfatizado apenas o Diagrama de Requisitos do SysML pois o intuito não é se aprofundar na vasta gama de possibilidades que o SysML nos proporciona e sim demonstrar como

este pode ser utilizado na representação dos requisitos de um Sistema de Informação Prevenção e Gestão de Desastres (SIPGD).

2.2.2.2 Representação de um Requisito em SysML

Um Requisito padrão em SysML inclui propriedades que permite em primeiro lugar identificá-lo como requisito e depois distingui-lo dos demais tornando-o único (ex.; número de identificação do requisito). O requisito também pode possuir propriedades adicionais tais como verificação de status, prioridade, etc. Na figura 22, temos um exemplo de um requisito descrito em SysML.

Figura 22 - Exemplo de Requisito em SysML.



Fonte: O Autor (2018).

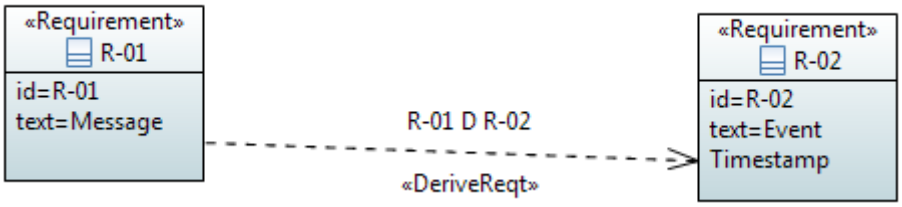
2.2.2.3 Relacionamentos entre requisitos

Existe uma representação gráfica para cada tipo de relacionamento entre os requisitos em um diagrama SysML. Os tipos de relacionamento disponíveis para serem utilizados entre requisitos são 7, sendo eles: Hierárquico (*hierarchy*), Derivação (*deriveRreqt*), Satisfação (*satisfy*), Verificação (*Verify*), Refinamento (*refine*), Cópia (*copy*) e Rastro (*trace*).

2.2.2.4 Relacionamento de derivação (DeriveReqt - <<deriveReqt>>)

Este tipo de relacionamento mostra que um requisito foi derivado de outro. Um exemplo, seria um Requisito do Sistema que foi derivado de um Use Case.

Figura 23 - Relacionamento de derivação (DeriveReqt).

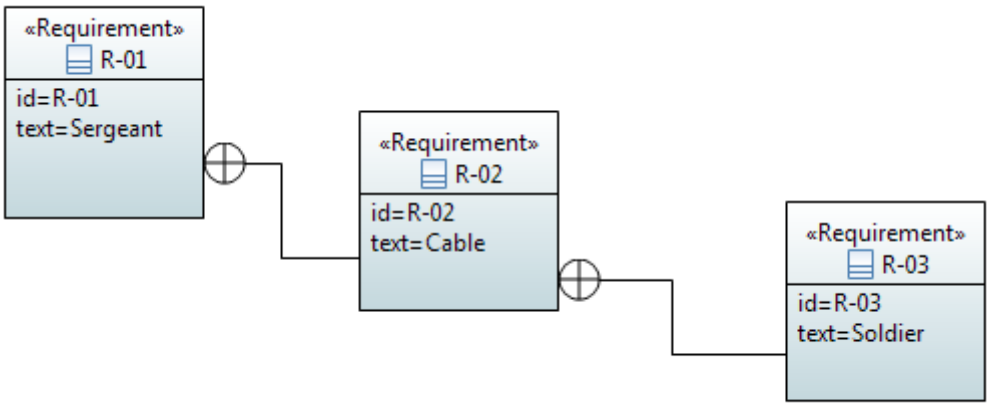


Fonte: O Autor (2018).

2.2.2.5 Relacionamento Hierárquico (Hierarchy)

Representa um requisito que é derivado hierarquicamente de outro. Com ele é possível representar a arvore hierárquica entre os requisitos de um sistema.

Figura 24 - - Relacionamento de derivação (DeriveReqt).

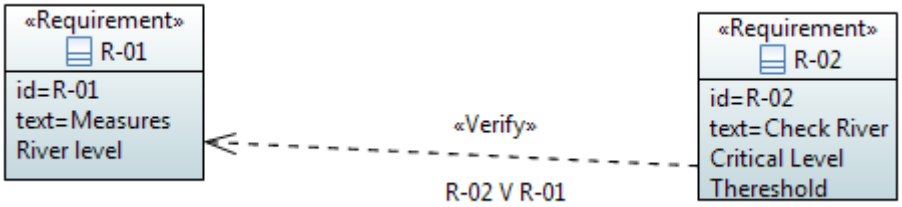


Fonte: O Autor (2018).

2.2.2.6 Relacionamento de Verificação (<<verify>>)

É uma forma de se implementar testes para verificação de um requisito importante. Por exemplo, pode-se conectar um requisito chamado Ler CPF com o requisito que verifica se o Requisito Ler CPF aceitaria apenas CPFs válidos. É uma boa forma de se representar Unit Tests, por exemplo.

Figura 25 - Relacionamento Verificação (<<Verify>>).

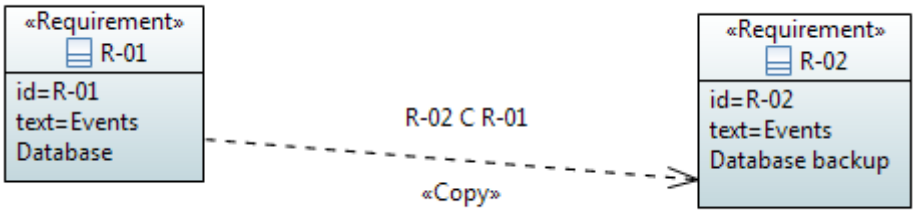


Fonte: O Autor (2018).

2.2.2.7 Relacionamento Copia (<<copy>>)

Usado para representar um requisito que é cópia de outro. Ele é utilizado quando precisa-se utilizar um mesmo requisito em outro contexto.

Figura 26 - - Relacionamento Cópia (<<copy>>).

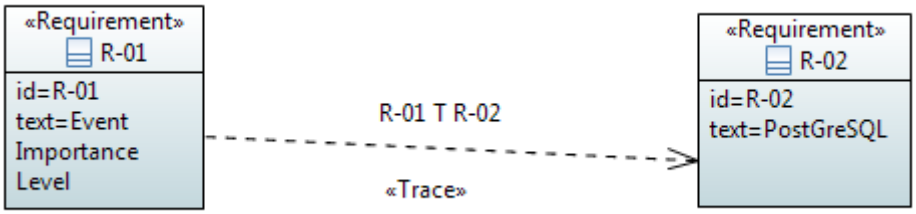


Fonte: O Autor (2018).

2.2.2.8 Relacionamento Rastro (<<trace>>)

Pode ser utilizado para qualquer propósito, ou seja, é um relacionamento genérico podendo ser utilizado apenas para razões de rastreabilidade.

Figura 27 - Relacionamento Rastro (<<trace>>).

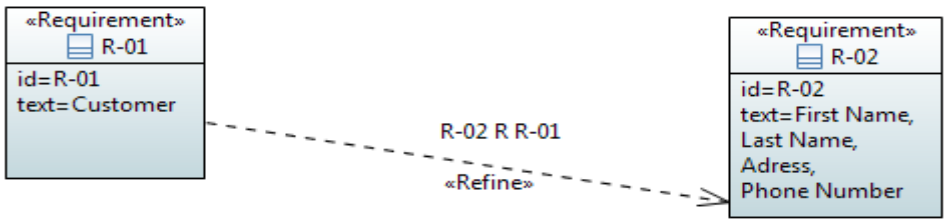


Fonte: O Autor (2018).

2.2.2.9 Relacionamento de Refinamento (<<refine>>)

Demonstra que um elemento do diagrama descreve as propriedades de um requisito com mais detalhes. Por exemplo, um caso de uso pode ser descrito por um ou mais requisitos funcionais.

Figura 28 - Relacionamento Refinamento (<<refine>>).

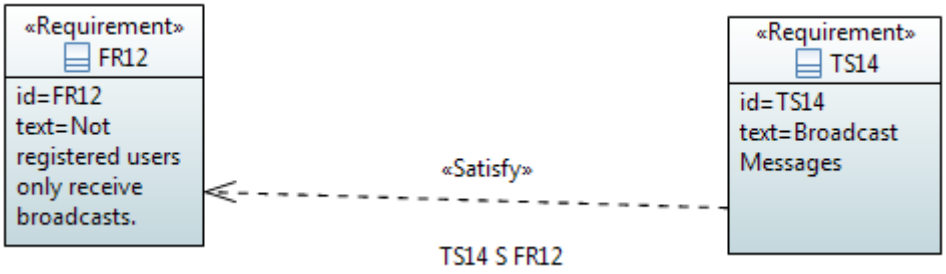


Fonte: O Autor (2018).

2.2.2.10 Relacionamento de Satisfação (<<satisfy>>):

Mostra que um elemento do diagrama processa/atende um requisito determinado requisito.

Figura 29 - Relacionamento de Satisfação (<<satisfy>>).



Fonte: O Autor (2018).

No decorrer do presente trabalho, serão vistas as formas de se aplicar os relacionamentos, as tabelas de requisitos e tabelas de relacionamentos para então se construir o Diagrama de Requisitos em SysML. Entratanto, não adianta apenas falar em requisitos, deve-se também ter o entendimento do que são e como encontrá-los.

3 FRAMEWORK PARA SVGID

Conforme já mencionado anteriormente, observado através de algumas iniciativas encontradas ao redor do mundo, a correta definição dos requisitos que farão parte de um SVGID ajuda a garantir o seu sucesso seja em termos de desenvolvimento, funcionalidade ou importância para a sociedade.

Tendo-se o problema a ser resolvido, deve-se escolher a melhor abordagem que poderá envolver:

- Consultas a bases de dados existentes.
- Modelo analítico: verbal/matemático/descritivo.
- Estudo de trabalhos relacionados.
- Casos de uso.
- Questões importantes das entidades envolvidas.
- Consulta a especialistas
- Hipóteses.
- Especificações das necessidades.

Toda a teoria e especificações são muito relevantes, porém deve-se ter um modelo analítico para organizar todo o conhecimento. Em pesquisa, este modelo analítico é chamado de *framework*. Os *frameworks* são extremamente úteis para organizar as informações que vão sendo obtidas em cada etapa da pesquisa facilitando o trabalho dos pesquisadores e ajudando na análise dos resultados.

Pode-se dizer que um *framework* é um conjunto de conceitos ou uma estrutura básica usada para resolver um ou mais problemas de um domínio específico.

Desta maneira, será apresentado um *framework* que possuirá a função de apontar os requisitos Funcionais e Soluções técnicas de maior relevância que farão parte de um SVGID adaptado a região ou entidade a que se destina.

Conforme já explicado no capítulo 1 seção 1.3 e apresentado em artigo produzido (Avanzi, Foggiatto et al., n.d. ,2017) esta dissertação representa uma das partes de um projeto maior onde uma arquitetura de referência para SVGID representa o resultado da aplicação deste *framework* que alimentará um ciclo de avaliação baseado no Projeto B (Método AHP de avaliação da interoperabilidade). A

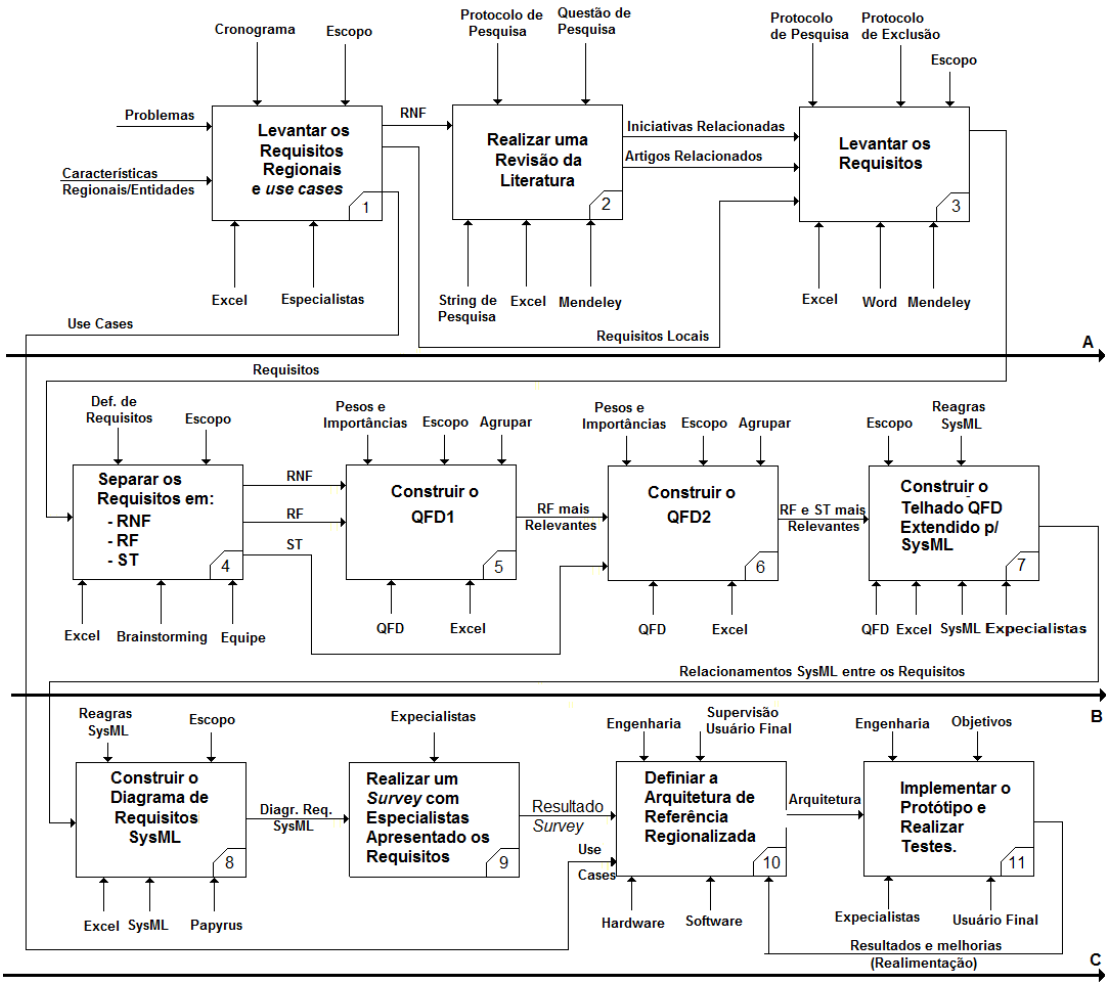
correta escolha dos requisitos relevantes a um SVGID irá trazer a interoperabilidade como um requisito transversal.

Considerando a forte componente procedural (etapas) que encadeia diferentes elementos pertencentes a um ciclo de desenvolvimento, o *framework* é representado através da notação IDEF0, figura 30. Como o IDEF0 exaltam-se os diferentes processos (atividades) e decisões, recursos (setas inferiores nas atividades) e mecanismos (setas superiores nas atividades) que regem o referido ciclo através da evolução das informações entre as diferentes atividades.

Assim, o *framework* proposto pode ser interpretado como uma ferramenta de orientação na organização e modelagem de requisitos não funcionais, funcionais e soluções técnicas a fim de identificar os mais relevantes para a implementação de um SPIGD (Sistemas de Prevenção e Gestão da informação de Desastres) adequado à localidade e às entidades envolvidas na prevenção e gerenciamento de informação durante desastres ou situações de emergência na respectiva localidade. A seguir é fornecida uma descrição de tais etapas e seus detalhamentos. No decorrer do documento estas etapas serão mais profundamente exploradas e detalhadas.

Como podemos ver através do diagrama IDEF0 da figura 30 (etapas 5 e 6), uma das ferramentas utilizadas na tradução das necessidades das pessoas, grupos ou entidades envolvidas organização das expressões técnicas (Fernando Bersaneti, 2015) e que auxiliará os engenheiros e analistas de sistemas a definir a arquitetura de um determinado DIS é o QFD (Desdobramento da Função Qualidade ou *Quality Function Deployment*). Ele é, portanto, um elemento central da proposta.

Figura 30 – SVGID framework na notação IDEF0.



Fonte: O Autor (2018).

Assim, temos as seguintes etapas que compõem o framework proposto:

1) Levantar os requisitos regionais e use cases.
2) Realizar uma Revisão da Literatura.
3) Levantar os Requisitos.
4) Separar os Requisitos em: RNF, RF, ST.
5) Construir o QFD1 (RNF x RF).
6) Construir o QFD2 (RF x ST).
7) Construir o Telhado QFD Extendido p/ SysML.
8) Construir o Diagrama de Requisitos SysML.
9) Realizar um *survey* com Especialistas Apresentando os resultados.
10) Definir ar Arquitetura de Referência regionalizada.
11) Implementar o Protótipo e Realizar Testes.

Sempre que o *framework* for aplicado é aconselhável fazer uma revisão da literatura mesmo não sendo extensiva para que tecnologias mais atuais possam ser encontradas e utilizadas como soluções técnicas para os requisitos encontrados. Como mencionado anteriormente, a revisão de literatura utilizada para esta dissertação será apresentada no capítulo seguinte.

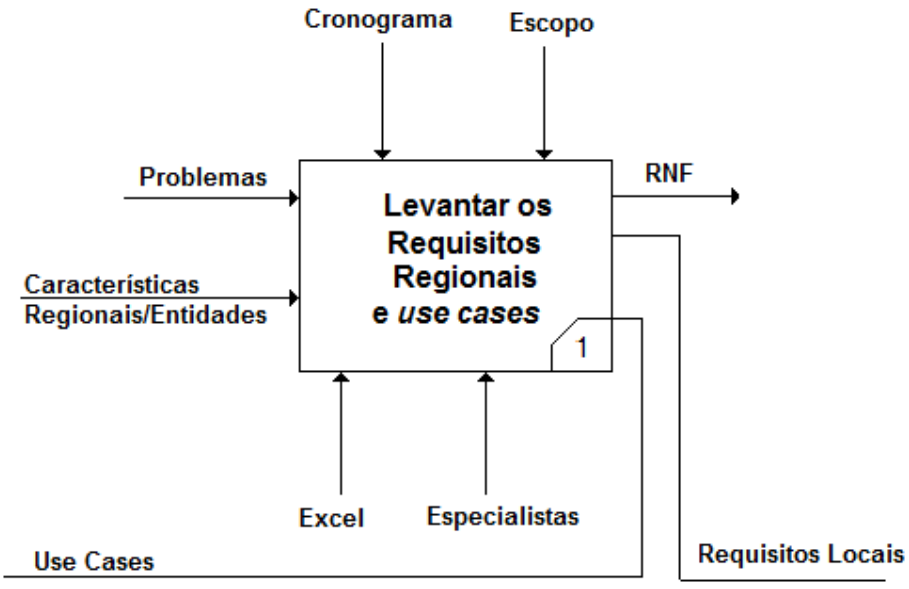
Após a definição do *framework*, também compreende o escopo deste trabalho o desenvolvimento de um pequeno protótipo para se colocar em prática o método e verificar alguns pontos da arquitetura de referência. Para este protótipo, pretende-se desenvolver um hardware de baixo custo baseado nos requisitos do sistema encontrados após a modelagem dos requisitos da arquitetura de referência encontrada.

A seguir um maior detalhamento das etapas envolvidas.

3.1 Levantar os requisitos regionais e use cases.

A fase (1) do *framework* proposto é responsável pelo levantamento do espaço problema, ou seja, os principais interessados e futuros usuários do sistema deverão ser consultados para que possa ser possível levantar e numerar as principais características e use cases do sistema ou problema a ser resolvido. Visita a campo e questionários também são ferramentas que podem ser utilizadas nesta fase.

Figura 31 – Levantar os Requisitos Regionais e Use Cases (Fase 1).



Fonte: O Autor (2018).

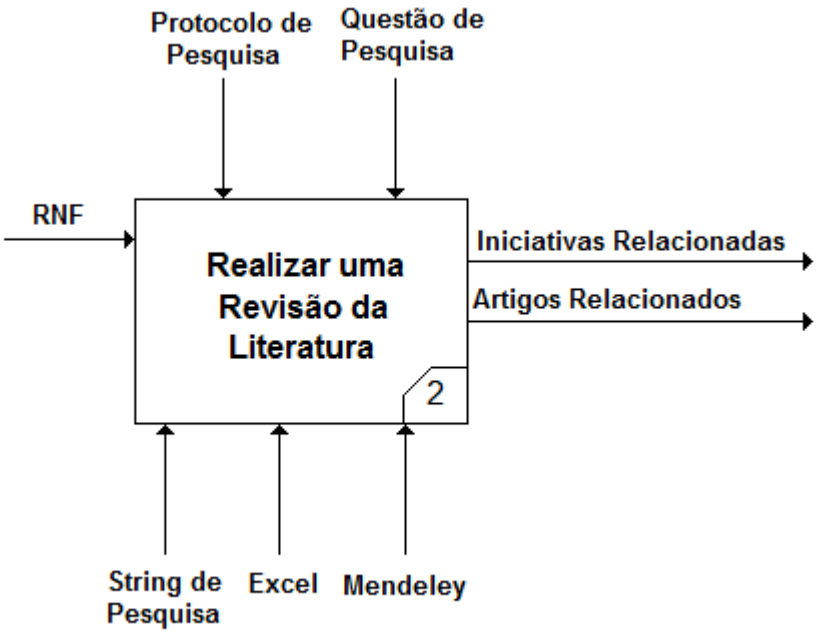
Após um primeiro direcionamento, a consulta a trabalhos semelhantes já implementados ou em desenvolvimento regionalmente ou ao redor do mundo é de grande valia nesta fase de aplicação do *framework*.

Como apresentado na figura 31, tem-se como entradas a descrição do problema, o cronograma a seguir (caso seja necessário ou exista uma meta para implantação), as características regionais e das entidades envolvidas, o escopo do projeto e os comentários dos especialistas. Têm-se como principais saídas, alguns requisitos não funcionais, casos de uso e requisitos locais.

3.2 Realizar uma Revisão da Literatura.

É durante esta fase (2) que as principais fontes de dados serão encontradas. Conforme apresentado na figura 32, tem-se como entradas o protocolo de pesquisa que irá realizar a filtragem das fontes de dados, a questão de pesquisa (utilizada para direcionar as consultas), a string de pesquisa que será aplicada como entrada das bases de dados e a utilização de ferramentas como o Mendeley. Como resultado desta fase, têm-se os artigos encontrados e iniciativas diretamente relacionadas. Mais detalhes desta fase serão abordados no capítulo 4.

Figura 32 – Realizar uma Revisão da Literatura (fase 2).

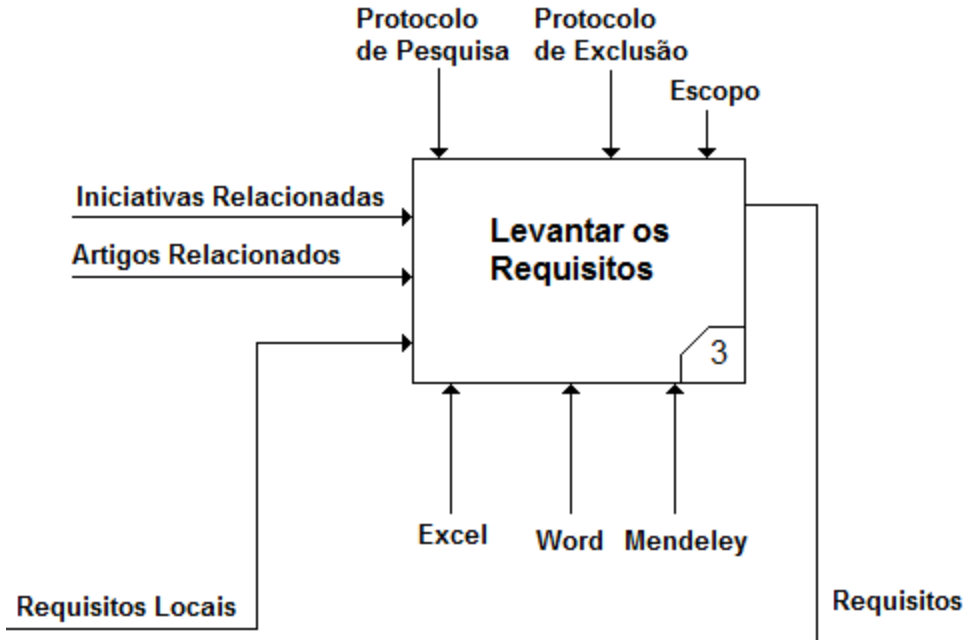


Fonte: O Autor (2018).

3.3 Levantar os Requisitos.

Esta fase possui como entradas, as iniciativas/artigos relacionados e os requisitos locais. Aqui se aplica o protocolo de pesquisa e o protocolo de exclusão seguido do escopo do projeto.

Figura 33 - Levantar os Requisitos (fase 3).



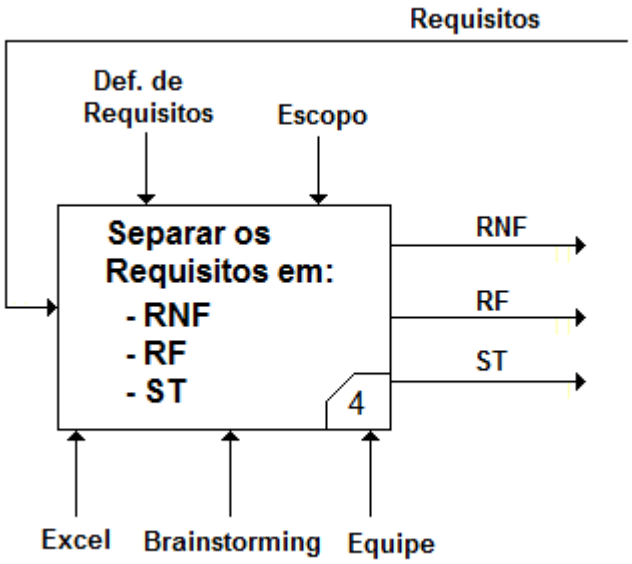
Fonte: O Autor (2018).

Durante a leitura e detalhamento dos artigos e iniciativas extraem-se os requisitos que serão os resultados testa fase, conforme apresentado na figura 33. Porém estarão todos misturados e necessitarão de um processo específico para serem separados.

3.4 Separar os Requisitos em: RNF, RF, ST.

Esta fase (4) é uma das mais importantes. É durante esta fase que os requisitos levantados na fase anterior serão separados em requisitos não funcionais, requisitos funcionais e soluções técnicas. Tem-se como entradas desta fase a definição de cada tipo de requisito e a realização de reuniões ou *brainstormings* para realizar a separação visto que muitos requisitos encontrados são, muitas vezes, difíceis de serem separados.

Figura 34 – Separar os requisitos em RNF, RF e ST (fase4).

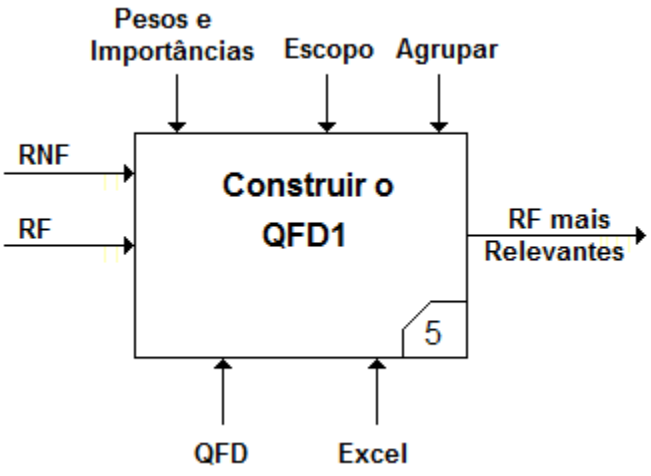


Fonte: O Autor (2018).

3.5 Construir o QFD1 (RNF x RF).

Durante esta fase (5) de aplicação do *framework* se trabalha apenas com os requisitos não funcionais e requisitos funcionais montando-se um QFD para então poder extrair os requisitos funcionais mais relevantes conforme apresentado na figura 35.

Figura 35 – Construir o QFD1 – (fase 5).

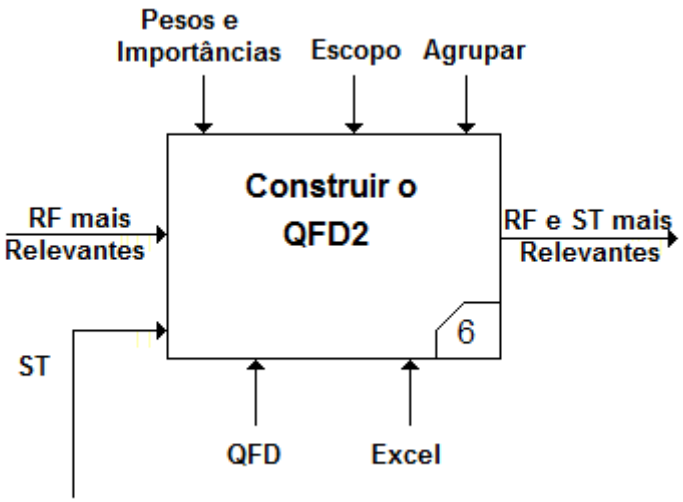


Fonte: O Autor (2018).

3.6 Construir o QFD2 (RF x ST).

Com base no resultado da fase 5 (requisitos funcionais) e as soluções técnicas monta-se o segundo QFD conforme apresentado na figura 36.

Figura 36 – Construir o QFD2 (fase 6).



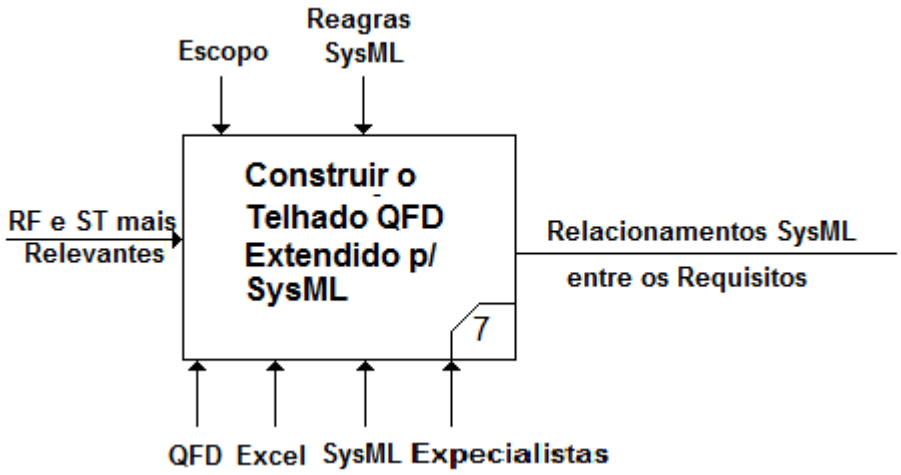
Fonte: O Autor (2018).

Aqui as soluções técnicas que mais atendem aos requisitos funcionais extraídos através da fase anterior serão caracterizadas como resultado e provavelmente serão utilizados durante as demais fases de desenvolvimento.

3.7 Construir o Telhado QFD Extendido p/ SysML.

Nesta fase encontra-se uma das principais contribuições desta dissertação - o telhado QFD estendido o qual será descrito com maiores detalhes no capítulo 6. Conforme apresentado na figura 37, possui como entrada os requisitos funcionais e soluções técnicas mais relevantes do sistema.

Figura 37 – Construir o Telhado QFD Extendido p/ SysML (fase 7).



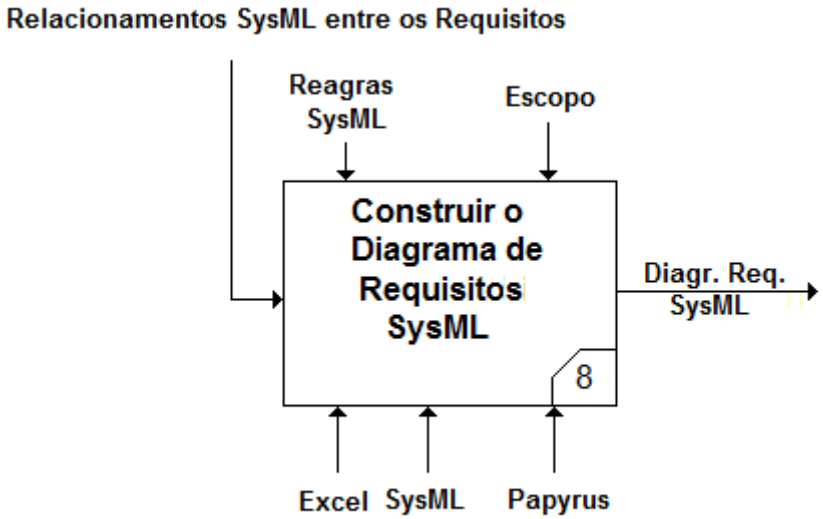
Fonte: O Autor (2018).

Como resultado desta fase, tem-te os principais relacionamentos entre os requisitos e uma forma rápida de leitura dos mesmos por parte da equipe de engenharia responsável pelo desenvolvimento do sistema.

3.8 Construir o Diagrama de Requisitos SysML.

Esta fase é responsável pela construção do diagrama de requisitos SysML o qual auxiliará a equipe técnica e de engenharia durante o desenvolvimento e implementação do sistema tornando fácil e rápida a identificação dos relacionamentos e interligação entre os principais requisitos e partes que compõem o sistema. Conforme apresentado na figura 38, possui como entradas os relacionamentos entre os requisitos os quais podem ser visualizados através do Telhado QFD extendido para SysML.

Figura 38 – Construir o Diagrama de Requisitos SysML (fase 8).



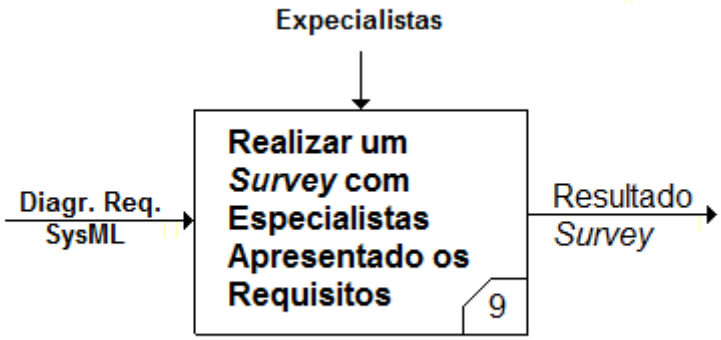
Fonte: O Autor (2018).

Como resultado, tem-se o Diagrama de requisitos SysML.

3.9 Realizar um *Survey* com Especialistas e Apresentando os Requisitos.

Como forma de validar os requisitos levantados e o trabalho já realizado, tem-se a esta fase (9) onde apresenta-se os requisitos encontrados através de um questionário (*survey*) o qual é apresentado a maior número de especialistas possível. O questionário deverá ser bem definido e testado antes de ser apresentado a todos os especialistas disponíveis, visto que é difícil cooptar profissionais que possuem tempo escasso. Neste sentido pode-se escolher um pequeno grupo para aplicar o questionário, verificar os resultados, realizar adaptações e correções no mesmo para só então aplicá-lo ao grupo focal principal.

Figura 39 – Realizar um *survey* com Expecialistas Apresentando os Requisitos (fase 9)



Fonte: O Autor (2018).

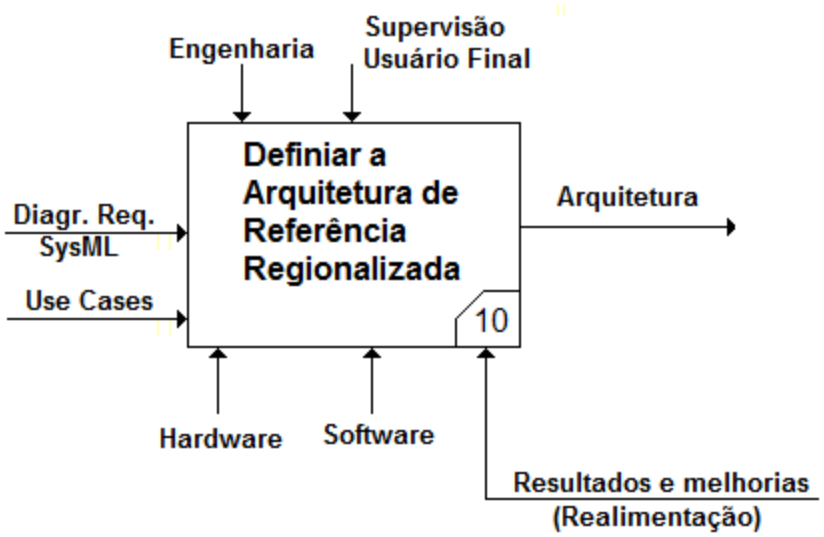
Como saída, conforme figura 39, tem-se o resultado do *survey* ou seja, os requisitos validados.

3.10 Definir ar Arquitetura de Referência regionalizada.

Durante esta fase (10), tendo-se como entrada os requisitos já validados pelos especialistas, os casos de uso, definições da engenharia, definições de hardware/software e sendo supervisionado ou através de consultas aos usuários finais, nesta fase é definida a arquitetura de referência. Esta definição de arquitetura proporciona a caracterização de *template* (ou também da engenharia de software - um *software framework*) que poderá ser reutilizado por possuir componentes predefinidos e parametrizados.

Como apresentado na figura 40 esta fase também possui uma realimentação, ou seja, poderá ser repetida inúmeras vezes conforme as necessidades ou resultados da próxima e última fase do *framework* de pesquisa.

Figura 40 – Definir a Arquitetura de Referência Regionalizada (fase 10).

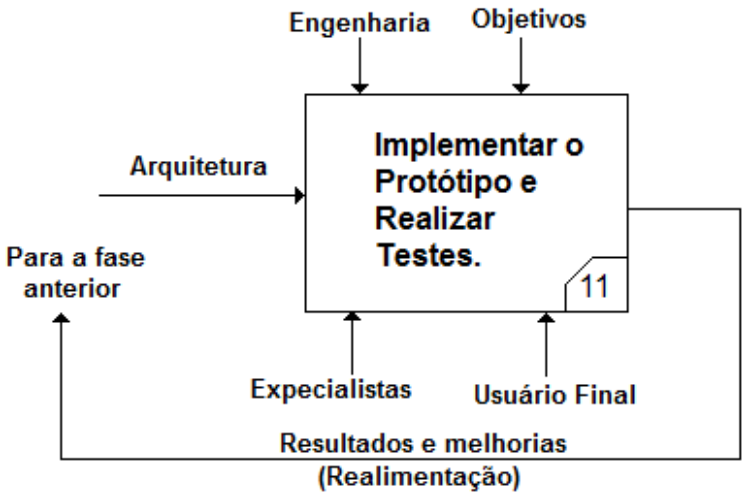


Fonte: O Autor (2018).

3.11 Implementar o Protótipo e Realizar Testes.

Nesta fase (11) a arquitetura definida anteriormente será colocada sob prova de conceito através de um primeiro protótipo ou do desenvolvimento do sistema final. Nela todos poderão dar as suas opiniões, realizar testes e utilizar o sistema. O resultados dos testes e análise dos especialistas poderão servir de realimentação da fase anterior conforme apresentado na figura 41.

Figura 41 – Implementar o Protótipo e Realizar Testes (fase 11).



Fonte: O Autor (2018).

4 IDENTIFICAÇÃO DO CONHECIMENTO VIA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) é um dos métodos de pesquisa mais aplicados pela comunidade acadêmica e tem como objetivo resumir a maior quantidade de informação existente sobre um fenômeno ou tema de maneira imparcial e completa.

Como é um processo sistemático, deve ser feita de maneira formal e meticulosa. Ou seja, deve-se seguir o plano definido no protocolo da revisão o qual também define uma sequência de passos. Por causa da sua meticulosidade uma das vantagens deste processo é o de permitir que outros pesquisadores possam fazer futuras atualizações da revisão, caso venham a seguir os mesmos passos listados no protocolo.

“A revisão sistemática responde a uma pergunta claramente formulada utilizando métodos sistemáticos e explícitos para identificar, selecionar e avaliar criticamente pesquisas relevantes, e coletar e analisar dados de estudos incluídos na revisão.” (Clarke M, 2001).

Pode-se então citar as principais características de uma revisão sistemática da literatura como sendo:

- Possui uma questão de pesquisa específica.
- Fontes abrangentes e estratégia de busca explicita.
- Seleção baseada em critérios aplicados uniformemente.
- Avaliação criteriosa e reprodutível.
- Síntese quantitativa.
- Inferências baseadas em resultados de pesquisa.
- Pode ser atualizada por outros pesquisadores caso sigam os mesmos passos descritos no protocolo.

Toda revisão sistemática da literatura utiliza um método específico e no presente trabalho temos:

- Identificação da pergunta(s) a ser (em) respondida(s).
- Elaboração de um protocolo para revisão da literatura.
- Escolha das bases de dados a serem utilizadas.
- Realização das buscas.
- Inclusão dos artigos na ferramenta Mendeley.

- Avaliação dos trabalhos selecionados.
- Extração dos dados e monitoramento do progresso.
- Síntese dos dados.

4.1 Motivação para RSL

Durante uma situação de crise ou desastre a integração e a mobilidade entre as entidades, órgãos, voluntários e pessoas envolvidas representam um passo importante no caminho do sucesso da redução da crise ou dos efeitos colaterais causados por um desastre, catástrofe natural ou ação terrorista.

Desta maneira, a ferramenta a ser utilizada para realizar a integração entre as partes é a interoperabilidade a qual, quando bem empregada e implementada, contribui com a mobilidade, gestão organizacional e operacional, assim como a comunicação e agilidade nas ações a serem tomadas.

De acordo com a defesa civil brasileira, as situações de desastres são causadas comumente por: tempestades, deslizamentos de terra, enchentes, geadas, tempestades de raio, chuvas de granizo, incêndio florestais e mais ultimamente tornados. A falta de conhecimento prévio da possibilidade de tais ocorrências ou a falta de comunicação durante as ocorrências tem causado perdas materiais e humanas.

Sendo assim, após uma investigação das iniciativas desenvolvidas ao redor do mundo e da identificação das suas características mais relevantes encontrou-se motivação para um estudo mais aprofundado de trabalhos já desenvolvidos nesta área através de uma Revisão Sistemática da Literatura.

Tal revisão visa a identificação dos pontos fortes e favoráveis para o desenvolvimento de um *framework* adaptável regionalmente o qual poderá ser utilizado no desenvolvimento de um sistema de gestão da informação com o intuito de prever situações de emergência e desastres auxiliando também no gerenciamento da informação. O sistema possibilitará a conexão (a nível de célula) dos atores responsáveis pela redução de tais situações de crise e desastres, contribuindo para garantir a sua interoperabilidade e mobilidade (supervisionando os seus fluxos de trabalho colaborativo) e interligar diferentes sistemas e medias.

Outro motivo importante para a realização da Revisão Sistemática da Literatura (RSL) é que além de proporcionar parâmetros relacionados ao universo que está sendo estudado, também é capaz de fornecer uma base instrumental para o processo de identificação e definição/organização dos requisitos disponíveis ou relevantes para a solução de um determinado problema, neste caso, prevenção e gerenciamento da informação em situações de desastres.

Através da RSL é possível estabelecer critérios para realizar o filtro das fontes e origem das informações direcionando o levantamento dos requisitos de maneira mais assertiva. Também torna o trabalho menos árduo e rápido.

4.2 Questão de Pesquisa para RSL.

Um pouco diferente da questão de pesquisa referente a todo o trabalho a qual foi apresentada no capítulo 1 seção 1.4, aqui se torna necessário formular uma questão de pesquisa referente à revisão da literatura. Desta maneira, temos a seguinte pergunta a ser respondida através dos trabalhos que serão encontrados:

Atualmente, quais são os trabalhos e iniciativas relacionados a gestão e prevenção de crises e desastres visando a melhoria da interoperabilidade e mobilidade existentes atualmente na literatura e seus requisitos funcionais, não funcionais e suas soluções técnicas implementadas ?

4.3 Identificação das Fontes e Protocolo de Pesquisa.

Primeiro levantou-se quais bases de dados poderiam apresentar trabalhos relacionados ao tema em questão. Feito isto, verificou-se quais possibilitam a utilização de operadores lógicos durante a busca por artigos e publicações chegando-se então nas seguintes bases de dados:

- Scopus.
- Science Direct.
- Pro Quest.
- Springer.

O protocolo utilizado na RSL pode ser visto na tabela 1.

Tabela 1 - Protocolo da Revisão Sistemática da Literatura.

Palavras	Connectivity, Interoperability, measurement, Smart Cities, mobility, sustainable transportation,

Chave	Interoperability measurement, urban nobility, infrastructure communication, framework, Crisis, Disaster or Disaster management, disaster response, process coordination, information exchange
Operadores Lógicos	OR e AND entre as palavras chave.
Databases	Scopus(www.scopus.com), Science Direct (http://www.sciencedirect.com), Springer (www.springer.com), Taylor & Francis Onlin (www.tandfonline.com), Web of Science (https://apps.webofknowledge.com).
Critério de exclusão	• Abstracts que divergem do tema em questão. • Trabalhos que tratam de projetos de urbanismo/arquitetura. • Artigos não tecnológicos. • Artigos Hospitalares
Critério de inclusão	Relacionados ao site “Transport Research & Innovation Portal (TRIP)” http://www.transport-research.info/web/ - Artigos indicados por especialistas.
Tipos de Documentos	Artigos, publicações em periódicos e congressos/workshops
Língua	Inglês e Português
Período	1970 – até hoje.

4.4 Resultados encontrados

Resultados satisfatórios, da aplicação das *strings* de pesquisa, começaram a aparecer somente após a quinta interação. O resultado final foi encontrado somente na décima primeira iteração. Na tabela 2, temos cada iteração e seus resultados sobre as diversas bases de dados.

Tabela 2 - Strings utilizados e resultados das respectivas iterações.

Iteração	Data	String de Busca	Scopus Database	Science Direct Database	Springer Database	Web of science Database
10°	01/10/2015	(Connectivity OR Interoperability) and (Disaster or Crisis) and Mobility and Manage*	786	1,628	15.645 Online and Web	3.170.769

					Pages	
°	0/10/2015	(connectivity or Interoperability OR Interoperability measurement OR Smart Cities OR mobility OR sustainable transportation OR Interoperability measurement OR urban nobility OR infrastructure communication) AND (framework OR Crisis or Disaster or Disaster manage*)	451	1,940	13.289 Online and Web Pages	23.461
°	0/10/2015	(crisis OR disaster) AND (interop*) and (Mobility OR Manage* OR Communication OR connection OR connectivity)	2,997	2,970	14.515 Online and Web Pages	260
°	0/10/2015	(crisis OR disaster) AND (interop*) AND (mobility OR manage* OR communication OR connection OR connectivity) AND NOT ((hospital AND system*) OR Medicine)	2,452	2,122	13.383 Online and Web Pages	249
°	0/10/2015	(natural hazards OR crisis OR disaster) AND (interop*) AND (mobility OR manage* OR communication OR connection OR connectivity) AND	648	1,304		

		NOT ((hospital AND system*) OR Medicine)				
°	2/10/2015	(natural hazards OR crisis OR disaster) AND (interop*) AND (mobility OR (manage* and (system or framework or SysML)) OR communication OR connection OR connectivity) AND NOT ((hospital AND system*) OR Medicine)	644	1304		
°	2/10/2015	(natural hazards OR crisis OR disaster) AND (interop*) AND (mobility OR (manage*) or communication OR connection OR connectivity OR SYSML) AND NOT ((hospital AND system*) OR Medicine)	653	1306		
°	5/11/2015	crisis AND management AND system AND interoperability	1,274	1,044		
°	5/11/2015	(crisis AND management AND system AND interoperability) AND NOT ((hospital AND system*) OR Medicine)	1,002	690		

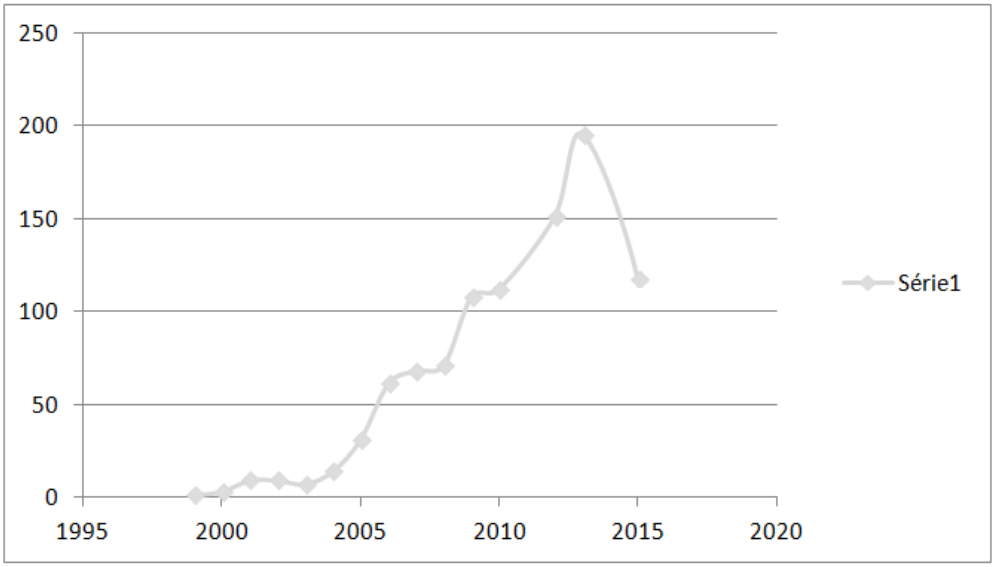
0 °	5/11/2015	(crisis AND management AND interoperability) AND NOT (hospital OR Medicine)				
1 °	5/11/2015	(natural hazards OR crisis OR disaster)AND(interop*) AND (mobility OR (manage*) or communication OR connection OR connectivity OR SYSML) AND NOT ((hospital AND system*) OR Medicine or post-disaster or simulation or recovery)	377	474		

Após a 4° iteração decidiu-se por focar a pesquisa apenas nas bases Scopus e Science Direct, pois as mesmas estavam apresentando melhores resultados e retornando artigos que não precisavam ser pagos. Sendo assim, após a 11° iteração, obteve-se como resultados:

- **SCOPUS** = 377 trabalhos encontrados.
- **Science Direct** = 474 trabalhos encontrados.

A string de busca foi sendo adaptada de acordo com os abstracts e títulos dos artigos que foram sendo encontrados. Observou-se que foram publicados vários trabalhos entre 2009 e 2015 conforme pode ser observado no gráfico da figura 42.

Figura 42 - Quantidade de artigos encontrados no decorrer dos anos.



Fonte: O Autor (2018).

Além disso, todos os 851 trabalhos foram adicionados na ferramenta de auxílio chamada Mendeley Desktop e foram grupados e filtrados através de seus títulos chegando-se a um número de 323 trabalhos. Como próximo passo, leram-se todos os 323 abstracts e durante a leitura, aplicou-se os critérios de exclusão conforme o protocolo de pesquisa chegando-se a um total de 63 trabalhos relacionados.

Todos estes trabalhos foram classificados de acordo com seu nível de importância e foram todos separados em três categorias - não relacionados, relacionados e muito diretamente relacionados resultando: 21 trabalhos relacionados (isso significa que contém algumas palavras-chave, mas não significa que estão relacionados com as questões da RSL) e 11 muito diretamente relacionados (isso significa que podem responder ou apresentar caminhos e respostas às perguntas da RSL). Desta forma, estes últimos 11 artigos foram lidos integralmente.

Durante a leitura minuciosa destes artigos encontrou-se um total de 124 requisitos necessários para o desenvolvimento de sistemas de gestão de desastres. Dentre estes 124 requisitos, encontram-se requisitos funcionais, não funcionais e requisitos do sistema. Todos estes requisitos precisam então ser separados e avaliados corretamente. A seguir, será apresentado como estes requisitos foram separados em grupos.

4.5 Identificação e classificação dos requisitos encontrados

Nos quadros 1 ao 11, tem-se a lista dos principais requisitos encontrados e os artigos de onde se originaram.

Quadro 1 - Requisitos encontrados em (Pradhan et al., 2007).

Origem: (Pradhan, Laefer, & Rasdorf, 2007)		
Sharing Data		Depiction
Multiple data Formats		Problem Phases Representation
Customized applications		Depiction
Visual Queries		Spatial Data Instantaneously
Ubiquitous		Integrated data repository (not single repository)
Upgrading facilitated		Multiple hardware repository (ex. clustered environment)
Flexibility		Data Integrity
Standardized Data Specification		Reduced Database Costs
Middleware Services		Customized User Interface (GUI)
Web-Enabled		Open SQL Database Language
Distributed Computing (Internet Based)		Relational data Model
Simultaneous Assigning (Multiple Users)		Use Cases Modeling
Governmental Services		Integrated data repository (not single repository)
Digital based maps		Multiple hardware repository (ex. clustered environment)
Common Data Sets		Data Integrity
Geographical based information		Reduced Database Costs
GIS based tools		Customized User Interface (GUI)
Attributes based query		Open SQL Database Language
Multiplatform GUI (Ex. Java)		Connection (Interoperability)
Systemized repository data		Spatial Querying

Quadro 2 - Requisitos encontrados em (Scherner & Fritsch, 2005).

Origem: (Scherner & Fritsch, 2005)		
Low Cost		Outside Consulting
Uniform Emergency Signals (Alerts)		Clearence Information
Mobile Devices Based (Networks)		Generate Assessment Reports
Not Complex systems		Use case based Modeling
Networks Power Secured (No breaks)		Broadcast Messages (not point to point)
Mobile Networks		Specialists Encrypted Messages
Automatic Monitoring		Specialists feedback (when notified)
Structured Consultations		Unregistered Users just receive Broadcasts
Quick Reports (templates use)		Optimization communication channels
Identify Experts and Supervisors		Knowledge Sharing

Crisis classification	Notify Teams and Groups Dynamically
Automatic background searching	Informatiom Exchange between teams
Identify parties automatically	Facilitate Messages Dispatching
Tailor Messages to Parties	Individual and Group rules

Quadro 3 - Requisitos encontrados em (Fortier & Volk, 2006).

Origem: (Fortier & Volk, 2006)	
Continuous Operation	Feasibility Rationale
Use Cases	Interoperability
Agile (good performance)	Heterogeneous Specification
Prototypes Implementation	Standardized Data Specification
System requirements Definitions	System Constraints Map
Life Cycle Plan	Easy to Integrate

Quadro 4 - Requisitos encontrados em (Köhler et al., 2006).

Origem: (Köhler, Müller, Sanders, & Wächter, 2006)	
WEB- Based Services	Internet Based
Application Oriented	Interoperable Modules
Open Technologies	Web Distribution Data based
Standardized Data Specification	Common Data Sets
Modular approach	Data Integrity
Unified File Format and Conversion	Use Cases Modeling
Continuous Operation	Unified Modeling Language (UML)
Agile (good Performance)	Owner of data Reports
Customized User Interface (GUI)	Access to old Data

Quadro 5 - Requisitos encontrados em (Bayrak, 2007).

Origem: (Bayrak, 2007)	
Network Performance Evaluation	Data Integrity
Continuously Monitored	Response Time
System Performance Metrics	Traffic Control
User Performance Metrics	Capacity
Organizational Performance Metrics	Agile

Quadro 6 - Requisitos encontrados em (Liu et al., 2013).

Origem: (Liu, Brewster, & Shaw, 2013)	
Known Ontology between Modules	Interoperability between Modules
Known Taxonomy between Modules	

Quadro 7 - Requisitos encontrados em (Annoni et al., 2005).

Origem: (Annoni et al., 2005)		
Event Importance Level		Access to GIS Information
Events Timestamp		Location Identification
Mobile Devices Based		Collaborative Technologies
Agile		Interoperability
Continuous Operation		Use Cases Modeling
Customized User Interface (GUI)		Standardized Data Specification
Access to old Data		User Performance Metrics
Easy to include new modules (Modular Approach)		Heterogeneous Specification
System Performance Metrics		Dynamically data update

Quadro 8 - Requisitos encontrados em (Noran, 2013).

Origem: (Noran, 2013)		
Not Ambiguous Messages		Common Ontology in Advance
Not Irrelevant Messages		Interoperability
Cultural Interoperability		Organizational Interoperability
Programmatic Interoperability		Collaborative Networks (CN)
DMCN Disaster Management Collaborative Networks		

Quadro 9 - Requisitos encontrados em (Caballero, 2005).

Origem: (Caballero, 2005)		
Common Terminology		Access old data
Accessibility		Spatial Data
Interoperability		SOA
Use Cases		Work with many scenarios
Multiple data sources		Easy to add new modules
On Demand Access		Evaluation Tests

Quadro 10 - Requisitos encontrados em (Daniels & Hart, 2002).

Origem: (Daniels & Hart, 2002)		
Multiple Thechnologies		Standalone Work
Technical Capabilities		User Friendly
Adapted to the Location		Low Cost
Easy maintenance		Remote Access
Easy to integrate with old Systems		Reporting
Access Control		Data Exportation
Import Data		Web Based
GIS		SQL or Oracle database

Quadro 11 - Requisitos encontrados em (Annoni et al., 2012).

Origem: (Annoni et al., 2012)		
Risk Prevention		Cross-Border Interoperable Services
Constant Monitoring		Interoperability based on Standarization
Warning Messages		Data Share
Service Oriented Architecture		Use Cases
Userful technology		GIS Services
Interoperable GI Services		Distributed Processing

O requisito necessário a um correto desempenho de sistema depende de uma adequada identificação de requisitos funcionais e não funcionais. Assim, após a leitura dos 11 artigos obteve-se uma grande quantidade de requisitos os quais podiam ser separados em 3 grupos:

- RF - Requisitos Funcionais (*FR - Function Requirements*).
- RNF - Requisitos Não funcionais (*NFR – Non Function Requirements*).
- ST - Solução técnica (*TS – Technical Solution*).

Deve-se ressaltar aqui que no decorrer da dissertação poderão aparecer tanto as siglas em português (RF,RNF, ST) quanto as siglas e inglês (FR, NFR, TS) para representar os Requisitos Funcionais, Requisitos Não Funcionais e Soluções Técnicas respectivamente.

4.5.1 Requisitos Funcionais (RF)

Define-se como requisitos funcionais ou do inglês *Functional Requirements*, de um sistema, os que expressam um comportamento ou função, assim como as características do sistema/produto. Podem também ser chamados de requisitos definidores. Normalmente incluem: correções, atualizações, cancelamentos, regras de negócio, funções administrativas, níveis de autorização, requisitos de certificação, relatórios, histórico, leis e regulamentos, interfaces para o meio exterior, etc.

Durante a revisão de literatura, encontraram-se os seguintes requisitos Funcionais (FR) conforme o quadro 12.

Quadro 12 - Requisitos Funcionais Encontrados na RSL.

	Registro do Originador	7	Rastreamento de responsáveis pelos dados
	Especificar a localização da		Regras de grupo individuais

	informação
	Compartilhamento de Dados
	Alertas sobre áreas de risco
	Informar sobre pontos de controle
	Informar sobre transportes alternativos
	Informar sobre rotas alternativas
	Informar sobre pontos de abasteci
	Reduzir veículos Acionados
0	Informação Prioritária para Deficientes
1	Consultas externas
2	Usuários não registrados apenas recebem broadcasts
3	Níveis de acesso
4	Atualização de dados Dinamicamente
5	Geographical based data
6	Evitar trotes
7	Fornecer serviços de Middleware
8	Troca de informações entre times
9	Emitir mensagens personalizas
0	Permitir uso de aplicações Personalizadas
1	Fácil de incluir novos módulos

8	
9	Disponibilizar Relatórios de Acesso.
0	Relatórios de ocorrências
1	Relatórios Gráficos
2	Relatórios de Usuários
3	Acesso a dados Antigos
4	Apurar uma situação rapidamente
5	Tomadas de decisão automáticas
6	Detecção automática de riscos e Situações de Emergência
7	Notificar Grupos e Times Dinamicamente
8	Implementação de Consultas estruturadas
9	Feedback Instantâneo de Especialistas
0	Uso de tecnologias corporativas (Ex.: SAP)
1	Interfaces de acesso e consulta multiplataforma
2	Dicas de Uso
3	Multilingual
4	Fornecer Status dos especialistas
5	Implementação de taxonomia comum entre módulos
6	Implantação de níveis de importância para eventos
7	Uso de redes Móveis (Mobile Network)

2	Implantar recursos para utilização de redes e dispositivos móveis
3	Monitoramento Contínuo
4	GIS Consultation Based Tools
5	Dispositivos contra invasão
6	Níveis de importância dos dados

8	Processo de Classificação de Crises
9	Funcionar em diferentes tipos de crise
0	Customização da Intercace do Usuário
1	Não precisa ser programador para configurar

4.5.2 Requisitos não Funcionais (RNF)

Entende-se por requisitos não funcionais ou do Inglês *Non Functional Requirements*, aqueles que estão diretamente relacionados ao julgamento do funcionamento do sistema e/ou como ele irá se comportar, fazendo referência à qualidade ou desempenho. São exemplos de requisitos não funcionais: Desempenho (tempo de resposta, taxa de transferência, utilização), escalabilidade, capacidade, disponibilidade, recuperabilidade, manutenção, facilidade de manutenção, regulamentação, gerênciabilidade, integridade de dados, usabilidade, simplicidade, confiabilidade, segurança, disponibilidade, interoperabilidade.

Muitas vezes uma falha em um destes requisitos pode comprometer todo o funcionamento do sistema. Desta maneira, um requisito não funcional pode vir a ser mais importante que um requisito funcional. Imagine um carro de F1 com pouca velocidade ou baixo desempenho. Durante a revisão da literatura, foram encontrados os seguintes requisitos não funcionais conforme apresentado no quadro 13.

Quadro 13 - Requisitos Não Funcionais encontrados na RSL.

Baixo Custo
Adaptável a diferentes realidades financeiras
de manutenção
de Software
de Hardware
de armazenamento do Banco de

Rapidez
Funcionamento Automático
Acesso Rápido
Identificação rápida de Experts e Supervisores
Facilidades no envio de Mensagens
Comunicação Rápida

Dados
de implantação
de integração com o que já existe e novas tecnologias
Segurança
Sistema Robusto
Confiabilidade
Aceitável para uso no Governo
Controle do tráfico de informações (Traffic Control)
Histórico
Pesquisas Espaciais
Busca automática de casos anteriores
Compartilhamento de Conhecimentos
Métricas de Performance do Sistema
Métricas de Performance de Usuário
Métricas de Performance Organizacional
Network Performance Evaluation
Capacidade (*Capacity*)

Tempo de resposta rápido
Agile
Fornecer dados espaciais Instantaneamente (GIS)
User Friendly
Flexibilidade
Qualquer um pode ser capaz de usar o Sistema
Treinamento Rápido
Permitir acessos Simultâneos
Identificar as partes envolvidas automaticamente
Fornecer relatórios Rápidos
Interoperabilidade
Capaz de ser conectado a Sistemas antigos
Compartilhamento de dados (Interoperavel com outras arquiteturas)
Verificação do Sistema
Construção de um Protótipo

Um requisito em particular merece explicação visto que não é um termo comumente utilizado, assim, entende-se por Capacidade ou *Capacity*, o nível máximo de produção de bens ou serviços que um determinado sistema pode potencialmente produzir ao longo de um período de tempo definido. Na maioria dos casos, é improvável que qualquer sistema funcione em plena capacidade por períodos prolongados, porque as ineficiências naturais e outros fatores diminuem o potencial de saída.

4.5.3 Solução Técnica (ST)

Soluções Técnicas ou do inglês*, Technical Solution,* são requisitos diretamente relacionados a solução ou soluções técnicas a serem utilizadas ou que poderão ser utilizadas para implementar um requisito funcional. Por exemplo: banco de dados MySQL, *inteface* em HTL5, servidor Node.Js, bateria de Litium, processador Intel, realizar buscas com QuickSort, etc. No quadro 14 temos as soluções técnicas encontradas durante a revisão de literatura.

Quadro 14 - Soluções Técnicas Encontradas na RSL.

	Solução Técnica
	Data e hora dos eventos (Timestamps)
	Banco de dados Relacional
	Open SQL
	Múltiplos Formatos de Dados
	Padronização das Especificações de Dados
	Datasets Comuns
	Pesquisas baseadas em Atributos
	Banco de dados Distribuídos
	Distribuição de dados via WEB
0	Encriptação de Mensagens via SSH
1	Mensagens de/para Especialistas Encriptadas
2	Representação Digital (*Depiction*)
3	Armazenamento de Mapas Digitais
4	Mensagens tipo Broadcast
5	Uso de Tecnologias Atuais
6	Uso de Sistemas não Complexos
7	Abordagem Modular
	Hierarquias de Usuários

	Solução Técnica
3	Implementação de Mapas de Proibições
4	Uso de Tecnologias OpenSource
5	Modelagem SysML
6	Assegurar o Fornecimento de Energia
7	Comunicação sem Fio
8	Computação Distribuída (WEB)
9	Especificação Heterogênea
0	Otimização dos Canais de Comunicação
1	Modelagem através de Casos de Uso.
2	Sistema Orientado a Aplicação
3	Modelagem UML
4	Ontologias Comuns Entre Módulos
5	Sistemas Clusterizados
6	Múltiplos Repositodios de dados
7	Padronização de sinais de Emergência
8	Templates de Relatórios
9	HTML5
	Base de dados Postgresql

8	
9	Node.JS
0	Sistema Operacional Linux
1	Sistema Operacional Windows
2	Definir o Ciclo de Vida do Sistema

0	
1	Aplicações para Celular
2	Node Red
3	Cadastro de Limiares (Theresholds)

4.6 Reaplicando a *string* de pesquisa.

No dia 22 de abril de 2018 a *string* de pesquisa foi reutilizada tanto nas bases Scince Direct como na base Focus. Fez-se esta ação com o intuito de encontrar trabalhos mais recentes.

Na base Science Direct, foi possível utilizar a mesma *string* visto que o site continua com a mesma estrutura para realização de buscas detalharas. Porém a *string* foi um pouco modificada para poder ser aplicada na base Focus. Foram encontrados muitos requisitos semelhantes aos encontrados anteriormente e os novos requisitos encontrados são mais voltados às soluções técnicas o que já era esperado visto que a tecnologia vem evoluindo rapidamente.

Os novos requisitos encontrados reforçam o caminho utilizado no desenvolvimento do protótipo conforme será visto mais adiante no decorrer desta dissertação. A seguir, serão descritos os artigos relevantes e os requisitos encontrados.

4.6.1 Resultados encontrados na base Science Direct.

A *string* de pesquisa utilizada foi a mesma da descrita na última iteração apresentada na seção 4.7, ou seja:

(natural hazards OR crisis OR disaster) AND (interop*) AND (mobility OR (manage*) or communication OR connection OR connectivity OR SYSML) AND NOT ((hospital AND system*) OR Medicine or post-disaster or simulation or recovery)

Procuraram-se apenas trabalhos entre 2015 e 2018. Desta forma, encontraram-se 10 trabalhos e após a aplicação do protocolo de pesquisa restaram

apenas três trabalhos a serem lidos integralmente sendo eles e os requisitos encontrados:

Quadro 15 - Requisitos encontrados em (Annoni et al., 2012)Cui, Carr, Brissette, & Ragaini, 2017)

Origem: (Cui, Carr, Brissette, & Ragaini, 2017)		
Ip based commun network		Real Time Control System
Demand Response autom. Server		Secure Internet
Client/Server application		HTTP
XML		Energy Management System

Quadro 16- Requisitos encontrados em (Annoni et al., 2012) Boissel-dallier, Benaben, Lorré, & Pingaud, 2015).

Origem: (Boissel-dallier, Benaben, Lorré, & Pingaud, 2015)		
Service Based Information System		XML
WorkFlow Definition		BPM
SOA		XSLT
Web Services		Performance Measures

Quadro 17 - Requisitos encontrados em (Annoni et al., 2012)Brzoza-woch, Konieczny, Kwolek, & Nawrocki, 2015).

Origem: (Brzoza-woch, Konieczny, Kwolek, & Nawrocki, 2015)		
Data Aquisition		Mathematical Modeling
Urgent Service Profile		Real-Time Aquisition
Data Transmission		Web Services
Energy Management		Urgent Computing
High Performance Computing		Wireless Networks
Shared Computing Iclouds		Bidirectional Communications
Access Polices		Data Centre
Autonomous Power Supply		Power Renovable Sources
Photovoltaic Solar Cells		Super Capacitors
MQTT Protocol		Data Priorization
GPRS		GSM

4.6.2 Resultados encontrados na base Focus.

Como já mencionado, a *string* de pesquisa utilizada não foi a mesma pois precisou sofrer alguns ajustes devido a nova interface de pesquisa disponibilizada pela Base Focus. Nesta fase, também, procurou-se por trabalhos entre 2015 e 2018.

(PUBYEAR > 2015) AND (crisis OR disaster) AND (interop*) AND (mobility OR manage* OR communication OR connection OR connectivity) AND NOT ((hospital AND system*) OR medicine) AND (EXCLUDE(DOCTYPE, "ch") OR EXCLUDE(DOCTYPE, "re") OR EXCLUDE(DOCTYPE, "bk"))AND (EXCLUDE (SUBJAREA, "SOCI") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "EART") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "MATH") OR EXCLUDE (SUBJAREA, "ENVI") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "DECI") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "BUSI") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "PHYS") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "ENER")) AND (EXCLUDE (LANGUAGE, "Chinese") OR EXCLUDE (LANGUAGE, "Spanish") OR EXCLUDE(LANGUAGE , "French") OR EXCLUDE(LANGUAGE, "Italian") OR EXCLUDE(LANGUAGE,"Slovak"))AND(EXCLUDE(ACCESSTYPE(OTHER)))

Nesta iteração foram encontrados um total de 13 artigos e após a aplicação do protocolo de pesquisa, encontrou-se 3 artigos diretamente relacionados e 1 relacionado.

Quadro 18 - Requisitos encontrados em (Annoni et al., 2012)Ager & Unterkofler, 2016).

Origem: (Ager & Unterkofler, 2016)		
Present Position		Wi-Fi
Wireless Sensor Network		ZigBee
Low Cost		Arduino Uno Atmega 328p
Interoperability of Communications		XBee wi-fi
Bluetooth		Flex-PCB (circuit)

Quadro 19 - Requisitos encontrados em (Annoni et al., 2012)Hackett & Bilén, 2016).

Origem: (Hackett & Bilén, 2016)		
IEEE 802 .11b/g		UHF Access Point
Encriptation/Security		Linux Open WRI
Real-Time Positioning		Mobile Phones
Wi-Fi network		Radio Base Station

Quadro 20 - Requisitos encontrados em (Annoni et al., 2012) Jena, Mohanty, & Info, 2016).

Origem: (Jena, Mohanty, & Info, 2016)

Cloud Computing	Datacenter
Distributed Systems	Smart Phone
Minimum Energy Consumption	Tablet
Load Balancing	Acess Data from Any ware
Maximum Throughput	Google App Engine
Minimum carbon footprint	Secure Storage
Green Networking	Computational Intelligence
Virtualization	Multitenancy
Matlab	Inter Cloud Platform

Quadro 21- Requisitos encontrados em (Annoni et al., 2012)Stecca, Puliafito, Simonetti, Mariotta, & Sciuto, 2016).

Origem: (Stecca, Puliafito, Simonetti, Mariotta, & Sciuto, 2016)	
Continuous Monitoring	Internet Based
Reducing Human Control	Open Source
Sensor Network	Automatic Detect Alerts
Web Based Application	Broadcasting
Outdoor Sensor	Web Services
Cloud Based Infrastructure	Middleware
IaaS	PaaS
Cloud-Oriented	SaaS
Record Alerts	Apps for Smartphones

Em relação aos requisitos encontrados, foram semelhantes aos encontrados na Science direct, ou seja, os nóvos requisitos estão, na maioria, diretamente relacionados a evolução das tecnologias.

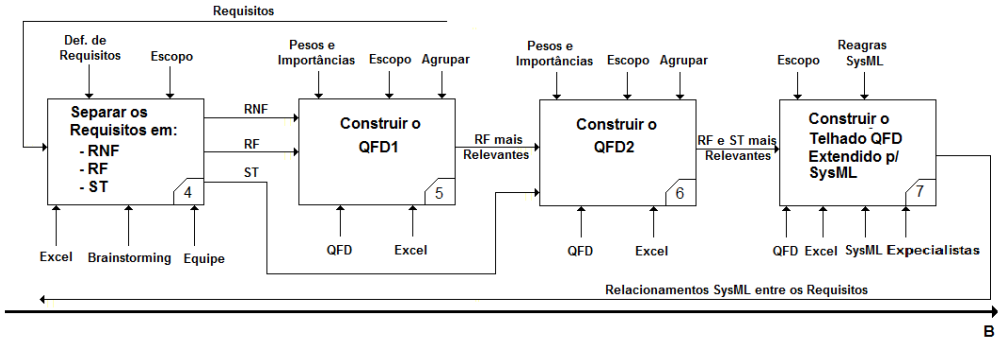
Ainda foram encontrados as seguintes soluções técnicas que não foram encontradas em artigos mas que podem trazer inúmeros benefícios em relação a implementação do sistema sendo eles:

- raspberry pi V3.
- módulo wi-fi ESP32.
- python.
- google speech.
- chat bot.
- Google *Analytics*.

5 Organização do Conhecimento

Após a revisão da literatura, como já visto, foram encontrados inúmeros requisitos, porém o nível de i*mportância* destes requisitos precisam ser definidos. É nesta fase que ferramentas como o QFD apresentam seu valor. Assim, um conjunto de 4 fases utilizando a ferramenta QFD são necessárias conforme apresentado na figura 43. Elas correspondem as fases 4, 5 6 e 7 apresentadas no IDEF0.

Figura 43 – fases utilizando a ferramenta QFD.



Fonte: O Autor (2018).

Tendo-se em mãos os requisitos funcionais, não funcionais e as soluções técnicas, torna-se possível a montagem das cadeias de QFD. O objetivo central de um QFD é separar os requisitos e atributos de um sistema em grupos, traduzindo expressões de texto em valores quantitativos. Aqui, os estágios do QFD envolvidos visam auxiliar na escolha dos requisitos mais relevantes para o desenvolvimento de um sistema de gestão da informação e prevenção de desastres (SGIPD).

Para as necessidades desta proposta, serão utilizados apenas os QFDs 1 e 2 (Matriz das Características e Matriz das Partes). Os QFDs 3 e 4 dizem respeitos a engenharia de processos e planejamento da produção respectivamente e não fazem parte do escopo desta proposta (conforme mencionado no capítulo 2 seção 2.2.1.2).

Aqui se pode ver que o uso do QFD é uma abordagem apropriada, pois através dele torna-se possível a transformação dos dados qualitativos em valores quantitativos ou em requisitos de projeto os quais podem ser utilizados pela equipe de engenharia.

5.1 QFD1– Requisitos Funcionais e Requisitos Não Funcionais (Matriz das características)

Utilizando os requisitos funcionais e os requisitos não funcionais pode-se construir o primeiro QFD que representa a matriz das características do sistema. Tomando-se como base o QFD da figura 44 os requisitos não funcionais (NFR) devem ser dispostos do lado esquerdo assumindo o papel do “QUE”. Por sua vez, os requisitos funcionais (FR) são distribuídos na parte de cima do QFD tomando o papel do “COMO”. Devido ao grande número de requistos, na figura 44 podemos ver um extrato do QFD. O QFD completo encontra-se no Apêndice I.

Figura 44 - Parte do QFD1(Requisitos Não Funcionais X Requisitos Funcionais).

				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
				RF												
		Como ? RF / O Que ? (Demanda da qualidade) RNF	Importancia (0 até 10) Especialistas/evisão da Literatura	Registro do Originador (Owner of data reports)	Especificar a localização da informação (Loction Identification)	Compartilhemtode Dados (Sharing Data)	Alertas sobre áreas de risco	Informar sobre pontos de controle	Informar sobre transportes alternativos	Informar sobre rotas alternativas	Informar sobre pontos de abastecimento	Reduzir veículos Acionados	Informação Prioritária para Deficientes	Consultas externas (Outside Consulting)	Usuários não registrados apenas recebem broadcasts	Níveis de acesso
RNF	Baixo Custo	Adaptavel a diferentes realidades financeiras	10	0	1	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
		de manutenção	8	1	3	3	9	0	1	1	1	3	1	1	3	3
		de Software	9	3	3	9	9	1	1	1	1	3	3	1	3	3
		de Hardware	10	3	3	9	9	1	1	1	1	3	3	1	3	3
		de armazenamento do Banco de Dados	7	9	9	9	9	9	3	9	1	1	3	3	9	9
		de implantação	5	3	3	3	9	3	3	3	3	9	3	9	3	9
		de treinamento	9	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	3
		de integração com o que já existe e novas tecnologias	8	1	3	9	9	1	1	1	1	3	3	9	9	3
	Segurança	Sistema Robusto	5	9	9	9	9	1	1	1	1	1	3	3	9	9
		Confiabilidade	10	9	9	9	9	1	1	1	1	1	3	3	9	9
		Aceitavel para uso no Governo	7	3	3	9	1	1	1	1	1	1	1	3	9	9
		Controle do tráfico de informações (Traffic Control)	4	1	1	3	9	1	1	1	1	1	1	3	9	3
	Histórico	Pesquisas Espaciais (Spatial Queryng)	4	9	9	1	9	3	1	1	0	0	1	1	3	3
		Busca automática de casos anteriores (automatic background Searching)	3	3	9	1	9	3	3	3	1	1	1	1	1	3
		Compartilhamento de Conhecimentos (Knowledge Sharing)	7	9	9	9	9	1	1	1	1	1	1	1	1	3
		Métricas de Performance do sistema (System Performance Metrics)	5	9	9	1	3	1	1	1	1	1	1	1	3	3
		Métricas de Perforance de Usuário (User Performance Metrics)	5	9	9	1	3	1	1	1	1	1	1	1	9	3
		Métricas de Performance Organizacional (Organization Performance Metrics)	5	9	9	1	3	1	1	1	1	1	1	1	3	3
		Network Performance Evaluation	3	3	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	9	1
		Capacity (*)	4	3	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	9	3
	Rapidez	Funcionamento Automático (Automaticaly)	9	9	9	9	9	1	9	9	3	3	3	3	9	9
		Acesso Rápido	9	3	9	9	9	1	9	9	3	3	3	3	9	9
		Identificação rápida de Experts e Supervisores I	10	9	9	9	9	1	1	1	3	3	3	3	1	9
		Facilidades no envio de Mensagens	10	9	9	9	9	3	3	3	3	3	3	0	9	9
		Comunicação Rápida	10	9	9	9	9	9	3	3	3	3	3	3	9	9
		Tempo de resposta rápido (Quick Response Time)	10	9	9	9	9	1	9	9	9	9	9	9	9	9
		Fornecer dados espaciais Instantaneamente (GIS)	2	1	9	9	9	3	9	9	9	9	9	1	9	9
		Agile (good Performance and flexibility)	9	3	9	9	9	1	9	9	9	9	9	9	9	9
	User Friendly	Flexibilidade	8	3	9	9	9	3	9	9	9	9	9	3	9	9
		Qualquer um pode ser capaz de usar	9	3	3	9	9	1	1	1	1	1	1	3	9	9
		Treinamento Rápido	9	3	3	9	3	1	1	1	1	1	1	1	9	9
		Permitir acessos Simultaneos (Multiple Users)	10	1	3	9	9	1	0	1	1	1	1	1	9	9
		Fornecer relatórios Rápidos	10	3	9	9	9	1	1	1	1	1	1	3	9	9
		Identificar as partes envolvidas automaticamente (Identify Parties Automaticaly)	5	9	9	3	1	1	3	1	3	3	3	1	9	9
	Interoperability	Capaz de ser conectado a Sistemas antigos	10	3	3	9	3	3	1	1	1	1	1	3	9	9
		Compartilhamento de dados (Interoperavel com outras arquiteturas)	7	9	9	9	9	3	1	1	1	1	1	3	9	9
	Verificação	Implementação de um protótipo para verificações (Prototypes Implementation)	5	9	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	9	3
		Peso Absoluto (Importância do Requisito):		1382	1658	1904	1944	516	736	778	614	752	736	784	1842	1830
		Peso Relativo (Importância Relativa):		1,97	2,37	2,72	2,78	0,74	1,05	1,11	0,88	1,07	1,05	1,12	2,63	2,61

Fonte: O Autor (2018).

Desta maneira, o respectivo QFD foi calculado colocando-se na primeira coluna o grau de importância que é normalmente adquirido através da análise de especialistas, ou ainda através de revisões da literatura, pesquisa de campo, etc. A faixa de valores é de 0 a 10. As outras colunas são preenchidas com os requisitos funcionais. Em cada célula formada pela interseção de um requisito não funcional com um requisito funcional deve-se colocar o grau de importância que o requisito funcional tem para atender ao requisito não funcional. Os valores podem ser conforme a legenda da figura 45:

Figura 45 - graus de importância.

Fonte: O Autor (2018).

Desta maneira, torna-se possível calcular a importância de cada requisito funcional o qual é representado pelo ‘peso absoluto’ que aqui também chamaremos de ‘importância do requisito’. Ele é a soma das multiplicações do nível de importância de cada requisito não funcional (primeira coluna) multiplicado pelo nível de importância do requisito funcional (0, 1 3 ou 9). Já o peso relativo ou importância relativa é calculado através da divisão do peso absoluto de cada requisito funcional pela soma de todos os pesos absolutos. A sua função é tornar mais simples a leitura da importância do requisito funcional. Para facilitar a identificação dos requisitos funcionais, atribuiu-se um número para cada um deles.

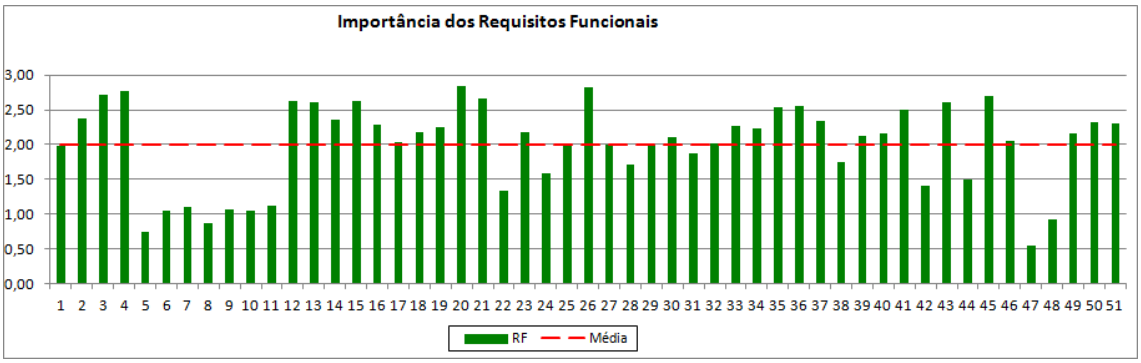
No capítulo 2 tem-se mais detalhes sobre os QFDs.

Na figura 46 temos um gráfico representado cada um dos requisitos e sua respectiva importância em forma de barra. Na coluna vertical encontra-se o os pesos relativos de cada requisito funcional. Na horizontal tem-se apenas o número do requisito. A média foi calculada apenas para servir como parâmetro de visualização, mas não deverá ser utilizada.

Com a ajuda do gráfico torna-se mais fácil identificar ou escolher os requisitos funcionais que deverão fazer parte do QFD2 (matriz das partes). A escolha dos requisitos pode ser feita de várias maneiras. A linha média (traço horizontal) foi

colocada apenas para ilustrar, pois tomá-la como referência para a escolhas dos requisitos pode ser trazer resultados indesejados. Desta maneira, os requisitos para a construção do segundo QFD foram escolhidos através do seu nível de importância. O QFD1 completo poderá ser visto no Apêndice I.

Figura 46 - Grau de importância dos Requisitos Funcionais.



Fonte: O Autor (2018).

5.2 QFD2 e Requisitos do Sistema (matriz das partes)

A montagem do segundo QFD é semelhante ao QFD1. Nele, QF2, os requisitos Funcionais de maior relevância encontrados através do primeiro QFD passam a ser o “QUE” e ficam dispostos do lado esquerdo do diagrama. Já na parte de cima devem ficar as soluções técnicas encontradas também durante a revisão da literatura ou sugeridas pelos especialistas. Nesta segunda fase, as importâncias dos requisitos serão preenchidas pelas suas respectivas importâncias relativas calculadas no QFD1. Ou seja, copiam-se as importâncias relativas de cada Requisito Funcional da matriz 1 para a matriz 2. Também, devido ao seu tamanho final, pode-se ver na figura 47 apenas uma parte do QFD2 o qual poderá ser visto por completo no Apêndice II.

Figura 47 - Parte do QFD2 (Requisitos Funcionais X Soluções Técnicas).

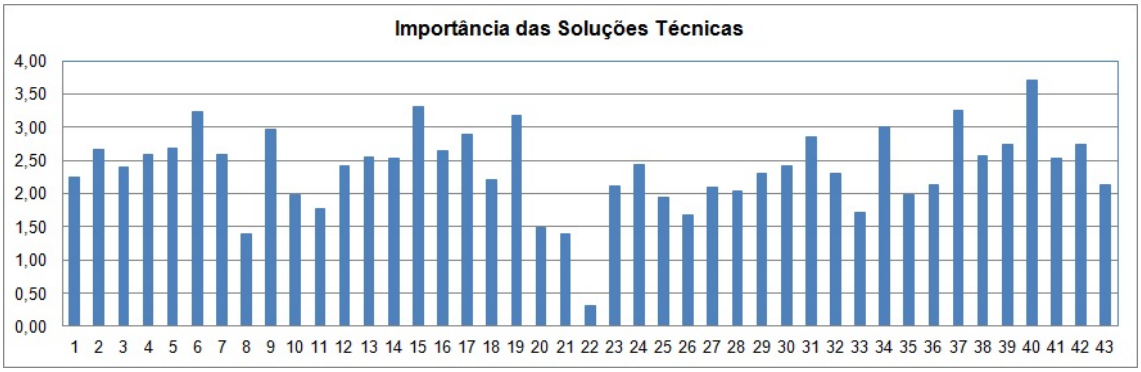
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
			Como ? ST / O Que ? (Resultado QFD 1) Requisitos Funcionais	Importância Relativa (Origem QFD1)	Data e hora dos Eventos	Banco de dados Relacional	Open SQL data Language	Multiplos Formatos de dados	Padronização das Especificações de Dados	Datasets Comuns	Pesquisas baseadas em Atributos	Banco de dados Distribuidos	Distribuiição de dados via WEB	Encriptação de mensagens via SSH	Mensagens de/para Especialistas Encriptadas	Depiction (Physical Representation in a digital format of the	Armazenamento de mapas Digitais	Mensagens tipo Broadcast	Uso de Tecnologis Atuais	Uso de Sistemas não Complexos	Abordagem Modular	Hierarquia de Usuários	Node.Js	Sistema Operacional Linux	Sistema Operacional Windows
RF	1		Registro do Originador	1,97	9	3	1	1	3	3	0	1	3	1	1	1	1	3	9	1	1	3	3	1	1
	2		Especificar a localização da informação	2,37	9	9	3	3	3	3	9	3	9	1	1	9	9	3	9	3	9	9	9	1	1
	3		Compartilhamento de Dados	2,72	3	9	9	9	9	9	9	3	9	1	3	9	9	9	9	3	9	9	9	9	9
	4		Alertas sobre áreas de risco	2,78	3	9	9	9	3	9	9	3	9	1	1	9	9	9	9	3	9	9	9	1	1
	12		Usuários não cadastrados Apenas Recebem Broadcasts.	2,63	1	9	9	3	3	3	9	1	9	9	9	1	1	9	9	9	9	9	9	1	1
	13		Níveis de acesso	2,61	9	9	1	3	3	9	3	3	3	3	9	1	1	9	9	3	9	9	3	3	3
	14		Atualização de dados Dinamicamente	2,36	9	9	9	9	9	9	9	3	9	1	1	3	9	9	9	9	3	3	9	9	9
	15		Geographical based data	2,64	1	1	9	9	9	9	1	1	9	1	1	9	9	1	9	1	9	1	9	1	1
	16		Evitar trotes	2,28	9	3	9	3	3	9	3	1	3	9	9	1	1	9	9	9	9	9	9	1	1
	17		Fornecer serviços de Middleware	2,03	1	3	9	9	9	9	9	3	3	9	9	3	3	3	9	9	9	9	9	1	1
	18		Troca de informações entre times	2,19	3	9	9	9	9	9	3	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	3
	19		Emitir mensagens personalizas	2,25	3	3	1	3	9	9	3	1	3	9	9	1	9	1	9	3	3	9	9	1	1
	20		Permitir uso de aplicações Personalizadas	2,85	3	9	3	3	9	9	3	3	3	1	1	9	9	9	9	9	9	3	9	9	9
	21		Fácil de incluir novos módulos	2,66	9	9	9	9	9	9	9	1	9	1	1	3	9	9	9	9	9	3	9	3	3
	23		Monitoramento Contínuo	2,19	9	3	3	9	3	9	3	3	9	3	1	9	9	9	9	9	3	1	9	9	9
	25		Dispositivos contra invasão	1,98	3	9	9	3	3	3	3	3	3	9	9	1	1	9	9	9	3	9	9	3	3
	26		Níveis de importância dos dados	2,82	9	9	9	1	3	9	3	1	3	9	9	3	1	3	3	9	3	9	9	1	1
	27		Rastreamento de responsáveis pelos dados	1,99	9	3	1	3	3	9	9	3	9	9	9	1	1	1	3	9	1	1	3	1	1
	29		Disponibilizar Relatórios de Acesso.	2,01	9	3	1	3	3	9	9	3	9	9	1	1	1	1	3	3	3	1	3	1	1
	30		Relatórios de Ocorrências	2,11	9	9	1	3	3	9	3	1	1	3	1	9	9	1	3	1	3	1	3	1	1
	32		Relatórios de Usuários	2,01	9	9	9	9	3	3	3	3	1	3	3	9	3	1	3	1	3	9	3	1	1
	33		Acesso a dados Antigos	2,27	3	9	9	9	3	9	9	9	1	9	3	9	9	3	9	3	9	1	9	1	1
	34		Apurar uma situação rapidamente	2,23	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1	1	9	9	9	9	9	9	3	3	3	3
	35		Tomadas de decisão automáticas	2,54	9	9	9	9	9	9	9	3	9	3	1	9	9	9	9	9	9	9	9	1	1
	36		Detecção automática de riscos e Situações de Emergência	2,55	3	9	3	3	9	9	9	9	9	1	3	9	9	9	9	9	9	1	9	1	1
	37		Notificar Grupos e Times Dinamicamente	2,33	3	1	1	9	9	9	9	3	9	3	1	9	3	9	9	3	3	1	9	3	3
	39		Feedback Instantâneo de Especialistas	2,12	9	3	1	3	9	9	3	3	9	9	9	3	9	3	3	3	3	9	9	1	1
	40		Uso de tecnologias corporativas (Ex.: SAP)	2,17	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	9	9	9
	41		Interfaces de acesso e consulta multiplataforma	2,51	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	9	9	1
	43		Multilingual	2,61	1	3	3	9	9	3	9	3	9	3	1	1	3	1	3	9	9	3	9	9	9
	45		Implementação de taxonomia comum entre módulos	2,70	1	3	9	9	9	9	9	3	9	9	1	1	3	3	9	9	9	1	3	1	1
	46		Implantação de níveis de importância para eventos	2,05	3	3	1	1	3	1	3	1	9	9	1	9	3	3	9	9	3	9	9	1	1
	49		Funcionar em diferentes tipos de crise	2,17	3	1	3	9	9	3	3	3	9	1	9	9	9	9	9	3	9	9	9	9	9
	50		Customização da Intercace do Usuário	2,32	3	9	3	9	3	9	9	3	9	1	1	9	9	3	9	3	9	3	9	9	9
	51		Não precisa ser programador para configurar	2,31	1	1	3	3	9	9	1	1	9	1	3	3	3	9	9	9	9	3	3	3	3
			Peso Absoluto (Importância do Requisito):		438	520	469	506	523	630	506	270	577	387	344	471	498	492	647	515	564	431	621	290	270
			Peso Relativo (Importância Relativa):		2,25	2,67	2,41	2,59	2,68	3,23	2,59	1,38	2,96	1,98	1,76	2,41	2,55	2,52	3,32	2,64	2,89	2,21	3,19	1,49	1,38

Fonte: O Autor (2018).

Durante o preenchimento do QFD, independente da fase, deve-se sempre ater a pergunta: “Quanto importante é um determinado requisito para que um desejo

do arquiteto ou necessidade do sistema seja atendido". Como dito anteriormente, o QFD2 completo poderá ser visto no Anexo 2.

Figura 48 - Gráfico Apresentando as Soluções Técnicas e Importâncias.



Fonte: O Autor (2018).

No Gráfico da figura 48 podemos ver o grau de importância das soluções técnicas encontradas através da revisão de literatura. Estes graus de importâncias são os valores quantitativo dos requisitos. Desta maneira, pode utilizá-los como um parâmetro para a identificação dos requisitos mais importantes a um determinado SVGID.

Desta forma, através da utilização dos 2 QFDs apresentados aqui, pode-se perceber que o QFD é uma ferramenta de grande valia para identificar os requisitos Funcionais (QFD1) e as soluções técnicas mais indicadas para satisfazê-los (QFD2) bem como filtrar e identificar os requisitos mais importantes ou que efetivamente deverão fazer parte do sistema a ser desenvolvido. Esta filtragem é resultado do cálculo dos pesos absolutos e relativos conforme explicados anteriormente.

Isso não significa que requisitos com peso absoluto baixos não precisam vir serem implementados mas podem esperar dependendo do orçamento ou tempo estimado para o desenvolvimento do sistema proposto pois não influenciarão tanto no resultado final do funcionamento do sistema.

Assim, tendo-se os requisitos devidamente separados e com seus valores qualitativos transformados em valores quantitativos (produto dos QFDs) pode-se, então, encaminha-los para as próximas etapas do framework proposto.

6 Modelagem SysML dos requisitos encontrados.

Neste capítulo serão detalhadas as fases 7 e 8 apresentadas no IDEF0 referente ao *framework* proposto (Construção do Telhado QFD extendido e do diagrama de requisitos SysML)

A modelagem dos requisitos encontrados e descritos nos capítulos anteriores é uma tarefa importante no sentido de representar de maneira mais eficaz o relacionamento existente entre cada requisito, seja ele não funcional, funcional ou técnico.

Com base nestes requisitos já é possível descrever uma possível arquitetura de referência a qual poderá servir como base para outros tipos de sistemas tais como: sistemas de segurança residencial, sistemas administrativos, controle de máquinas, controle de produção ou processos, etc). Neste caso esta arquitetura servirá de base para o desenvolvimento de um sistema voltado à gestão da informação de desastres ou simplesmente pode ser utilizada para testar o framework descrido nesta dissertação.

Como dito anteriormente, existem várias ferramentas de modelagem de sistemas e a escolhida para este trabalho foi a linguagem SysML ou mais especificamente através do diagrama de Requisitos SysML, pela capacidade de representação da fonte informacional central no presente trabalho - requisito.

De forma complementar, no escopo de modelagem de um sistema, pode-se, também, levantar os principais casos de uso da arquitetura e modelá-los através do diagrama de ‘casos de uso’ da linguagem SysML.

6.1 Montando o diagrama de requisitos SysML

Existem algumas formas de se traduzir os requisitos de um determinado sistema em um diagrama SysML. Uma forma de se fazer isso é através de uma tabela de relacionamento entre requisitos conforme visto em (Gonçalves & Ribeiro, 2013) e (Oliveira, 2013). A seguir temos um exemplo de tabela de racionamento para um diagrama de requisitos SysML baseado em alguns dos requisitos encontrados neste trabalho.

Tabela 3 - Tabela SysML de relacionamento entre requisitos.

ID/Descrição	SE RELACIONA COM	Tipo de Relacionamento
FR21 - Fácil de Incluir novos módulos	FR34 – Apurar uma situação rapidamente	Satisfy
ST1 – Data e Hora dos Eventos	ST7 – Pesquisa baseada em atributos	Satisfy
ST9 – Distribuição de dados via Web	ST14 – Mensagens tipo broadcast	Hierarchy
FR1 – Registro do originador	FR26 – Níveis de importância dos dados	Satisfy
ST14 - Mensagens tipo Broadcast	ST18 – Hierarquia de Usuários	Trace

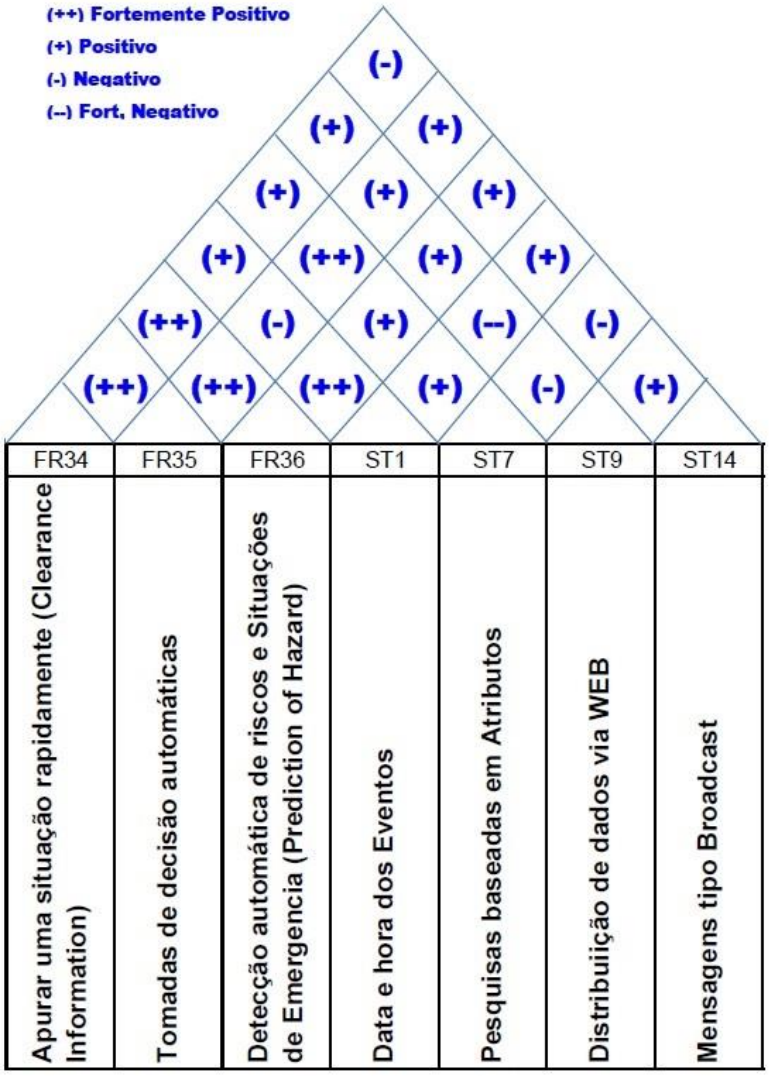
Notou-se, porém, que esta forma não expressa de maneira clara o relacionamento entre os requisitos tornando necessária a navegação dentro da tabela (idas e vindas) a fim de se entender qual requisito se relaciona com qual e que tipo de relacionamento possuem. Este fato embasou a motivação na proposta de uma nova abordagem.

Existem algumas ferramentas de modelagem SysML onde durante a modelagem gráfica do diagrama de requisitos é possível montar a tabela SysML de relacionamento entre os requisitos automaticamente ou vice-versa. Ou seja, através da tabela o diagrama é construído automaticamente. As melhores ferramentas para este fim normalmente são pagas. Algumas delas são (SysML Forum, 2017):

- Open Source: Modelio, Papyrus.
- Comercial: Enterprise Architect + SysML plugin, MagicDraw + SysML plugin, Astah SysML , UModel Enterprise Edition , Visual Paradigm, Rational Rhapsody Designer for Systems Engineers (IBM), Artisan Studio (Atego).
- Web tools: SysMLtools.com, OMG SysML, Systems Engineering Tools.

Partiu-se então para a alternativa de se montar o telhado do diagrama QFD - composto pelos requisitos funcionais na sua base e no cruzamento das linhas coloca-se o grau de relacionamento entre os requisitos (no caso desta dissertação, requisitos do sistema). O telhado é apresentado na figura 49.

Figura 49 - Exemplo de telhado de relacionamento para o QFD 2.



Fonte: O Autor (2018).

Como descrito em (Quíldare Luchese de ABREU, Guilherme, 2013) normalmente o telhado de um QFD serve para representar o inter-relacionamento das características da qualidade e o grau de dependência correspondente. Desta forma, é possível verificar como a mudança em uma característica de um determinado produto pode influenciar em outra característica. Por exemplo, a durabilidade de uma caneta está fortemente relacionada com a qualidade da tinta utilizada. Diminuindo a qualidade da tinta, teremos uma diminuição na durabilidade da caneta.

Normalmente representa-se o inter-relacionamento entre as características através de símbolos para expressar 4 graus de relacionamento podendo ser:

Fortemente Positivo, Positivo, Negativo ou fortemente Negativo como representado na tabela 4.

Tabela 4 - Graus de inter-relacionamentos entre características.

Símbolo	Descrição
(++)	Fortemente Positivo
(+)	Positivo
(-)	Negativo
(--)	Fortemente Negativo

Um exemplo já usando os requisitos encontrados anteriormente, pode ser visto na figura 49. Porém, também se notou que o telhado QFD além possuir uma construção trabalhosa, ainda não supria as necessidades da modelagem em questão e tornava-se algo não muito esclarecedor. Através dele não é possível, por exemplo, identificar os relacionamentos entre os requisitos e tão pouco a direção do relacionamento, ou seja, qual requisito deriva de quem ou qual requisito atende um determinado requisito.

Como solução, chegou-se a uma abordagem de adaptação do telhado QFD para SysML. Desta maneira, este telhado adaptado é capaz de apresentar qualquer tipo de requisito, seja ele não funcional, funcional ou solução técnica, expressar o tipo de relacionamento segundo a notação SysML (Satisfy, Refine, Trace, Copy, Vrify, DeriveReq e Hierarchy), a direção do relacionamento, o nome do requisito e o ID (identificador) do requisito.

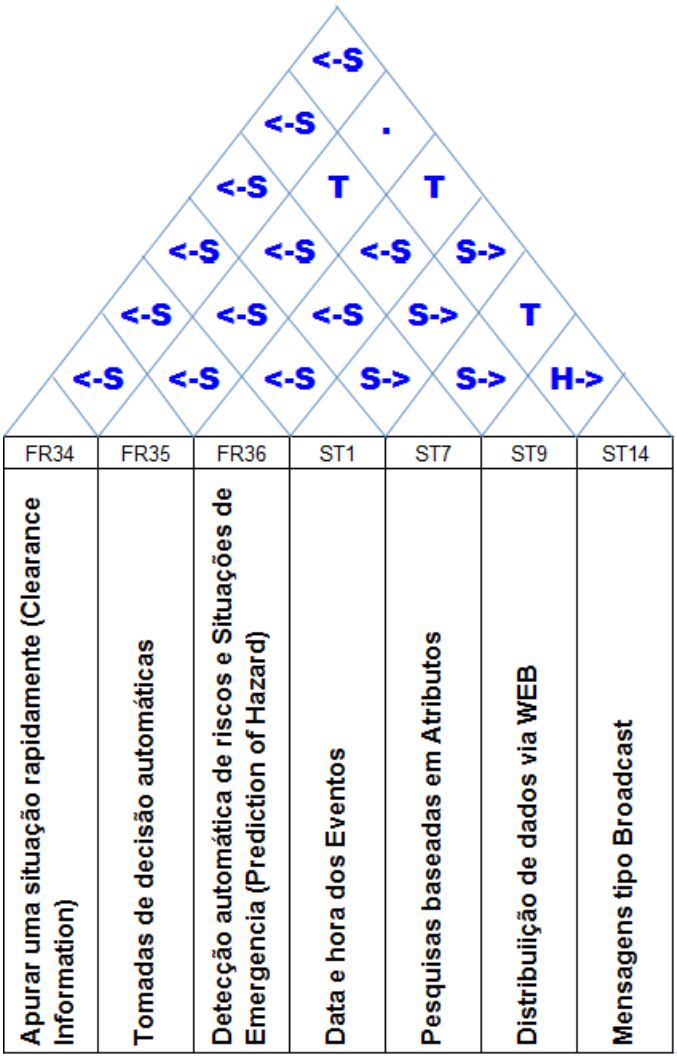
Assim, na figura 51 podemos ver um exemplo utilizando os mesmos requisitos da figura 49, porém agora representados través do telhado QFD entendido para SysML – proposta de abordagem do presente trabalho. Vale ressaltar que até onde o conhecimento oriundo da revisão da literatura permitiu, esta é uma abordagem inédita.

Para que seja possível compreender o telhado QFD estendido para SysML, deve-se utilizar a legenda apresentada na figura 50 a qual possui os símbolos necessários para representar todos os tipos de relacionamentos do diagrama de requisitos SysML.

Figura 50 – Legenda utilizada no Telhado QF Extendido para SysML.

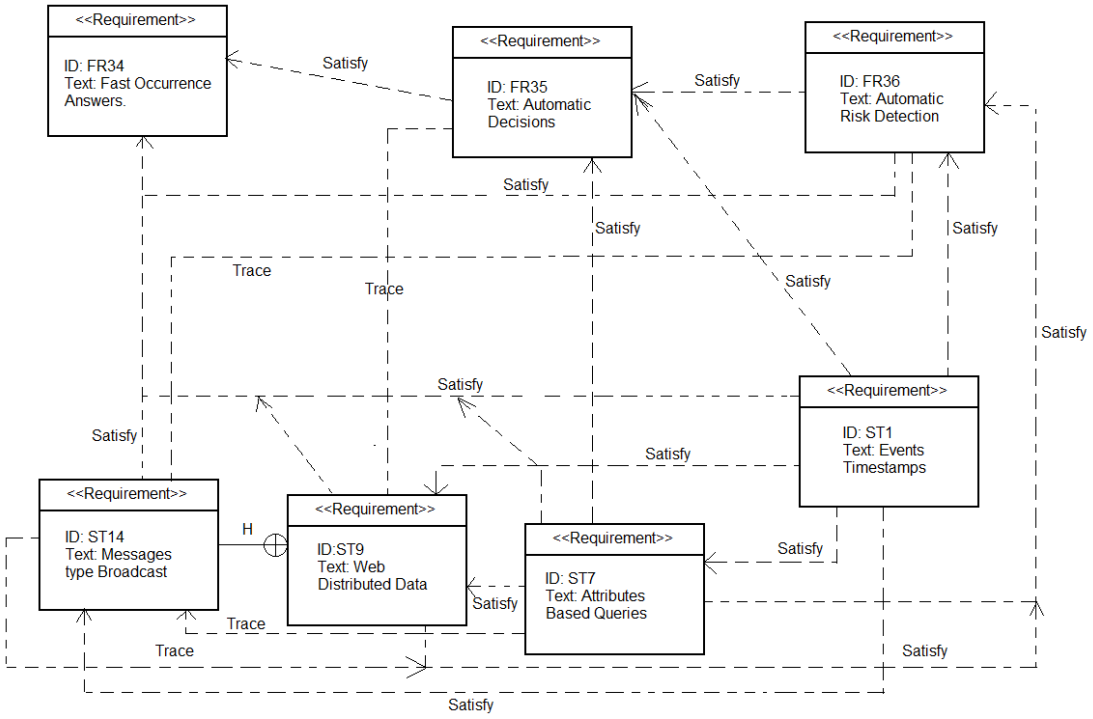
Fonte: O Autor (2018).

Figura 51 - Telhado QFD Estendido



Fonte: O Autor (2018).

Figura 52 - Diagrama SysML correspondente ao telhado QFD estendido apresentado na figura 51.

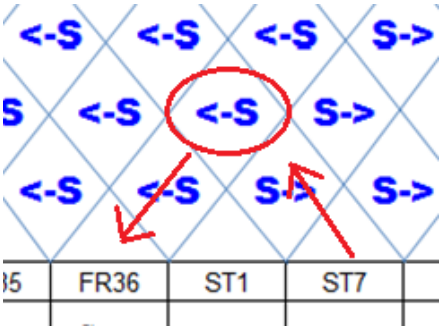


Fonte: O Autor (2018).

Na figura 52 podemos ver o diagrama SysML referente ao telhado QFD estendido apresentado na figura 51. Por exemplo, digamos que o engenheiro ou desenvolvedor precise saber qual é o tipo de relacionamento entre o Requisito funcional FR36 (Detecção automática de riscos e situações de emergência) e a Solução Técnica ST17 (Pesquisas baseadas em atributos). Apenas observando a parte do telhado QFD que contem estes dois requisitos é possível identificar que o Requisito ST7 satisfaz (*satisfy*) o requisito FR3 conforme pode ser observado na figura 53.

Pode-se notar que a obtenção da informação é visual e instantânea, diferente da consulta a tabela 3 ou ao Telhado QFD clássico apresentado na figura 49 onde em ambos não é possível identificar quem satisfaz quem.

Figura 53 – Relacionamento entre Solução Técnica 7 e Requisito Funcional 36.



Fonte: O Autor (2018).

Um telhado QFD estendido completo que foi construído utilizando-se os Requisitos Funcionais (FR) e Soluções técnicas encontradas (TS) através do QFD2 pode ser visto no Apêndice III.

7 Aplicação de questionários *(Survey)* com especialistas

Conforme o modelo IDEF0 do *framework*, este questionário faz parte da fase 9, ou seja, após o levantamento e modelagem dos requisitos Não Funcionais (NFR), Funcionais (FR) e Soluções Técnicas (TS) pode-se realizar a apresentação dos mesmos para grupos de especialistas com o intuito de validá-los.

Para este fim, realizou-se um *Survey* contendo 15 questões onde foi utilizada a ferramenta *Qualtrics* para a publicação do questionário o qual poderia ser respondido via computador *tablet* ou celular. O questionário completo pode ser visto no apêndice V.

A primeira questão era apenas uma apresentação do trabalho para poder situar o respondente sobre o assunto tratado. Depois foram feitas perguntas gerais sobre o respondente sendo elas:

- Q2 – Qual o seu nível de experiência? Profissional, Acadêmica, os dois ou outro;
- Q3 – Qual é seu tipo de trabalho? Desenvolvimento, *Sustaining*, *System test* ou outro;
- Q4 – Quantos anos têm trabalhado nesta área?
- Q5 – Qual o seu nível de formação?
- Q6 – Em que curso é formado?
- Q7 – Qual o seu país de origem?
- Q8 – Você já trabalhou ou teve experiência em suporte, prevenção ou resposta a desastres?

Em seguida foram apresentados todos os requisitos (RNF, RF e ST) encontrados e foi apresentada a seguinte pergunta para cada um dos três grupos:

- Você acha que os seguintes RNF/RF/ST) podem ser considerados relevantes / pertinentes para fazer parte de um Sistema de Informações para a Gestão de Prevenção de Desastres?

Então o respondente foi instruído a escolher, para cada requisito uma das seguintes instruções: fortemente discordo, discordo, nem discordo nem concordo, concordo ou fortemente concordo. Por fim perguntou-se se existe algum outro requisito importante que deveria ser levado em conta e se ele tinha algum comentário a ser realizado.

Para uma melhor amostragem dividiu-se a aplicação do *survey* em 3 etapas.

- Etapa 1) O questionário foi apresentado para os engenheiros e analistas mais experientes e próximos no local de trabalho.
- Etapa 2) O questionário foi apresentado aos grupos de especialistas de software da empresa Atos mundial.
- Etapa 3) O questionário foi apresentado ao restante do departamento incluído terceiros estagiários testadores e chefia.

A seguir serão detalhados os resultados encontrados durante cada uma das etapas do *survey*. Cada etapa teve a duração de 1 semana e ocorreu entre 11/05/2018 a 25/05/2018.

7.1 Resutados *survey* – Etapa 1.

Na primeira etapa, o questionário apresentado no apêndice V foi oferecido a 14 colaboradores da empresa Atos (líder em serviços digitais). Das 14 pessoas que receberam o convite 10 responderam o questionário sendo todos brasileiros e:

- 1 Estudante de Engenharia Elétrica, 7 Engenheiros Eletricistas, 1 Engenheiro de Computação, 1 Mestre em Engenharia de Produção.
- 5 são desenvolvedores, 2 trabalham com *sustaining* 4 trabalham com *system test* e 1 pessoa trabalha com outra atividade.
- 1 é da área acadêmica, 6 da área profissional e 3 das duas áreas.
- 3 já trabalharam com alguma dimensão relacionada a gestão, suporte ou prevenção de desastres.
- 5 possuem mestrado, 1 é estudante e o restante possuem graduação.
- Em média, todos atuam 15 anos na área.

Uma pessoa colocou as seguintes sugestões: “Verifique algumas questões legais, a legislação local em relação aos padrões de acessibilidade, implementação, comunicação e privacidade”.

Os resultados dos requisitos apresentados podem ser vistos nos gráficos que seguem - figura 54, 55 e 56. Os gráficos foram graduados a partir da média dos valores coletados.

Figura 54 - Resultados do Survey RNF (etapa1).

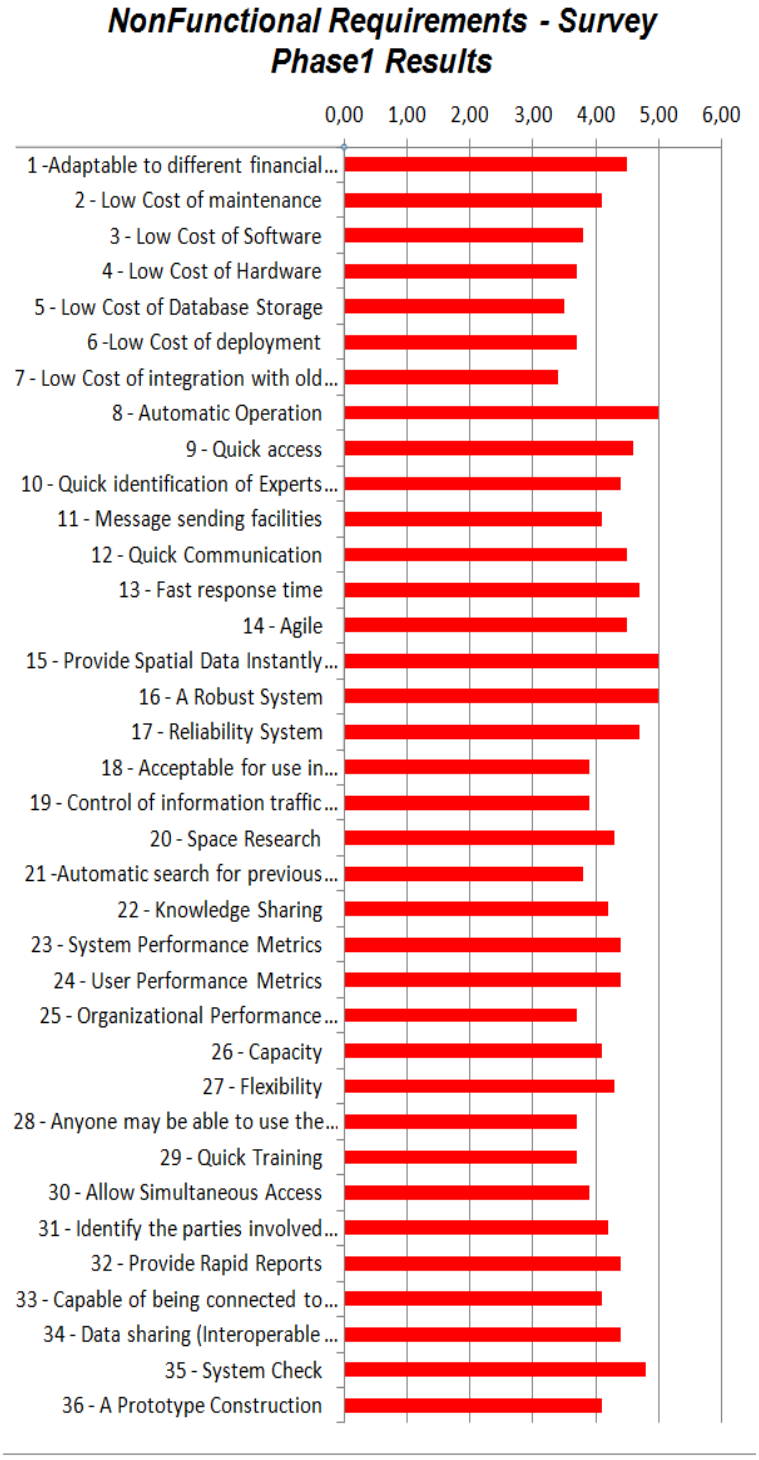


Figura 55 - Resultados do Survey RF (etapa1).

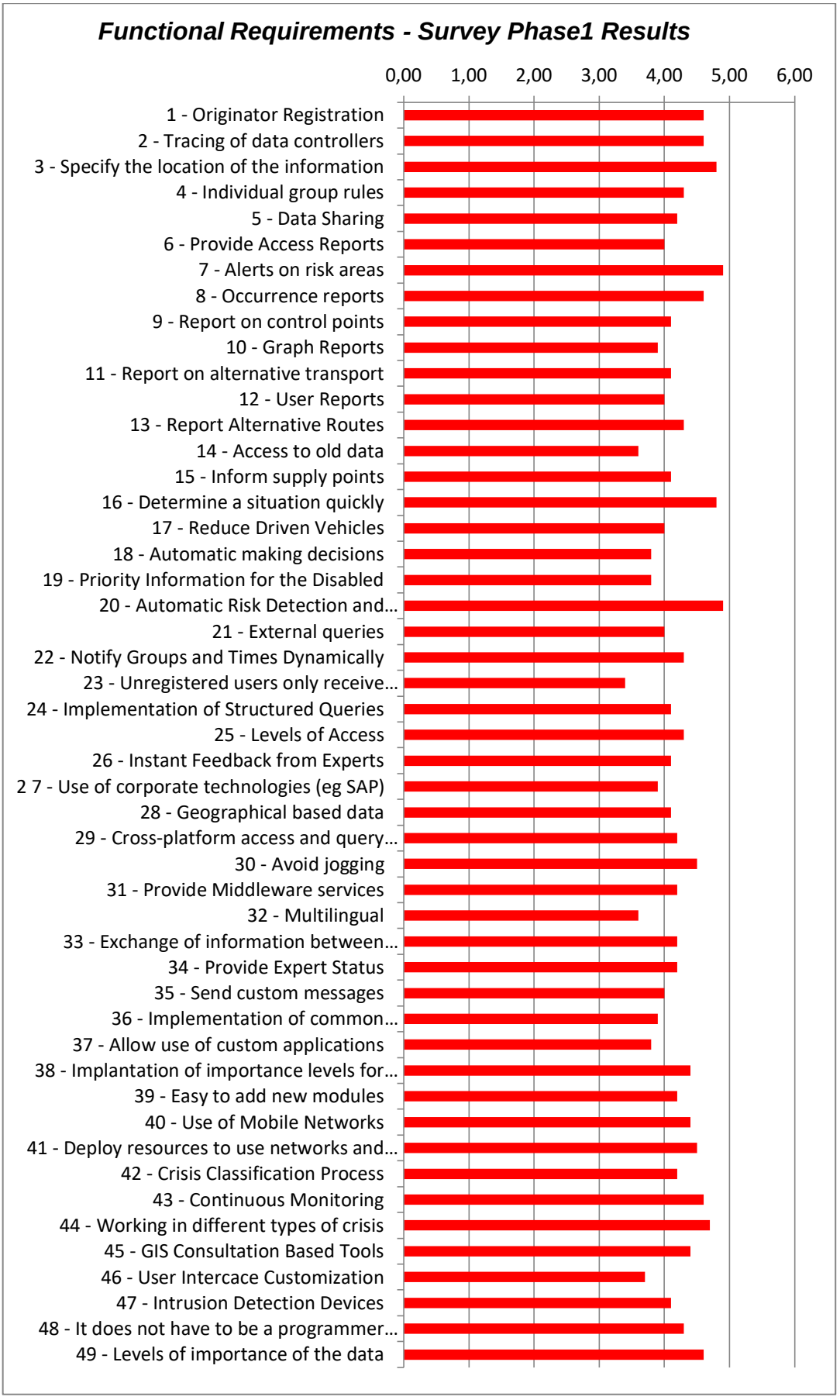
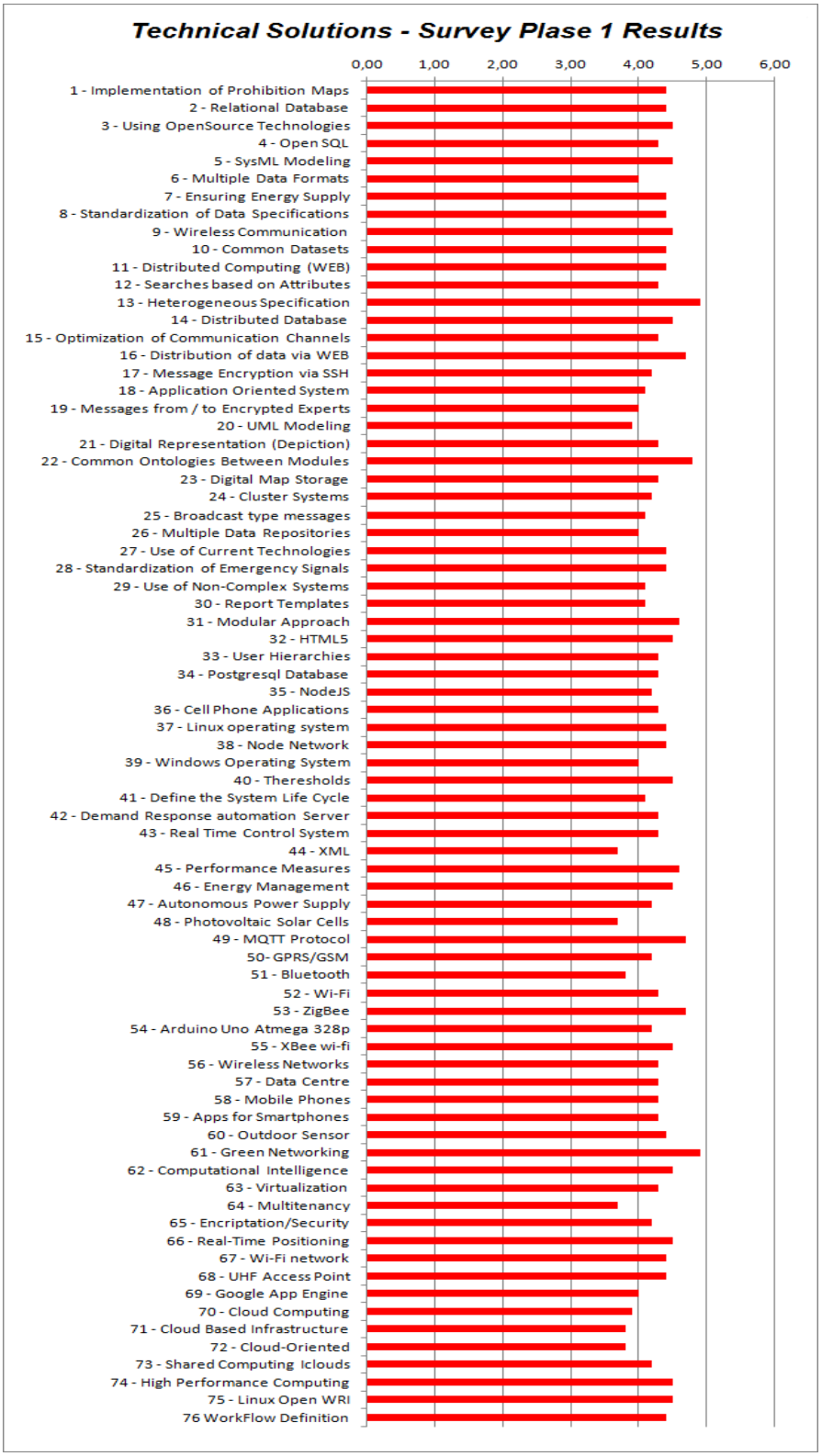


Figura 56 - Resultados do Survey ST (etapa1).



7.2 Resultados *survey* – Etapa 2.

Nesta segunda etapa, o questionário apresentado no apêndice V foi oferecido a 26 colaboradores da empresa Atos (líder em serviços digitais) espalhados ao redor

do mundo. Das 26 pessoas que receberam o convite 10 responderam o questionário sendo:

- 1 físico, 1 astrofísico, 1 engenheiro de telecomunicações, 2 engenheiros elétricos e automação, 1 Formado em Sistemas Automáticos, 1 Informática for Business, 1 *Computer Applications, 1 formado em Business* e por último 1 com a seguinte formação: *BS: computer science & engineering, MS: Management information science, Phd: informatics (continued).*
- Os países de origem dos respondentes são: Ucrânia, USA, Inglaterra, Alemanha, Grécia, Índia, Croácia e Turquia.
- 5 são desenvolvedores, 2 trabalham com *sustaining* 1 trabalham com *system test* e 2 pessoas trabalham com outro tipo de atividade.
- da área profissional e 3 das áreas acadêmica e profissional.
- 7 já trabalharam com alguma coisa relacionada a gestão, suporte ou prevenção de desastres.
- 5 possuem mestrado, 1 Doutor, 1 Graduado, 3 possuem outro tipo de formação.
- Em média, todos atuam 20 anos nas suas áreas de atuação.

"Uma pessoa sugeriu: "Acessibilidade". Outra sugeriu: "arquitetura de segurança e conceito de acesso público". Os resultados dos requisitos apresentados podem ser vistos nos gráficos que seguem, figuras 57, 58 e 59. Os gráficos foram graduados a partir da média dos valores coletados.

Figura 57 - Resultados do Survey RNF (etapa 2).

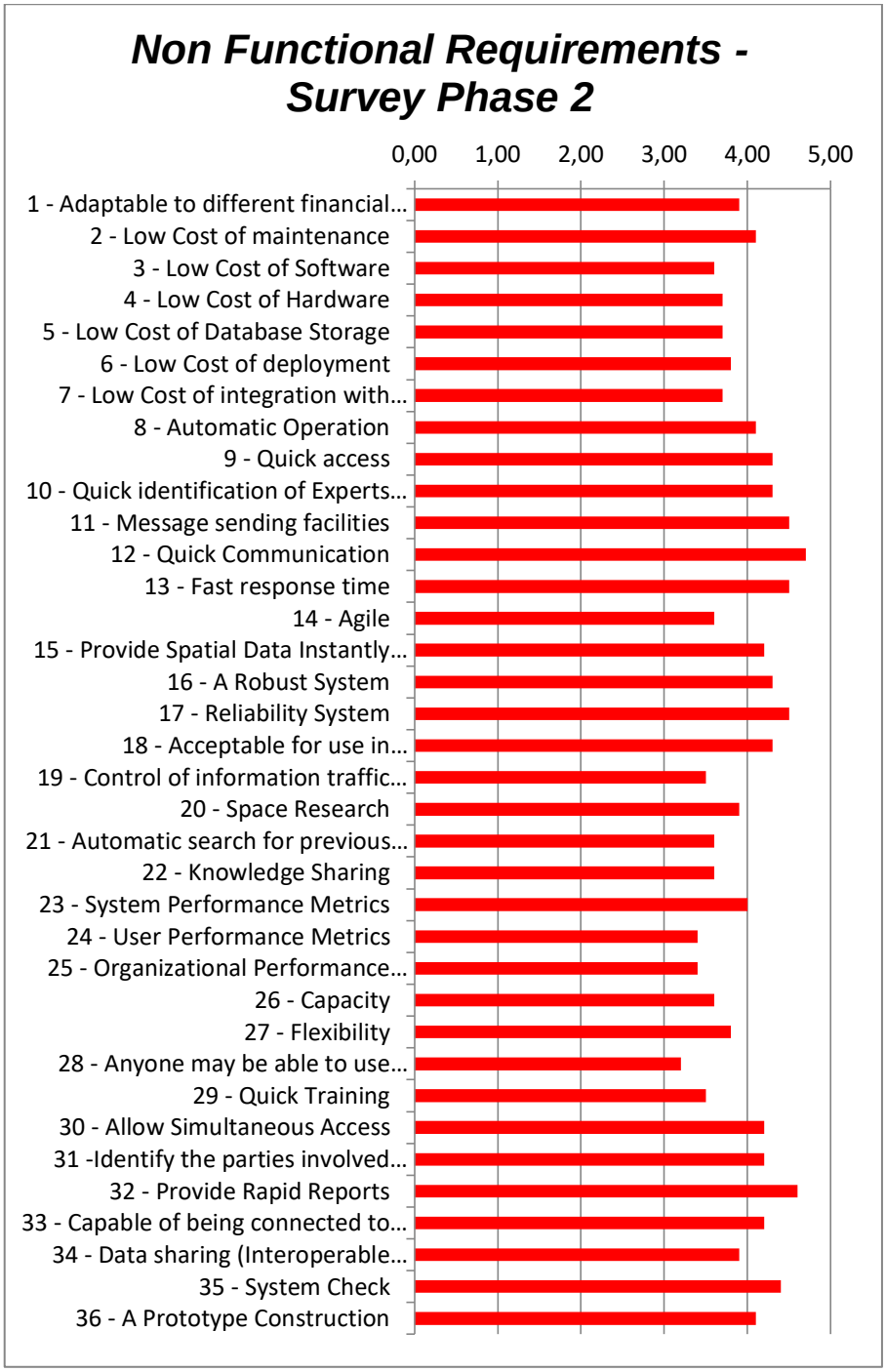


Figura 58 - Resultados do *Survey* RF (etapa 2).

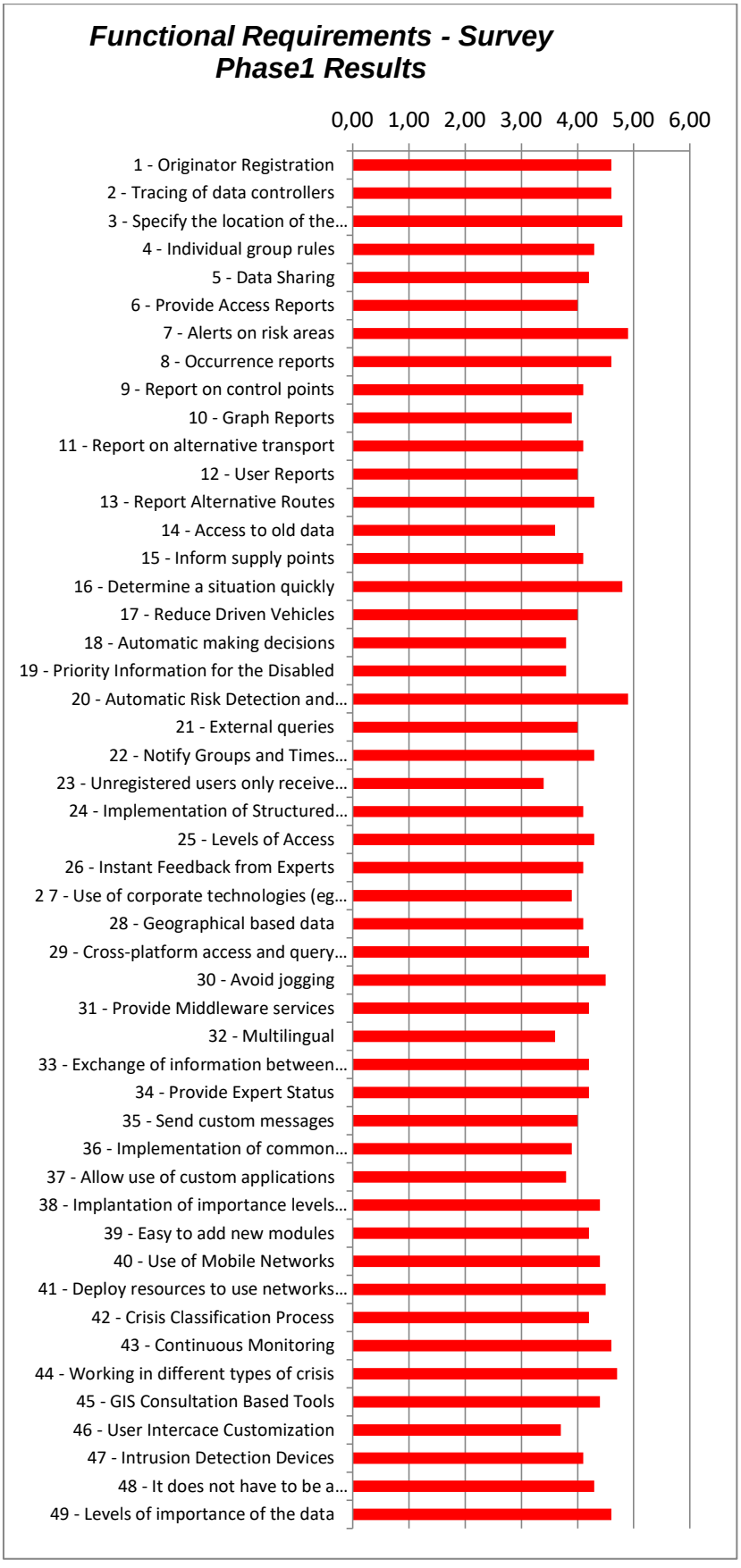
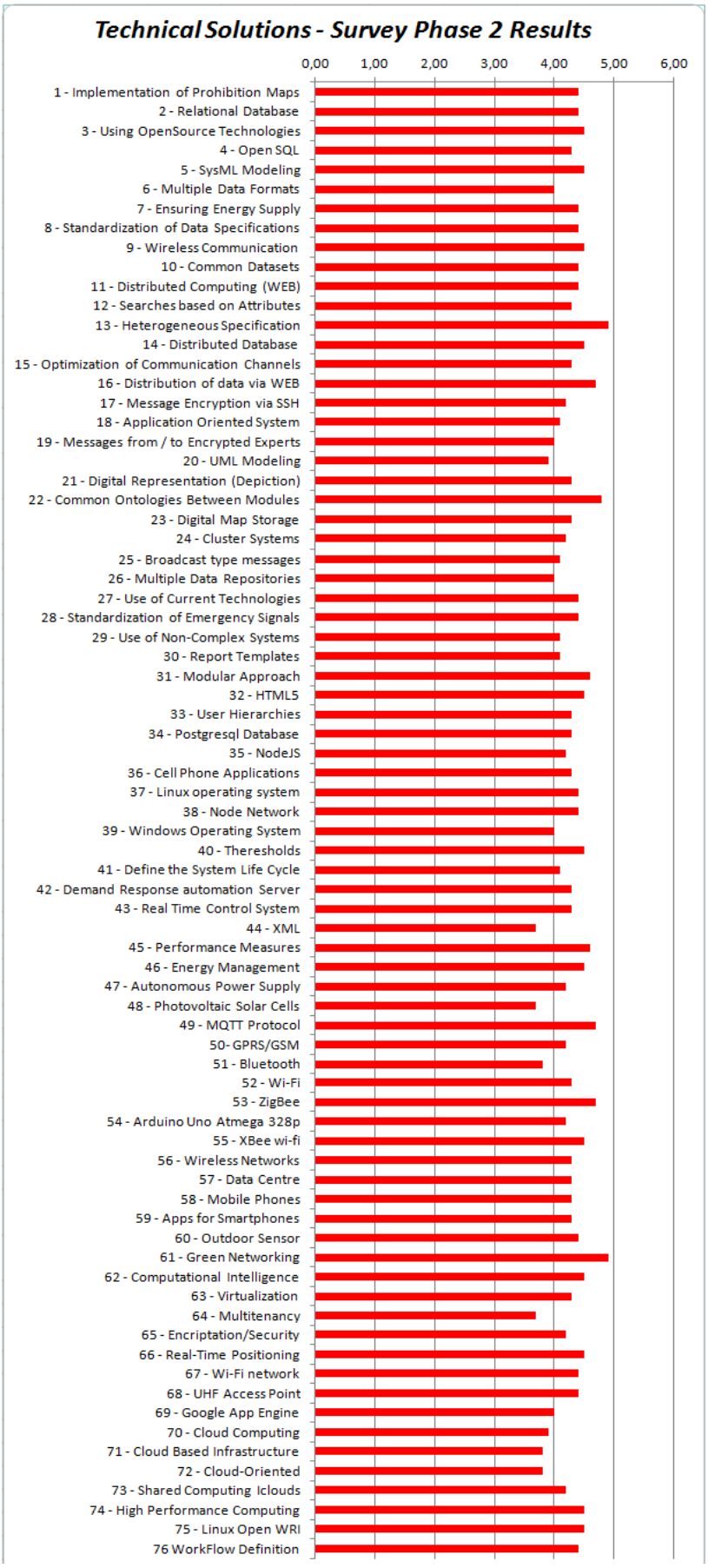


Figura 59 - Resultados do Survey ST (etapa 2).



7.3 Resultados survey – Etapa 3.

Na terceira etapa, o questionário apresentado no apêndice V foi oferecido a 35 colaboradores da empresa Atos (líder em serviços digitais). Das 35 pessoas que receberam o convite 14 responderam o questionário sendo 13 brasileiros e um Inglês:

- 2 estudantes de engenharia elétrica, 1 técnico em eletrônica, 5 engenheiros elétricos, 2 engenheiros de computação, 3 mestres, 1 uma pessoa respondeu outro sem especificar qual.
- 6 Engenheiros eletricistas, 2 técnicos em informática, 1 engenheiro de mecatrônica, 2 engenheiros de computação, 1 formado em ciência da computação, 1 pessoa formada em telecomunicações/sistemas e por último 1 pessoa formada em Sistemas de Informação.
- são desenvolvedores, 3 trabalham com sustaining 3 trabalham com system test e 1 pessoa trabalha em outra atividade.
- 1 é da área acadêmica, 6 da área profissional e 3 das duas áreas.
- 5 já trabalharam com alguma coisa relacionada a gestão, suporte ou prevenção de desastres.
- 2 são estudantes, 7 são graduados, 3 possuem mestrado e uma pessoa respondeu outro
- Em média, todos atuam 10 anos na área em que atuam.

Uma pessoa colocou as seguintes sugestões: “Verifique algumas questões legais, a legislação local em relação aos padrões de acessibilidade, implementação, comunicação e privacidade”. O resultado dos requisitos apresentados podem ser vistos nos gráficos que seguem, figuras 60, 61 e 62. Os gráficos foram graduados a partir da média dos valores coletados.

Figura 60 - Resultados do Survey RNF (etapa 3).

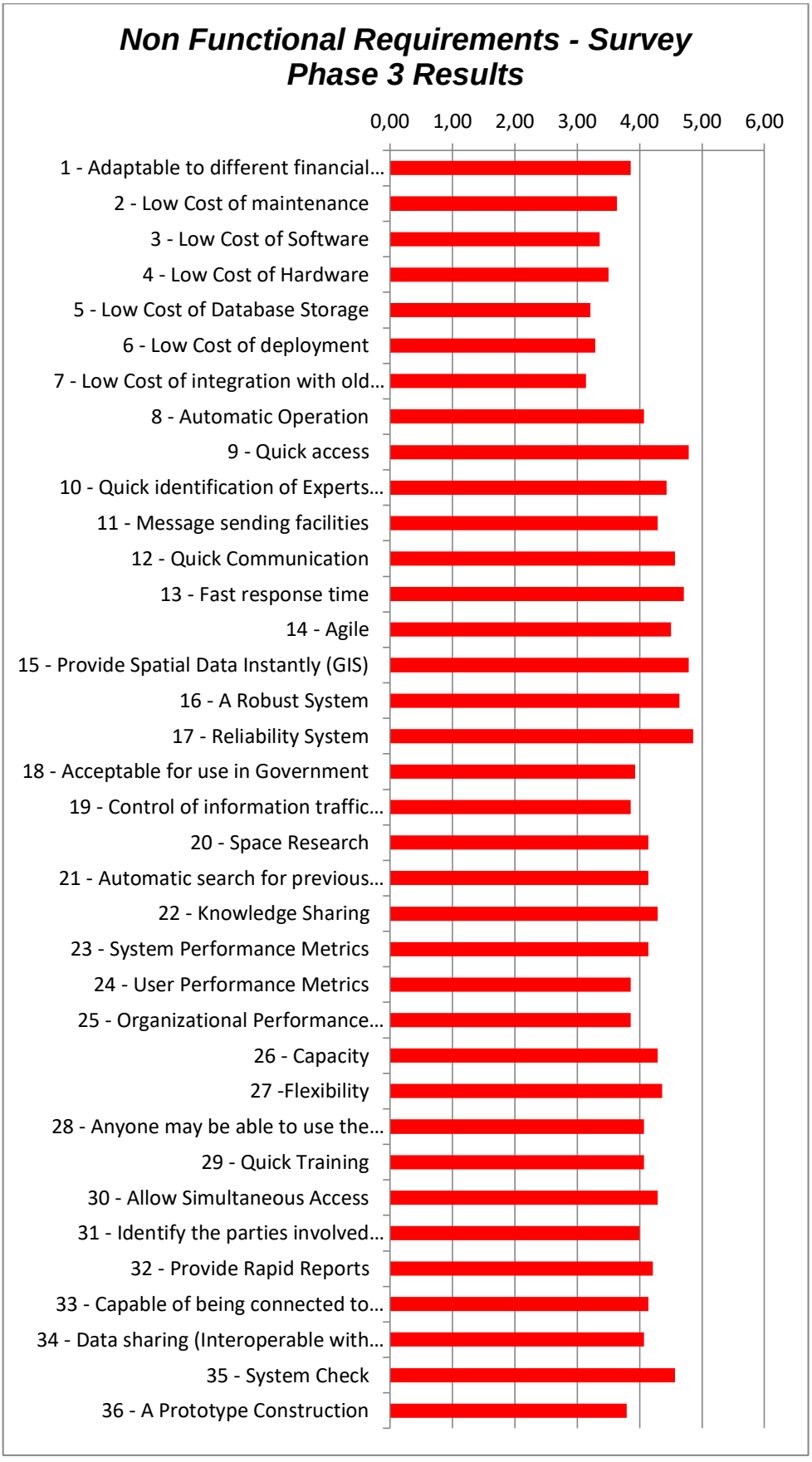


Figura 61 - Resultados do Survey RF (etapa 3).

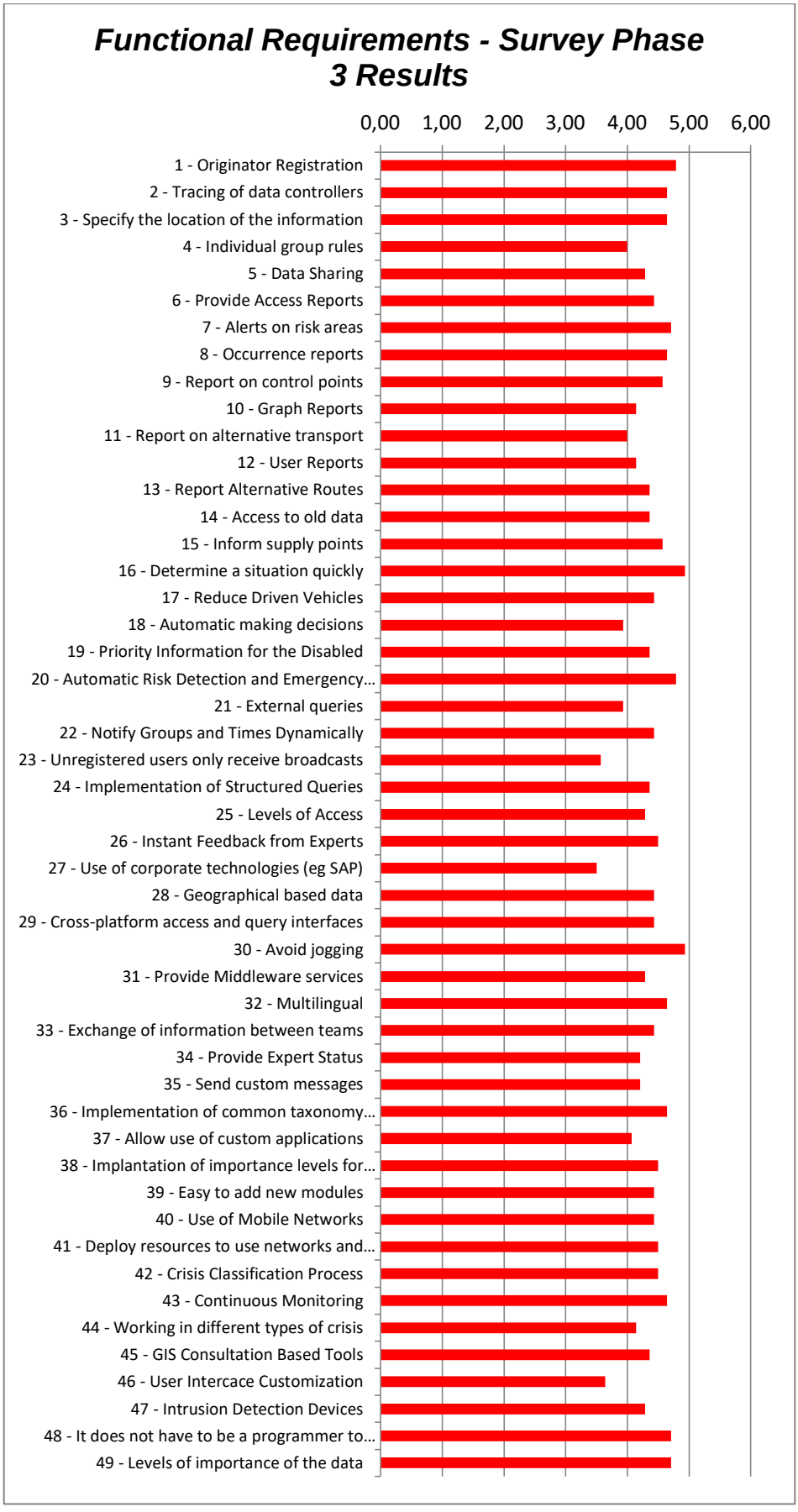
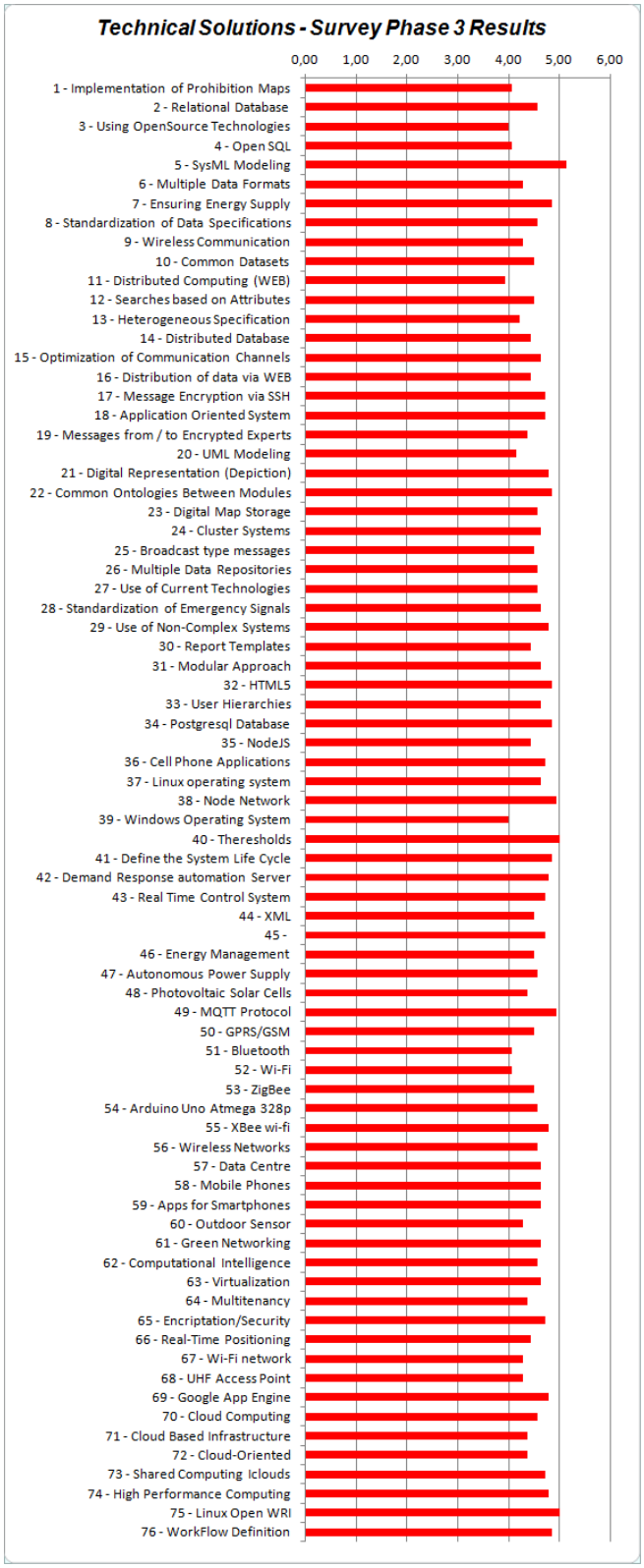


Figura 62 - Resultados do Survey ST (etapa 3).



7.4 Análise dos resultados do *survey*.

Pode-se notar, através da visão comparativa proporcionada pelas figuras 63, 64 e 65, que para os requisitos não funcionais e os requisitos funcionais não houve uma grade divergência entre as respostas dos três grupos entrevistados (Grupo1 – composto por colaboradores da empresa atos selecionados, Grupo2 – composto por experts da empresa Atos espalhados ao redor do Mundo e Grupo3 - formado pelos demais colaboradores da empresa Atos Curitiba). Agora já em relação às soluções técnicas, podemos ver que a aceitação já não foi tão grande por parte do grupo da etapa 2. Talvez pela experiência profissional do grupo pesquisado ou mesmo por serem tecnologias novas. Podemos ver este comportamento em soluções técnicas tais como: Google Engine, SysML, Bluetooth, Postgresql, Node.js, sistemas tipo cluster, etc.

Levando-se em conta os requisitos funcionais para o desenvolvimento do sistema de referência, podemos ver que alguns se destacaram, tais como: modelagem SysML, tecnologias *open source*, garantir suplemento de energia, distribuição de dados via web, encriptação de mensagens, mensagens tipo broadcast, sistemas não complexos, HTML5, Node.js, database Postgresql, ontologias comuns, *templates* de relatórios, implementação em módulos, comunicação wi-fi dentre outros. Desta maneira, se possível, deverão fazer parte da arquitetura de referência.

A aplicação dos questionários serviu para reforçar a importância dos requisitos não funcionais, funcionais e soluções técnicas encontradas ao redor do mundo. Tais requisitos servirão de base para a definição da arquitetura de referência que será apresentado neste trabalho.

No próximo capitulo será apresentada a arquitetura de referência desenvolvida a partir dos requisitos encontrados e modelados.

Figura 63 - comparação entre as respostas das três etapas (RNF).

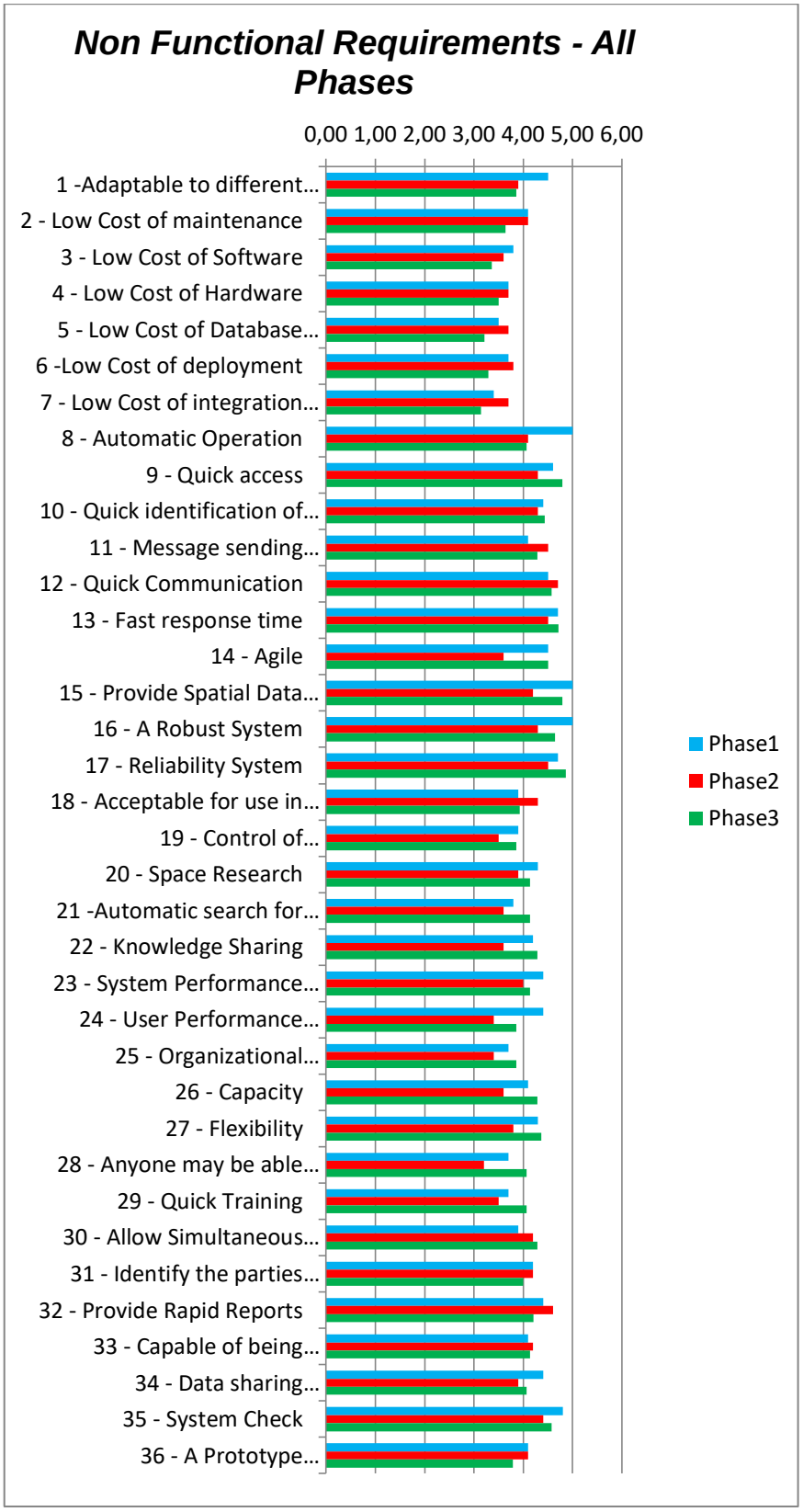


Figura 64 - comparação entre as respostas das três etapas (NF).

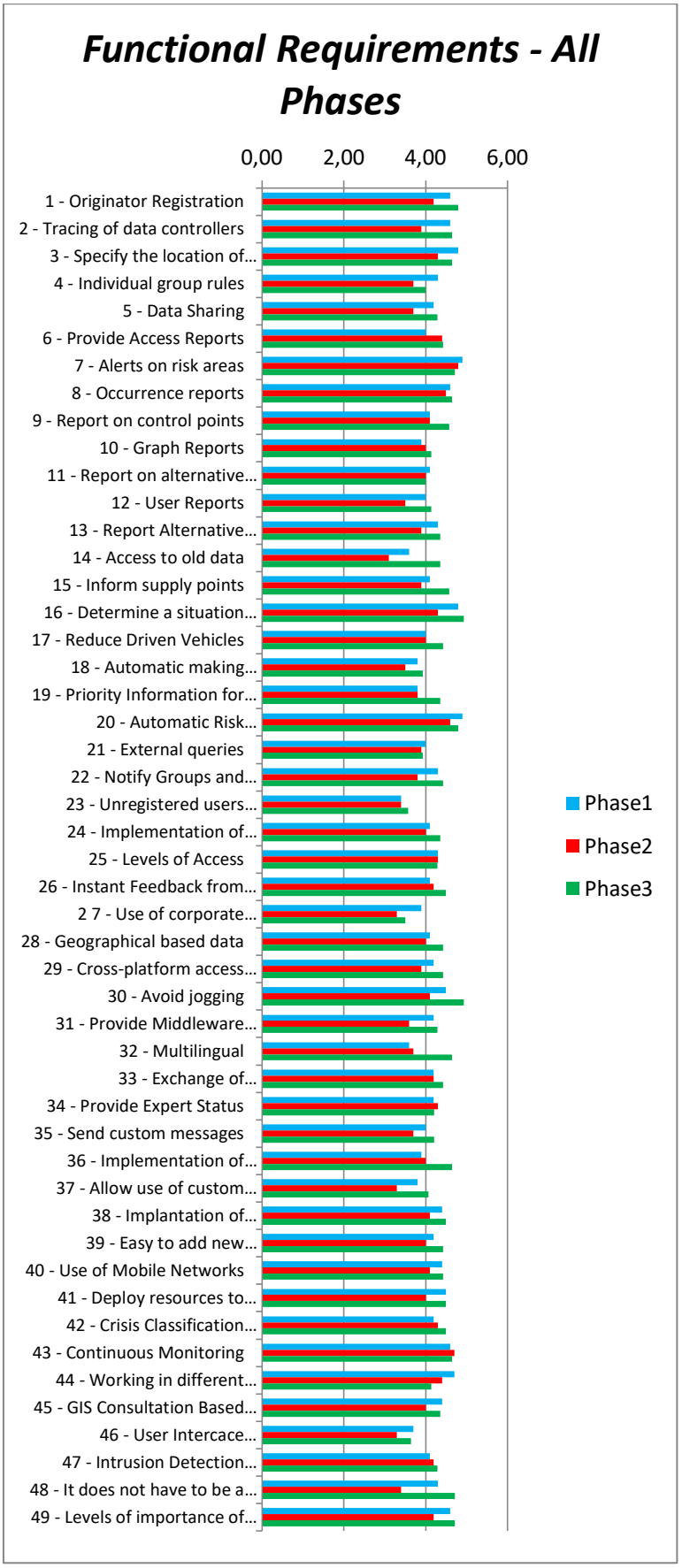
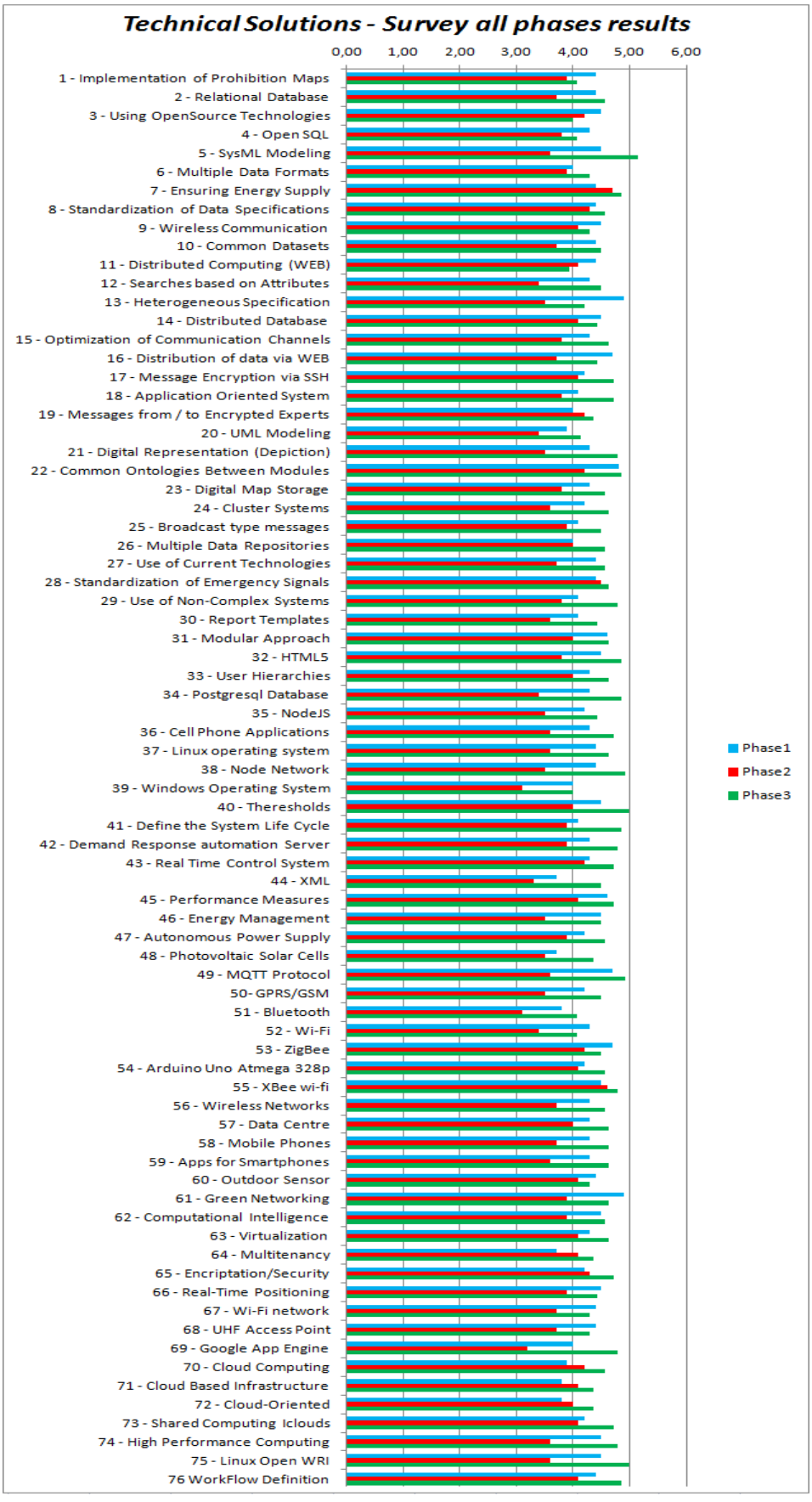


Figura 65 - comparação entre as respostas das três etapas (ST).



8 Arquitetura de Referência e Protótipo

Baseando-se nos trabalhos relacionados encontrados ao redor do mundo, no processo de identificação e modelagem de requisitos apresentados envolvendo reuniões e discussões com o ICI, consulta aos especialistas de diversas áreas, nas respostas ao questionário apresentado a vários especialistas - chegou-se a uma arquitetura de referência apresentada na figura 66.

Aqui se torna importante esclarecer que a arquitetura de referência será na verdade um *template,* isto é, um modelo a ser seguido ou reutilizado contendo uma estrutura predefinida a qual facilitará e ajudará na criação de sistemas a partir de algo construído e já testado anteriormente. A arquitetura de referência que será apresentada a seguir, serve, também, como uma forma de testar o framework para identificação dos requisitos descritos anteriormente. Tal arquitetura de referência, virá a ser testada através do desenvolvimento de um protótipo.

8.1 Arquitetura de Referência

No desenvolvimento de softwares estes *templates* são também chamados de frameworks, porém possuem uma definição um pouco diferente do framework de pesquisa. No desenvolvimento de software um framework é uma estrutura contendo várias funções ou métodos pré-definidos e testes que podem ser reutilizados pelos desenvolvedores para diversos fins. Assim economiza-se tempo de desenvolvimento.

Por exemplo, pode-se ter um f*ramework* responsável apenas por realizar a conexão e as atividades com uma base de dados. Pode-se citar como funções do framework: criar usuário, editar usuário, apagar usuário, consultar usuário pelo nome, consultar usuário pelo CPF, consultar usuário pelo telefone. Sendo assim, este mesmo framework pode ser utilizado tanto para um sistema de aluguel de carros como para um sistema de gestão da informação de desastres. Tais funções podem ser reutilizadas diretamente, pois possuem objetivos específicos e já foram testadas.

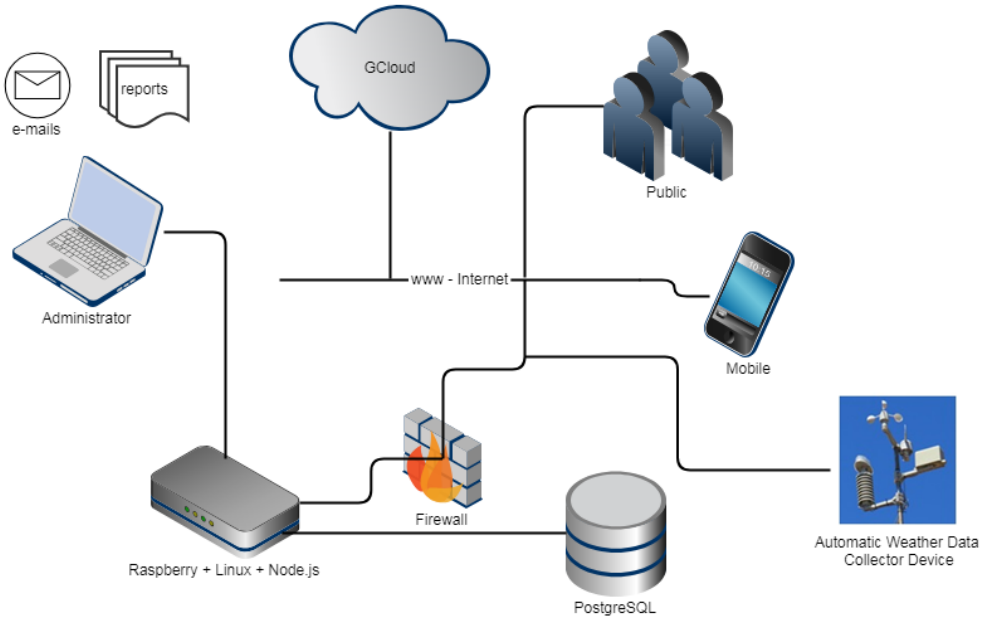
Normalmente, no desenvolvimento de software, um *framework* possui vários parâmetros o que garante a possibilidade de fazer personalizações dependendo das necessidades. Assim, a arquitetura de referência que será apresentada, além de ser o resultado do framework de pesquisa (a saída do caminho procedural representado

através do IDEF0), servirá ou poderá ser utilizado com *template* inicial (um software ou *framework* contendo funções básicas) para o desenvolvimento de outros sistemas.

Podemos citar como sendo funções básicas da arquitetura de referência:

- Comunicação com uma base de dados.
- Login de usuários.
- Envio de mensagens entre módulos.
- Realização de consultas parametrizadas.
- Servidor web.
- Gravação de dados.
- Comunicação com o Google Dialog Flow.
- Apresentação de Gráficos.
- Comunicação com sistemas automáticos de coleta de dados.
- Geração de relatórios.
- Acesso remoto.
- Hierarquia de usuários.
- Comunicação com dispositivos móveis.
- Portal de entrada de dados e mensagens de emergência.
- Funcionamento automático.

Figura 66 - Arquitetura de referência.



Fonte: O Autor (2018).

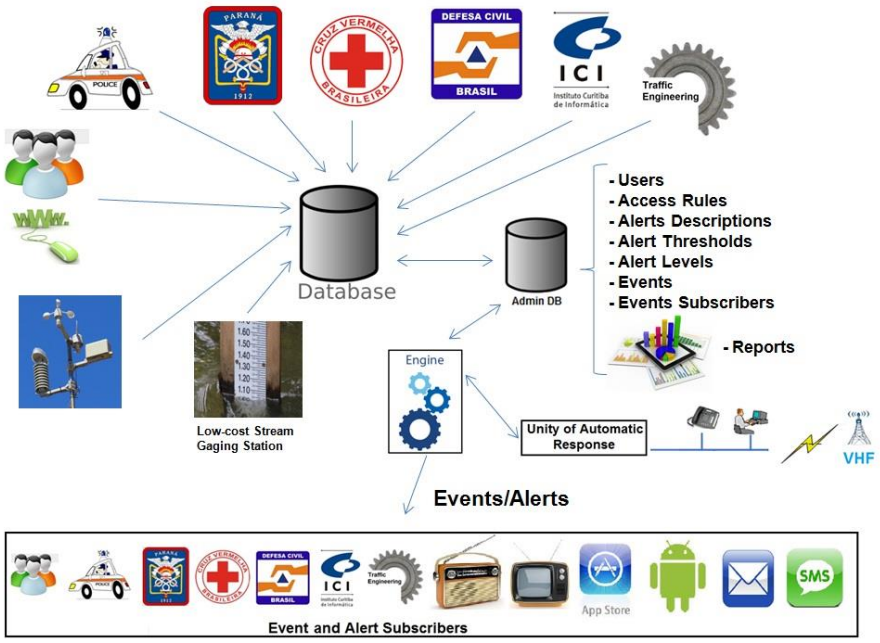
Na figura 67 pode-se ver uma arquitetura mais genérica a qual possibilita a entrada de dados, administração e envio de informações de/para diversos meios diferentes.

Seguindo o resultado da aplicação do framework proposto (IDEF0), podemos ver através da figura 68 os principais requisitos não funcionais, funcionais e as diferentes tecnologias utilizadas para atendê-las. Por exemplo, para ter um baixo custo geral de hardware, facilidade para implantação, velocidade de processamento escolheram-se hardware como Raspberry e Arduino nano.

Atendendo o requisito que fala sobre tecnologias open source, escolheu-se um sistema operacional Linux, com um servidor baseado em eventos chamado Node.Js, linguagem python e Java. Para garantir acesso via web, utilização de HTML5, e outras tecnologias, escolheu-se o módulo Express do Node.js.

Para atender ao requisito de armazenamento em banco em banco de dados, baixo custo de manutenção e armazenamento, acesso a dados antigos ou tudo mais relacionado a banco de dados, consultas e relatórios, escolheu-se o PostgreSQL.

Figura 67 - arquitetura genérica e abrangente.



Fonte: O Autor (2018).

Para a construção do sistema de aquisição de dados meteorológicos utilizou-se de sucata e poucos componentes discretos como foto transistores, resistores, transistores, etc. Conforme pode ser visto no artigo apresentado no apêndice VI o qual descreve um Sistema de aquisição de dados metrológicos de baixo custo e sua utilização em um sistema de laboratório remoto.

Funcionamento contínuo, detecção automática de riscos, monitoramento contínuo e geração de alertas automáticos e todo o funcionamento do sistema ficou por conta do Node.Js o qual prove threads, *timers,* envio e recebimento de mensagens, interface Rest e tudo o que for necessário para garantir a funcionalidade do sistema, interoperabilidade com outros sistemas e arquiteturas.

Figura 68 - alguns requisitos não funcionais, funcionais e as tecnologias envolvidas para atendê-las.

Requisitos não Funcionais
realidades financeiras e custos baixos no geral
Operação Automática
Acesso rápido
Rápida identificação de especialistas e responsáveis
mensagens
Comunicação Rápida
Tempo rápido de resposta
Sistema Robusto
Flexibilidade
Permite acessos simultâneos
Identificar as partes envolvidas rapidamente as
Relatórios Rápidos
Capaz de estar conectado a sistemas legados
Compartilhamento de dados (interoperavel com outras arquiteturas)
Construção de um Protótipo
Requisitos Funcionais
Registro do Originador
Especificar a localização da Informação
Regras de grupo individuais
Compartilhamento de dados
Alertas de Áreas de risco
Relatórios no geral
Acesso a dados antigos
Determinar uma situação rapidamente
Tomada de decisões automáticas
Prioridade de informações
geral
Consultas internas e externas
Envio de mensagens e alertas
Níveis de acesso
Dados geográficos
Prover *middleware*
Multilingual
Troca de informações entre
Prover status diversos
Enviar mensagens
Permitir aplicações
Níveis de eventos
Fácil de incluir novos módulos
Redes e dispositivos móveis
Monitoramento contínuo
Trabalhar em diferentes tipos de crise
Detecção de riscos
Detecção de invasões
Não precisa ser um programador para usar o sistema
Nível de importância dos dados

Fonte: O Autor (2018).

Para entrada de dados através do portal e para garantir baixo custo de treinamento, evitar trotes, diminuir o número de trotes e mensagens falsas, escolheu-se APIs da Google as quais proporcionaram a criação de um Chatbot para entrada de ocorrências, consulta de informações, status de dispositivos, etc.

O relacionamento entre os diferentes requisitos que fazem parte da arquitetura de referência pode ser vistos no diagrama de requisitos SysML completo apresentado no apêndice IV.

Nota-se nesta fase que, conforme previsto, a interoperabilidade entre as diferentes tecnologias envolvidas e módulos do sistema contempla, de certa forma, a superfície S3 apresentada na figura 2. Isto é, a correta escolha das soluções técnicas resultado do *framework* proposto, trouxe indiretamente um grau de interoperabilidade conforme desejado.

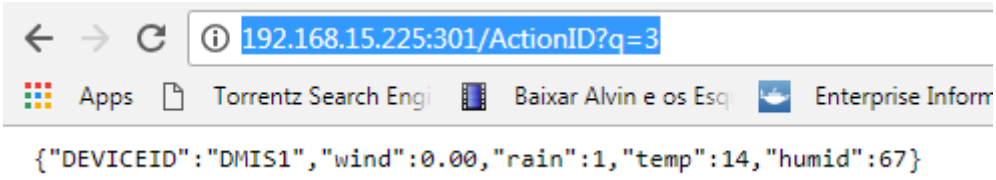
8.2 O Protótipo

Inicialmente, para o desenvolvimento de um protótipo, foi desenvolvido um sistema de aquisição de dados meteorológicos de baixo custo o qual, como já mencionado no capítulo anterior, encontra-se detalhado no artigo apresentado no apêndice VI. A ideia do desenvolvimento deste protótipo de coleta de dados de baixo custo surgiu durante a etapa de pesquisa e levantamento dos requisitos quando se verificou que tais instrumentos eram muitas vezes caros e que existe uma grande necessidade de alertas principalmente em regiões pobres. Além do mais, este protótipo segue a orientação estrutural da arquitetura de referência proposta servindo, também, como fonte de dados de teste para a arquitetura, teste do hardware e validação da base de dados.

O hardware do protótipo de coleta de dados consiste em um arduino conectado ao um módulo wi-fi modelo ESP01 que provê um acesso via rede a um Websever implementado dentro do arduíno via software. A comunicação entre o arduíno e o módulo wi-fi se da através de uma porta serial.

O acesso ao endereço HTTP://192.168.15.255:/ActionID?q=3 permite acessar a interface REST implementada no servidor web dentro do arduíno a qual retorna as leituras do momento tais como: velocidade do vento em m/s, milímetros de chuva, umidade e temperatura conforme pode ser visto na figura 69.

Figura 69 – resposta JSon contendo a leitura do momento.



Fonte: O Autor (2018).

A tabela 5 apresenta os requisitos técnicos encontrados através da aplicação do framework de pesquisa (IFEF0) que são utilizados/representados na arquitetura de referência.

Tabela 5 – Requisitos Técnicos utilizados na arquitetura de referência.

	Utilizado	**Futuramente**

Data e hora dos Eventos	**X**	
Banco de dados Relacional	**X**	
Open SQL data Language	**X**	
Multiplos Formatos de dados	**X**	
Padronização das Especificações de Dados	**X**	
Datasets Comuns	**X**	
Pesquisas baseadas em Atributos	**X**	
Banco de dados Distribuídos	**X**	
Distribuiição de dados via WEB	**X**	
Encriptação de mensagens via SSH	**X**	
Mensagens de/para Especialistas Encriptadas	**X**	
Depiction (Physical Representation in a digital format of the environment)		**X**
Armazenamento de mapas Digitais	**X**	
Mensagens tipo Broadcast	**X**	
Uso de Tecnologis Atuais	**X**	
Uso de Sistemas não Complexos	**X**	
Abordagem Modular	**X**	
Hierarquia de Usuários	**X**	
Node.Js	**X**	
Sistema Operacional Linux	**X**	
Sistema Operacional Windows	**X**	
Definição do Ciclo de Vida do Sistema (*)		**X**
Implement. Mapas de Proibições(System Constraints Map)	**X**	
Tecnologias OpenSources (*)	**X**	
Uso da linguagem SYSML	**X**	
Assegurar o fornecimento de energia		**X**
Comunicação Sem fio	**X**	
Computação Distribuída (WEB)	**X**	
Especificação Hetereogêneas		**X**
Otimização dos Canais de Comunicação	**X**	
Modelagem Através de Casos de Uso	**X**	
Sistema Orientado a Aplicação	**X**	
Modelagem UML		**X**
Ontologias Comuns entre Módulos	**X**	
Sistemas Clusterizados (hardwares duplicados)		**X**
Multiplos Repositórios de Dados	**X**	
Padronização de Sinais de Emergência	**X**	
Templates de Relatórios	**X**	
HTML5	**X**	
Bse de Dados PostGresSQL	**X**	
Aplicações para Celular	**X**	
Node Red	**X**	
Cadastro de Limiares (Theresholds)	**X**	
Respberry py V3	**X**	
Módulo wi-fi ESP32	**X**	
Python	**X**	
Google Speech	**X**	
Chat bot	**X**	
Google Analytics		**X**

Agora para implementar a arquitetura de referência, utilizou-de um Raspberry Pi V3 onde instalou-se um sistema operacional Linux, um Servidor Node.js versa 10.0.0 + Módulo Express (webserver for nodejs) e uma base de dados PostgreSQL.

Neste servidor foi desenvolvido um *engine* responsável por coletar os dados dos dispositivos cadastrados na base de dados postgreSQL. Um segundo timer é responsável por verificar os alertas cadastrados relacionados aos dispositivos de coleta de dados automáticos ou da base de dados de ocorrências para gerar alertas automáticos sempre que um limiar de alerta for ultrapassado seja ele mínimo ou máximo.

Por exemplo, se em um leitor de nível de rio ultrapassar a marca cadastrada de 50cm acima do nível normal, um alerta é disparado para os responsáveis cadastrados no sistema. O mesmo serve para sistemas de leitura do tempo e outros alertas possíveis. Uma página mostra em tempo real as últimas ocorrências cadastradas, os dispositivos de coleta automática (ícones ilustram o tipo de dispositivo automático) e ilustram se existe imagem em tempo real.

Um ícone também mostra a localização do dispositivo, da leitura ou da ocorrência possibilitando facilmente acesso ao mapa para que o administrador/responsável possa localizar rapidamente o local de onde está vindo a leitura/ocorrência. Na mesma página, uma opção de *login* é apresentada onde um administrador, voluntário, especialista, membro de entidade pública, dentre outros atores, poderão ter acesso a relatórios ou outras funcionalidades.

O Node.Js possibilita vários módulos ou tipos de comunicação tornando fácil a integração com sistemas já existentes, novos módulos ou qualquer outra aplicação que venha a precisar coletar informações ou alimentar a base de dados do sistema.

Por se tratar de um sistema web, pode ser acessado de computadores, *tablets, smartphones* ou qualquer sistema que possibilite acesso a páginas de internet. A facilidade em se criar novas interfaces rest ou rotas possibilita a rápida adaptação do sistema ou implementação de aplicativos para adaptar o sistema a qualquer tipo de crise.

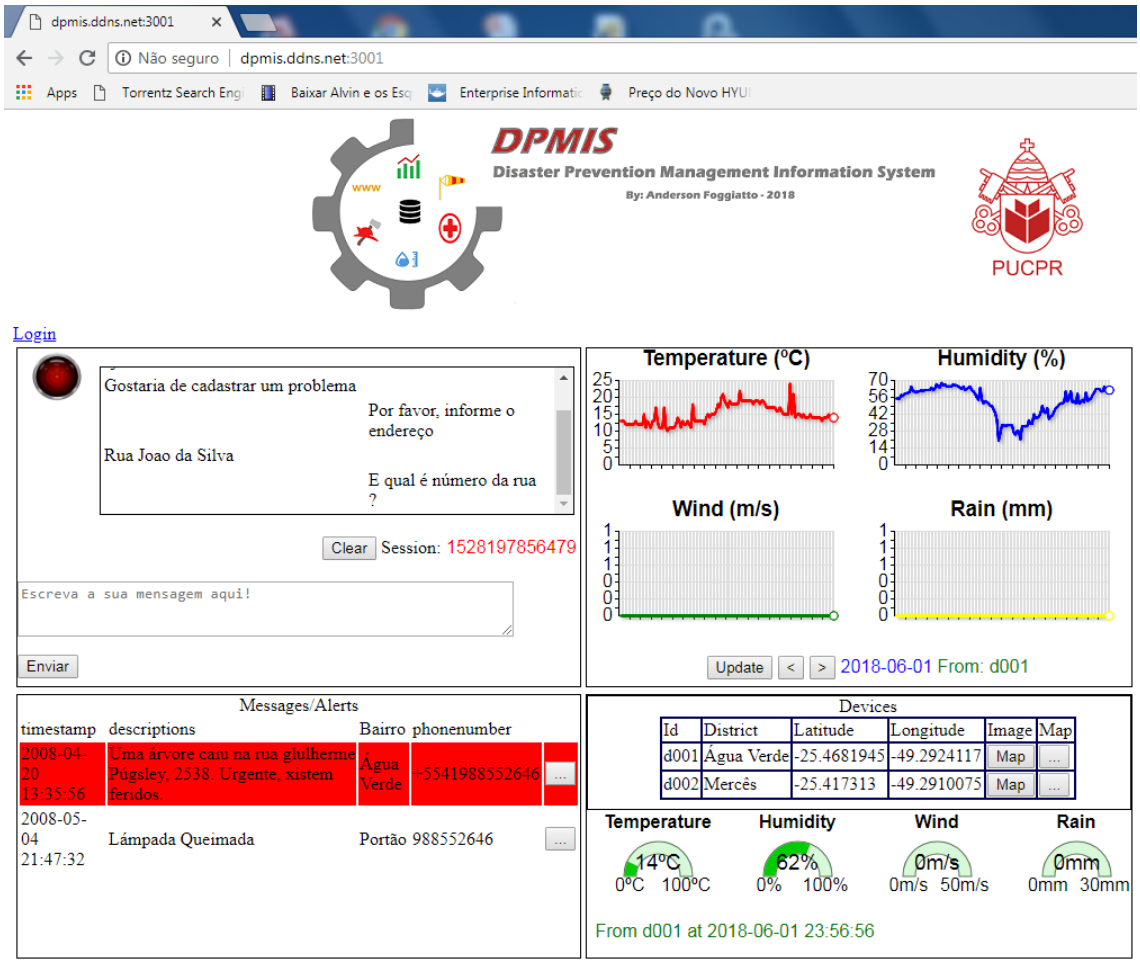
Dispositivos externos ou automáticos podem ser facilmente conectados bastando apenas realizar o seu cadastro e o mesmo deverá obedecer a sintax do tipo Json utilizado pelo *engine* do sistema.

Utilizando-se o Dialogflow da Google desenvolveu-se um ChatBot para entrada ocorrências ou consulta de estados dos dispositivos automáticos de coleta

de dados disponíveis. O mesmo garante que uma entrada de dados concisa, limpa diminuído a possibilidade de ruídos na informação a ser cadastrada.

A tela principal do protótipo pode ser visto na figura 70.

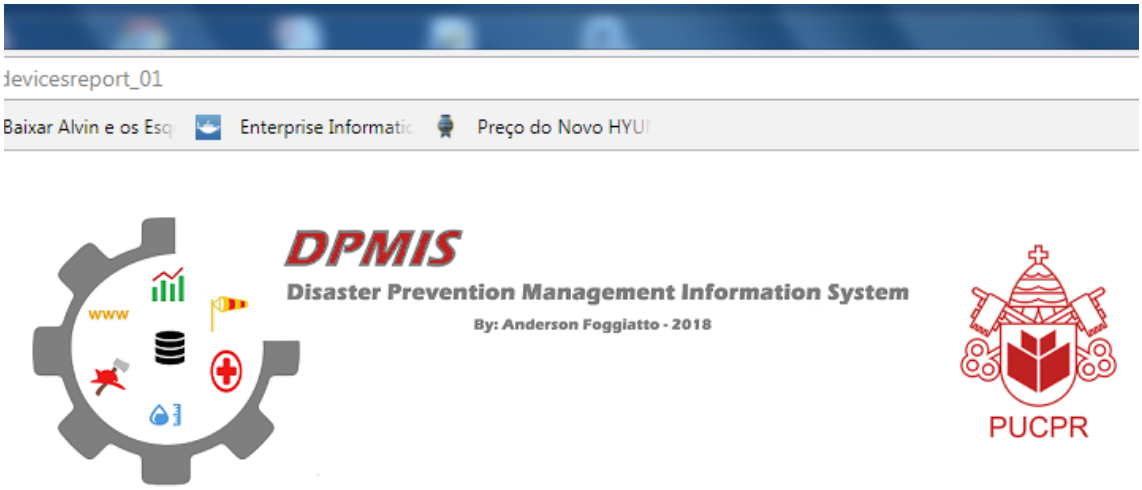
Figura 70 - Tela principal protótipo DPMIS



Fonte: O Autor.

Nesta primeira versão, após o login já é possível gerar relatórios dos dados coletados através do(s) dispositivo(s) automáticos de coleta de dados conforme apresentado na figura 71.

Figura 71 - exemplo de relatório gerado.



Devices Data - By Timestamp Report

Timestamp	DeviceId	Wind	Rain	Temperature	Humidity	Importance
Data: 2018-05-20						
01:50:42	DMIS1	0	0	7	63	1
01:50:48	DMIS1	0	0	7	54	1
02:03:46	DMIS1	0	0	9	55	1
02:13:46	DMIS1	0	0	7	56	1
02:23:46	DMIS1	0	0	8	55	1
02:33:46	DMIS1	0	0	7	54	1
02:43:46	DMIS1	0	0	7	58	1
. . .						
23:11:55	DMIS1	0	0	8	53	1
23:21:55	DMIS1	0	0	8	51	1
23:31:55	DMIS1	0	0	8	52	1
23:41:55	DMIS1	0	0	8	52	1
23:51:55	DMIS1	0	0	8	52	1
			Média:	11 C		
Data: 2018-05-21						
00:01:55	DMIS1	0	0	7	62	1
. . .						

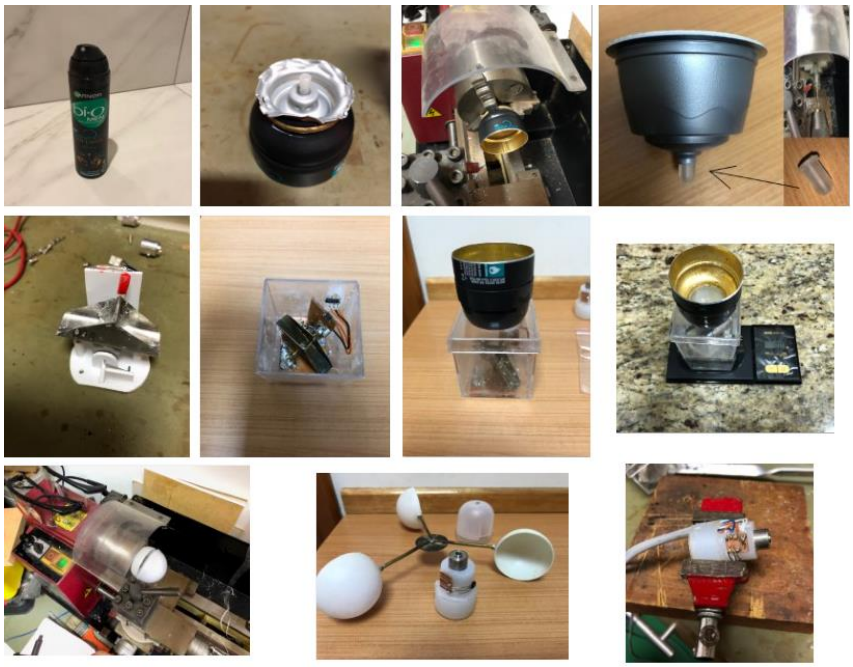
Fonte: O Autor (2018).

Outros módulos do sistema ainda estão em desenvolvimento e provavelmente poderão proporcionar trabalhos futuros podendo servir de base para outros mestrados TCC e assim por diante. Por exemplo, um módulo que foi levantado: ao identificar uma situação de emergência um Drone contendo GPS poderia ser

acionado, levado até um ponto especifico gerar algumas imagens da situação atual voltar para a base automaticamente.

Nas figuras 72 e 73 podemos ver como o anemômetro, escudo de radiação e pluviômetro do dispositivo de leitura dos dados meteorológicos foi construído.

Figura 72 – Etapas de construção do protótipo.



Fonte: O Autor (2018).

Figura 73- Etapas de construção do protótipo.

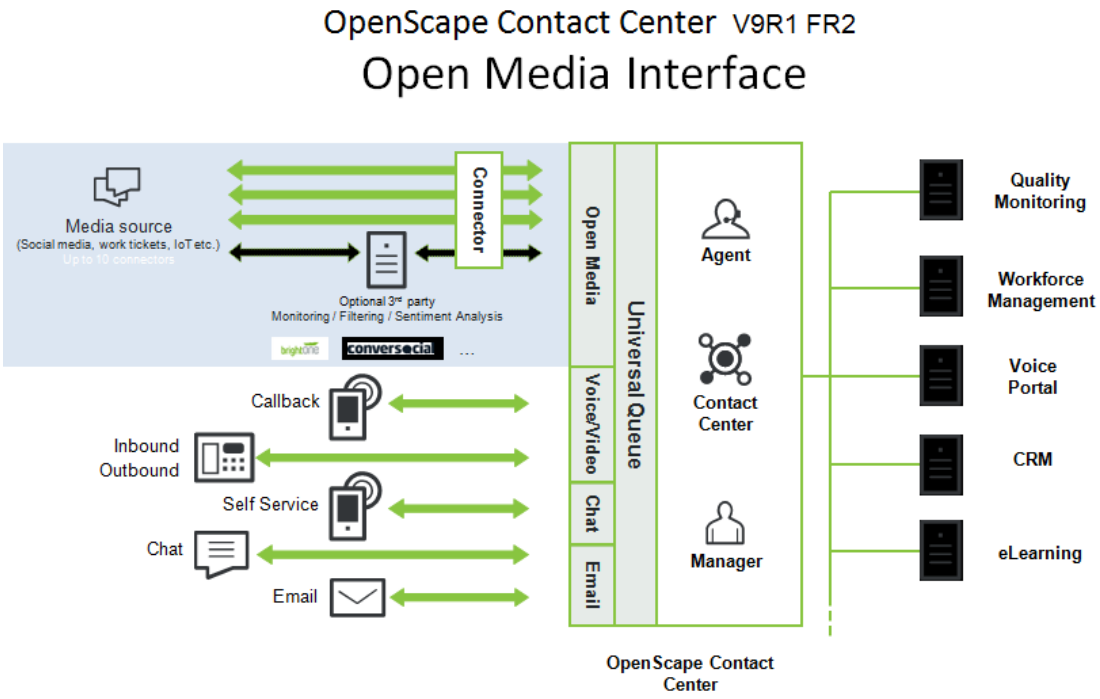
Fonte: O Autor (2018).

8.2.1 Integração com *Contact Center* Unify (Open Scape contact Center V9R1 FR2)

Durante o desenvolvimento do protótipo surgiu a oportunidade da integração do protótipo com o Sistema mundial de gerenciamento chamadas para Contact Centers da empresa Unify chamado OpenScape Contact Center versão V9R1 FR2.

Esta versão do sistema de Contact Center possui uma nova interface para geração de chamadas para os atendentes chamada OpenMedia. Através do OpenMedia pode-se realizar atendimentos através das medias sociais facebook, twiter e através de outros sistemas como o DPMIS desenvolvido como protótipo para esta dissertação. O OpenMedia nada mais é do que uma interface REST. Os principais módulos podem ser vistos na figura 74.

Figura 74 - Interface Open Media do OpenScape Contact Center V9R1 FR2.



Fonte: OpenScape Contact Center V9R1 FR2 OpenMedia Guide.

Para a integração, foi desenvolvida uma aplicação em C# que podemos chamar de *engine* responsável pela coleta dos dados do dispositivo de coleta de dados meteorológicos e comunicação com o Contact Center através da interface open media. O *engine* também possui o cadastro dos limiares mínimos e máximos para temperatura, vento, umidade e chuva.

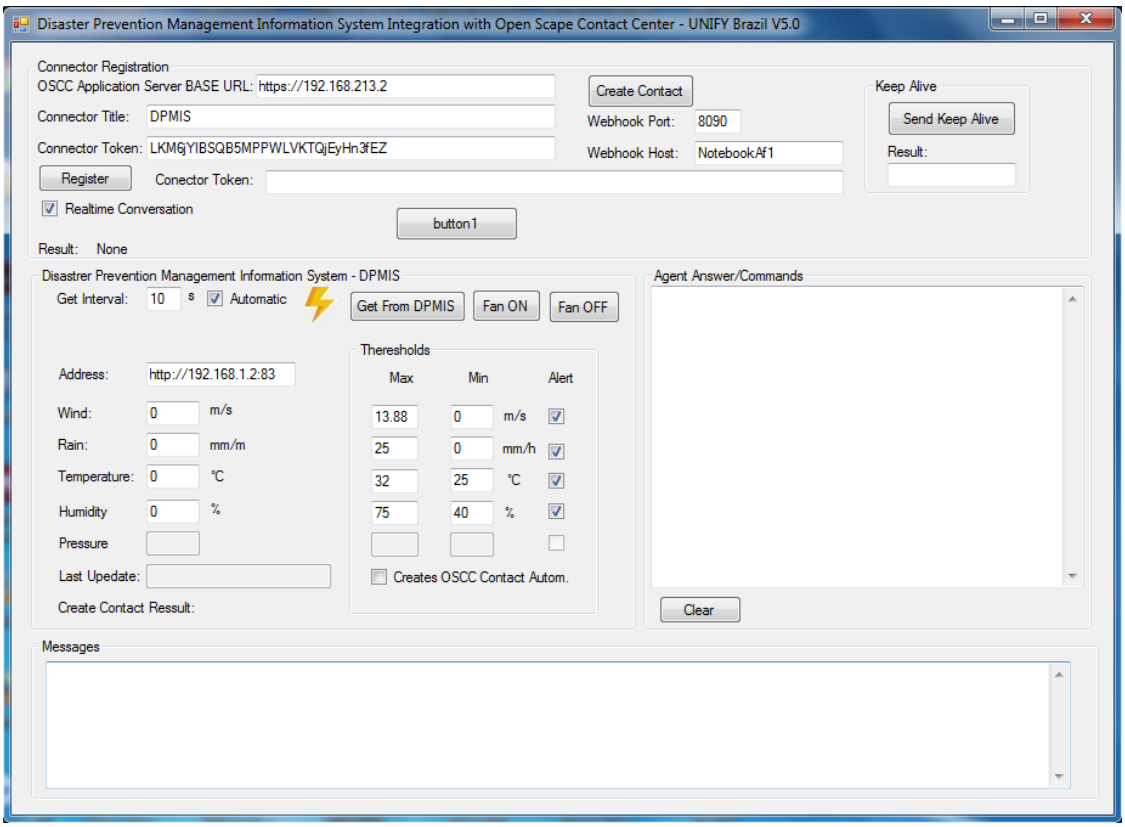
Na figura 75, pode-se ver a interface do usuário onde o intervalo de leitura pode ser cadastrado (no caso 10s), os endereços para comunicação através da interface OpenMedia e o endereço do dispositivo de coleta de dados meteorológicos.

Na figura 76 pode-se ver um exemplo de uma chamada de alerta de umidade sendo enviado para um atendente. Neste caso o valor de 33% está abaixo do valor mínimo (40%) cadastrado na interface do *engine*.

Junto com a chamada, foram enviados todas as leituras e valores disponíveis bem como uma imagem em tempo real do local onde a coleta dos dados foi realizada.

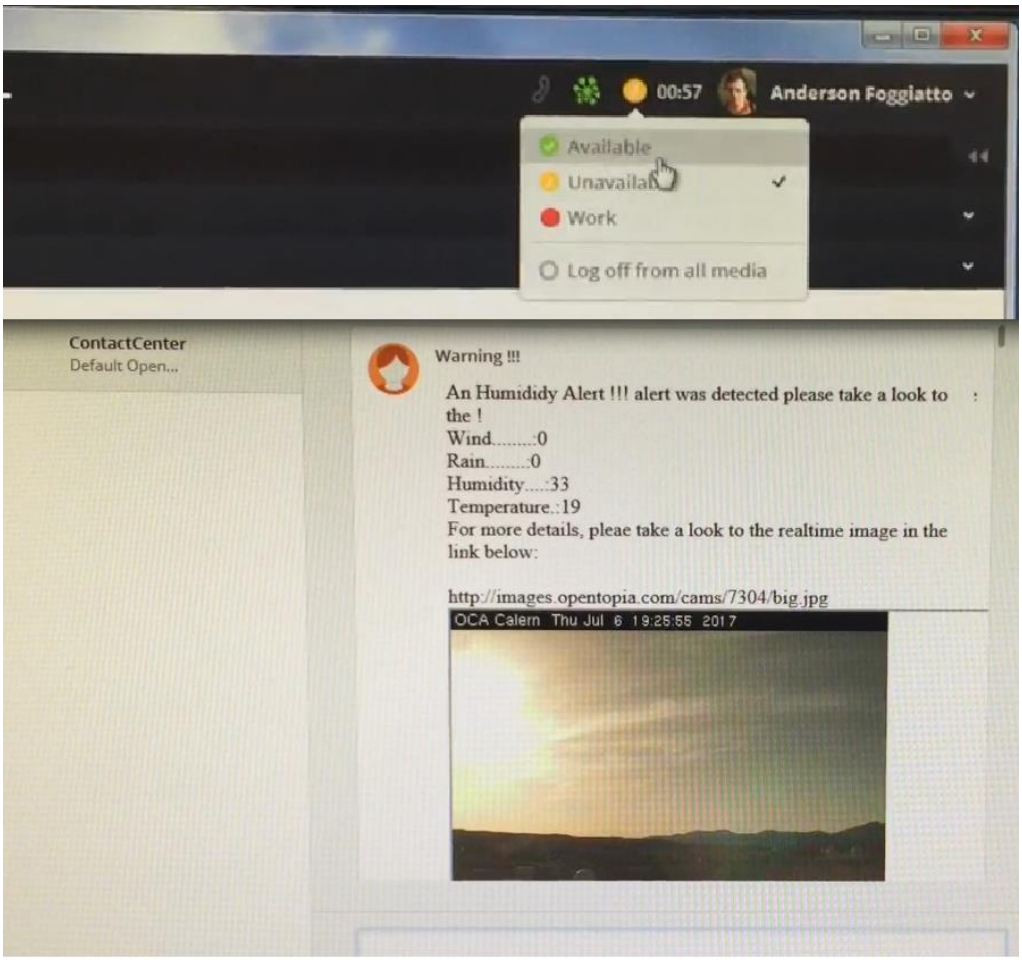
Por esta integração o autor ganhou um prêmio e possibilitou a criação de uma nova *feature* para o sistema.

Figura 75 - Engine para comunicação com o Contact Center e sistema de coleta de dados meteorológicos.



Fonte: O Autor (2018).

Figura 76 - chamada realizada e envio de alerta para um atendente.



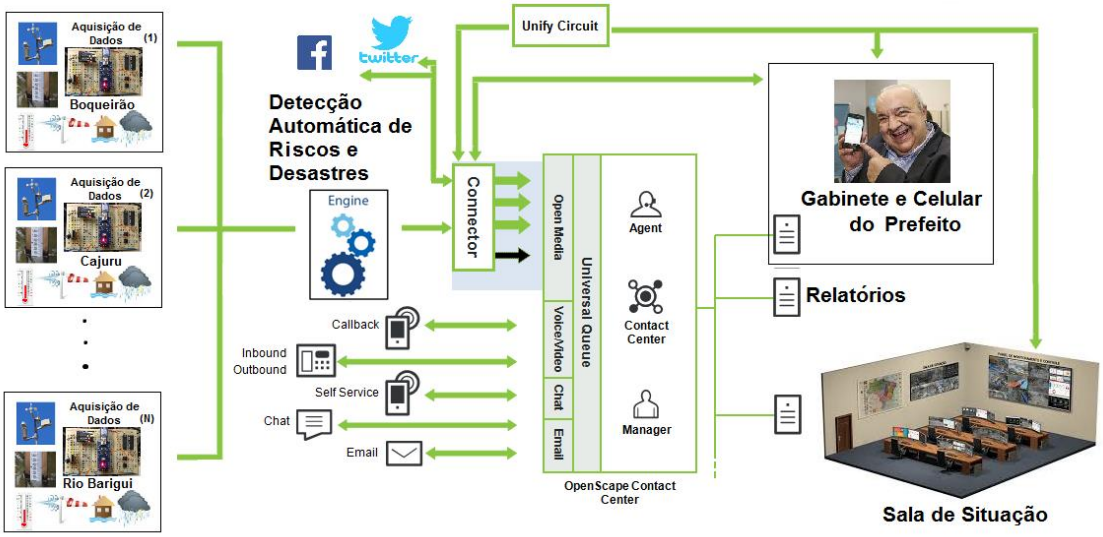
Fonte: O Autor (2018):

8.2.2 Apresentação projeto ICI (Instituto das Cidades Inteligentes de Curitiba)

Após o sucesso da integração descrita na seção 8.2.1, e devido a empresa possuir uma parceria com o ICI foi realizada uma apresentação de uma proposta de utilização do sistema para a cidade de Curitiba visando gerar alarmes de um dos maiores problemas da cidade, as inundações. Por exemplo, o prefeito gostaria de receber um alarme em seu celular informando que algum ponto da cidade está ocorrendo um alagamento. Desta maneira, foi apresentada a proposta da figura 77 onde podemos ver vários dispositivos de coleta de dados espalhados na cidade conectados a um *engine* responsável por gerar chamadas de alarmes para o

Contact Center (número 156) ou enviar alarmes para dispositivos móveis (como o do prefeito por exemplo) e para uma sala de situação.

Figura 77 - arquitetura proposta para a cidade de Curitiba.



Fonte: O Autor (2018).

Até o momento desta dissertação a última noticia é de que as negociações ainda estão em curso.

9 Conclusão e Perspectivas Futuras

Partindo-se da necessidade levantada pelo ICI (Intituto da Ciades Inteligentes de Curitiba) a qual era o desenvolvimento de um sistema voltado a gestão da informação de desastres adaptado as necessidades das cidades e municípios brasileiros, partiu-se, então, para a definição de um framework capaz de apontar os principais requisitos Não Funcionais (baixo custo, agilidade, velocidade na resposta), Funcionais (emissão de relatórios, regras de acesso...) e melhores Soluções Técnicas existentes atualmente (node.js, rasspberry PI...) para atende-los.

Foi através de uma revisão da literatura, consulta a trabalhos relacionados encontrados ao redor do mundo e consulta a especialistas técnicos através de um *survey* que se obteve um grande número de requisitos.

Porém o grande número de requisitos precisava ser manipulado de uma maneira quantitativa. Foi quando se utilizou o QFD para transformar todos os dados qualitativos em dados quantitativos. Com os dados quantitativos pode-se então selecionar os requisitos mais apropriados. Para representar o relacionamento entre os requisitos o grau de relacionamento entre eles, desenvolveu-se e uma nova maneira de representar estes dados a qual foi chamada pelo autor de Telhado QFD estendido a SysML. Deste momento em diante, os principais requisitos e seus relacionamentos passaram ser rapidamente observados tornando rápida a sua visualização e a construção de um diagrama SysML.

Através do desenvolvimento de um dispositivo de coleta de dados meteorológicos de baixo custo (construído com a partir de poucos componentes e materiais reciclados), bem como através do desenvolvimento do protótipo de software baseado nos requisitos funcionais e Soluções técnicas que mais se destacaram durante o processo, pode-se constatar a eficácia do framework e com a integração feita deste protótipo com um *Contact Center* comercial disponível no mercado desenvolvido pela empresa Atos, comprovou-se que o requisito de interoperabilidade transversal foi alcançado de maneira indireta.

Como problemas encontrados teve-se o grande numero de requisitos a serem manipulados, separados e modelados e a dificuldade de exemplos de configuração de hardwares wi-fi bem como conciliar o tempo com a família durante os desenvolvimentos.

Assim, pode-se comprovar que o framework baseado na adaptação do QFD e seu telhado adaptado a modelagem SysML cumpriram com o seu papel.

O autor espera que tudo o que foi encontrado, avaliado, modelado e apresentado possa vir a ser de grande utilidade para a população em geral no Brasil e quem sabe ao redor do mundo.

9.1 Produções Realizadas e em Andamento

Durante o período de mestrado, ocorreram participações em congressos, desenvolvimento de artigos e apresentações diversas, tais como:

9.2 Congressos:

- Participação no congresso internacional realizado nas dependências da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR): Routes Towards Sustentainability – Monday 28 September to Friday 2 October 2015 - com o título: *Mobility Solutions For Disaster Management.*

- Participação no congresso realizado nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR): TE2016 International Conference on Transdisciplinary Engeneering – Tuesday, October 4, 2016, session 2.4 (R4) com o título: A Framework for Interoperabolity Assessment in Crisis Management (#66).

- Apresentação no ISERC Research Sessions – May 21-24 2016 Disneyland Ressort Hotel com o título: Proposal of a Framework for a Disaster Management System.

- Participação no congresso realizado nas dependências da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR): II Encontro de Pesquisa e Pós-Graduação em Engenharia de Produção – EPPGEP – fevereiro de 2017 com o título: FRAMEWORK PARA MODELAGEM DE

REQUISITOS DE SISTEMAS VOLTADOS À GESTÃO DE DESASTRES.

9.3 Artigos Submetidos e não aceitos:

- Artigo JIEEE (International Journal of Electrical Engineering Education): Building a Remote Laboratory With Open Source Software to Test a Very low Cost Disaster Weather Data Acquisition Device Anderson Foggiatto, Eduardo de Freitas Rocha Loures, Fernando Deschamps, Daniel da Silva Avanzi.

- Artigo: Journal Expert Systems with Applications: A Disaster Response Management System Framework based on interoperability requirements assessment approach - Daniel da Silva Avanzi, Vanessa Aline dos Santos a, Anderson Foggiatto a, Eduardo de Freitas Rocha Loures a and Fernando Deschamps. O presente artigo não obteve aprovação por parte do editor recomendando outros Journal com maior aderência ao escopo proposto. A revisão do artigo e submissão estão em andamento.

9.4 Artigos Submetidos e Aceitos:

- Artigo: Proposal of a Framework for a Disaster Management System - ISERC 2016 International Symposium on Computers in Education, SIIE 2016: Learning Analytics Technologies 2016 15

- Artigo: A framework for interoperability assessment in crisis management, D da Silva Avanzi, A Foggiatto, VA dos Santos… - Journal of Industrial Information Integration, submetido em 2016 e aceito 2017.

- Artigo: Proposal of a Framework for a Disaster Management System - Anderson Foggiatto1, Daniel Avanzi2, Eduardo de Freitas Rocha Loures3, Fernando Deschamps4. 2016 International Symposium on Computers in Education, SIIE 2016: Learning Analytics Technologies.

9.5 Artigos Submetidos e em processamento:

- Artigo: Building and Evaluating a low Cost Disaster Weather Data Acquisition Device with Remote Labs. O manuscrito foi submetido 08/2018 para “Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice – JPEPE3” e encontra-se em processo de análise.

9.6 Artigos a serem Submetidos:

- Está prevista a submissão do artigo intitulado: “A Disaster Response Management System Framework based on interoperability requirements assessment approach” ao jornal Internacional: Entepreise Information Systems - EIS.

- Está prevista a submissão do artigo intitulado: “Framework for modeling of Disaster Prevention and Management Information System” ao jornal Internacional: Entepreise Information Systems - EIS.

9.7 Registro de Patente:

- Está previsto o registro de patente do dispositivo de Coleta de Dados metrológicos de baixo custo o qual será encaminhado ao INPI (INPI Instituto Nacional da Propriedade Industrial).

9.8 Sugestões para trabalhos futuros

Sistemas de prevenção e gestão da informação de desastres, por serem construídos com vários tipos de tecnologia podem e devem sofrer atualizações constantes visto que a cada dia aparecem novas tecnologias de hardware ou de software. Normalmente, a utilização de novas tecnologias atuais traz diretamente mais robustez, velocidade, confiabilidade, economia de energia, menos poluição e mais agilidade na prevenção e gerenciamento da informação de desastres.

Olhando no que existe tem-se como sugestão de trabalhos futuros:

1) Integração com drones para coleta de informações em tempo real.
2) Integração com robôs.
3) Incluir informações de satélite.
4) Apresentação de mapas em tempo real da situação dos pontos de coleta de informações meteorológicas.
5) Utilização de robôs de pesquisa como IBM DR Watson, Google Analytics, etc.
6) Inteligência artificial para detectar situações de risco.
7) Detecção automática de estado emocional dos agentes envolvidos em u**m**a situação de crise ou emergência.

Como mencionado, a cada dia surgem novas tecnologias e com elas surgem novas possibilidades que podem prevenir situações de risco e salvar vidas.

10 BIBLIOGRAFIA

[1] Ager, C., & Unterkofler, K. (2016). Physiological parameters monitoring of fire-fighters by means of a wearable wireless sensor system Physiological parameters monitoring of fire-fighters by means of a wearable wireless sensor system. https://doi.org/10.1088/1757-899X/108/1/012011

[2] Annoni, A., Bernard, L., Douglas, J., Greenwood, J., Laiz, I., Lloyd, M., … Usländer, T. (2012). Orchestra : Developing a Unified Open Architecture for Risk Management Applications 1 The Current Situation in Risk Management, 1–17.

[3] Annoni, A., Bernard, L., Douglas, J., Greenwood, J., Laiz, I., Lloyd, M., … Usländer, T. (2005). Geo-information for Disaster Management. (P. van Oosterom, S. Zlatanova, & E. M. Fendel, Eds.), Geo-information for Disaster Management. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/b139115

[4] AVANZI, DANIEL DA SILVA ; FOGGIATTO, ANDERSON ; ALINE DOS SANTOS, VANESSA ; DESCHAMPS, Fernando ; FREITAS ROCHA LOURES, EDUARDO DE . A framework for interoperability assessment in crisis management. Journal of Industrial Information Integration , v. 1, p. 1, 2017.

[5] Barata, P. N. A., Filho, M. R., & Nunes, M. V. A. (2015). Virtual reality applied to the study of the integration of transformers in substations of power systems. International Journal of Electrical Engineering Education, 52(3), 203–218. https://doi.org/10.1177/0020720915583865

[6] Barometric, T. H. E., As, F., For, R., & Chemistry, T. (2009). Educação, 32(7), 1965–1970.

[7] Barthe-Delanoë, A., Bénaben, F. Carbonnel, S. Pingaud, H. (2012). Event-Driven Agility of Crisis Management Collaborative Processes, Proceedings of the 9th International ISCRAM Conference – Vancouver, Canada, April 2012.

[8] Bénaben, F.; Touzi, J.; Rajsiri, V.; Truptil, S.; Lorré, J.P. & Pingaud, H. (2008). Mediation Information System Design in a Collaborative SOA Context through a MDD Approach. Proceedings of MDISIS 2008, 89-103.

[9] Bayrak, T. (2007). Performance metrics for disaster monitoring systems. In Intelligent Human Computer Systems for Crisis Response and Management, ISCRAM 2007 Academic Proceedings Papers (pp. 125–132). Information Systems for Crisis Response and Management, ISCRAM. Retrieved from http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84900193359&partnerID=tZOtx3y1

[10] Biudes, M. S., & Paulo, U. D. S. (n.d.). PADRÕES DA TEMPERATURA DO AR E DA UMIDADE RELATIVA : ESTUDO DE CASO NO CAMPUS DE CUIABÁ DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO Air temperature and relative humidity standards : case study in the Cuiabá Campus of the Mato Grosso Federal University Elis Dener Lima Alves, (2009), 5–16. https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v30i3.13114

[11] Bjelica, M., & Simić-Pejović, M. (2018). Experiences with remote laboratory. International Journal of Electrical Engineering Education, 55(1), 79–87. https://doi.org/10.1177/0020720917750960

[12] Boix, O., Gomis, O., Montesinos, D., Galceran, S., & Sudria, A. (2008). Comparative experiences in remote automation laboratories with real plants. International Journal of Electrical Engineering Education, 45(4), 310–320. https://doi.org/10.7227/IJEEE.45.4.4

[13] Boissel-dallier, N., Benaben, F., Lorré, J., & Pingaud, H. (2015). The Journal of Systems and Software Mediation information system engineering based on hybrid service composition mechanism R, 108, 39–59. https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.05.064

[14] Braga, S. M., Braga, A. S., & Scapulatempo, C. V. (n.d.). AVALIAÇÃO DA PERFORMANCE DE PLUVIÔMETROS DE BÁSCULA : sub-medição durante eventos extremos e novos esquemas de medição, (41), 1–17.

[15] e-PING, Brazilian Government, Executive Committee of the Electronic Government, Electronic Government Interoperability Standards – Version of December 11, 2009. Retrieved from http://eping.governoeletronico.gov.br/.

[16] Brzoza-woch, R., Konieczny, M., Kwolek, B., & Nawrocki, P. (2015). Holistic approach to urgent computing for flood decision support. Procedia - Procedia Computer Science, 51, 2387–2396. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.05.414

[17] Caballero, D. (2005). Orchestra- Developing a Unified Open Architecture for Risk Mana.pdf, (March).

[18] Calvo, I., Barambones, O., & Lopez-Guede, J. M. (2011). A simple but powerful remote laboratory for teleoperating induction motors. International Journal of Electrical Engineering Education, 48(2), 161–177.

[19] Captación de lluvia con pluviógrafos de cubeta y su postprocesamiento - Prof. Dr. Alcides at all - http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382013000200007 - acessado em 30/05/2018

[20] Cardoso, C. O., Augusto, C., Sampaio, D. P., Bianco, A. O., & Piazzoli, D. (2009). Construção e calibração de anemômetros de baixo custo, 122–128.

[21] Cavalcanti, J., Figueredo, L. F. C., Ishihara, J. Y., Bernardes, M. C., Santana, P. H. R. Q. A., Vargas, A. N., & Borges, G. A. (2018). A real-time web-based networked control system education platform. International Journal of Electrical Engineering Education. https://doi.org/10.1177/0020720917750952

[22] Cestari, J. M., Loures, E. R., Santos, E. A. P. (2013). Interoperability Assessment Approaches for Enterprise and Public Administration. OTM Industry

Case Studies. 1ed., SPRINGER Lecture Notes in Computer Science, v. 8186, p. 1-759.

[23] Civil, D. (2010). SISTEMA PARA AQUISIÇÃO DE DADOS.

[24] Clarke M, H. R. B. (2001). Lancet-Cochrane collaborate on systematic reviews. Lancet, 2001 Jun 2, 357:1728.

[25] CLAUSING, D.: Total quality development: a step-by-step guide to world-class concurrent engineering, New York, ASME, 1993.

[26] Cristina Dietrishs Prado, K., & Estevão dos Santos, P. (2014). SMART CITIES: CONCEITO, INICIATIVAS E O CENÁRIO CARIOCA Kárys. Rio de Janeiro.

[27] Cristina, L., & Lopes, S. (2012). VARIAÇÕES DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM ÁREA URBANA E RURAL DURANTE O SEGMENTO TEMPORAL DE INVERNO DE 2011 EM CONTAGEM E BETIM (MG), 205–221. https://doi.org/10.5654/actageo2012.0002.0013

[28] Cui, T., Carr, J., Brissette, A., & Ragaini, E. (2017). Connecting the Last Mile : Demand Response in Smart Buildings. Energy Procedia, 111(September 2016), 720–729. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.234

[29] Daniels, D. J., & Hart, S. V. (2002). Crisis Information Management Software (CIMS) Feature Comparison Report. Office.

[30] Donadel, C. B., Fardin, J. F., & Encarnação, L. F. (2018). Educational tool for radial electrical distribution networks analysis and optimization studies involving distributed generation units. International Journal of Electrical Engineering Education, 55(1). https://doi.org/10.1177/0020720917750953

[31] EIF. (2004). CompTIA: European Industry Association. European Interoperability Framework - ICT Industry Recommendations. (White paper). Retrieved from http://www.comptia.org.

[32] Eletr, A., & Os, R. (2009). Os desastres naturais , a cultura de segurança e a gestão de desastres no Brasil.

[33] Encontro, X., & Engenharia, N. D. E. (2013). DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE - QFD NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS : UMA APLICAÇÃO PRÁTICA.

[34] European Commission (2010). European Interoperability Framework (EIF) for European public services. Brussels, Belgium.

[35] Evans, G., Blythe, P., Panou, M., & Bekiaris, E. (2014). Evaluating transport technologies for mitigating the impact of emergency events: findings from the SAVE ME Project. Transport, 2(3).

[36] Express Web Server for Node.Js official Site. Available at: https://www.tutorialspoint.com/nodejs/nodejs_express_framework.htm Acessed at 18 october 2016.

[37] Ferreira, H., Scopel, I., Moragas, W. M., & Fátima, Z. De. (n.d.). Uso de pluviômetros vetoriais para estimar a energia cinética das chuvas, (1982).

[38] Fernando Bersaneti, YouTube. (2015, Ortober 10). 1- QFD - Desdobramento da Função Qualidade, 2015 [Video file]. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=saYjkhVI64U

[39] Fernando Bersaneti. YouTube. (2015, Ortober 10). 2 - QFD - Desdobramento da Função Qualidade, 2015 [Video file]. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=iPPE87399xM

[40] Fortier, S., & Volk, J. (2006). Defining Requirements for ad hoc Coalition Systems during Disasters. In 2006 IEEE International Conference on Computational Cybernetics (pp. 1–6). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICCCYB.2006.305702

[41] Frémont, G., Grazzini, S., Sasse, A., & Beeharee, A. (2010). The SafeTRIP project: improving road safety for passenger vehicles using 2-way satellite communications. In ITS World Congress Busan.

[42] Fuertes, J. J., Domínguez, M., Prada, M. A., Alonso, S., & Morán, A. (2013). A Virtual Laboratory of D.C. Motors for Learning Control Theory. International Journal of Electrical Engineering Education, 50(2), 172–187. https://doi.org/10.7227/IJEEE.50.2.6

[43] Geaney, G., & O'Mahony, T. (2016). Design and evaluation of a remote PLC laboratory. International Journal of Electrical Engineering Education, 53(3), 212–223. https://doi.org/10.1177/0020720915622468

[44] Gardel, A., Bravo, I., Revenga, P. A., Lazaro, J. L., & Garcia, J. (2012). Implementation of industrial automation laboratories for e-learning. International Journal of Electrical Engineering Education, 49(4), 402–418. https://doi.org/10.7227/IJEEE.49.4.4

[45] Gonçalves, F., & Ribeiro, C. (2013). TEMPO-REAL USANDO SYSML E MARTE Uberlândia - Minas Gerais.

[46] Guédria, W. Golnam, A. Naudet, Y. Chen, D. & Wegmann, A. (2011). On the use of an interoperability framework in coopetition context. In the 21st Nordic Workshop on Interorganizational Research.Vaasa, Finland.

[47] Guedria, W. Chen, D. & Naudet, Y. (2009). A Maturity Model for Enterprise Interoperability, in Proc. of the 4th IFAC/IFIP, OTM workshop, EI2N'09 (Enterprise Integration, Interoperability and Networking), Portugal, November 2009.

[48] Hackett, T. M., & Bilén, S. G. (2016). Implementation of a rapidly deployable , mobile communications system prototype for disadvantaged environments. Procedia Engineering, 159(June), 158–166. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.149

[49] Henrique, C. (2011). do ar e pressão atmosférica em área urbana : comparação horária entre dois bairros no município de São Paulo-SP ., 7(1), 128–142.

[50] Hotel, R. P. (2016). ANÁLISE DA TEMPERATURA E DA UMIDADE RELATIVA DO AR EM ANALYSIS OF RELATIVE HUMIDITY IN AIR AND TEMPERATURE OF.

[51] Iannella, R.; Robinson, K. & Rinta-Koski, O. (2007). Towards a Framework for Crisis Information Management Systems (CIMS). 14th Annual Conference of the International Emergency Management Society (TIEMS). Trogir, Croatia, 2007.

[52] Janeiro-rj, R. De, Freitas, C. M. De, Janeiro-rj, R. De, Andrade, E. V. De, Civil, E. D. D., Janeiro-rj, R. De, … Janeiro-rj, R. De. (2010). Desastres naturais – sistemas de informação e vigilância : uma revisão da literatura, 19(4), 389–402.

[53] Jena, T., Mohanty, J. R., & Info, A. (2016). Disaster Recovery Services in Intercloud Using Genetic Algorithm Load Balancer, 6(4), 1828–1838. https://doi.org/10.11591/ijece.v6i4.9956

[54] José, A., & Silva, D. A. (2006). Aspectos da modelagem em SysML ligados à seleção de processador para sistema embutido.

[55] Kamsu-foguem, B., & Tiako, P. (2017). Computers in Industry Risk information formalisation with graphs. Computers in Industry, 85, 58–69. https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.12.004

[56] Köhler, P., Müller, M., Sanders, M., & Wächter, J. (2006). Data management and GIS in the Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM): From integrated spatial data to the mapping of risk. Natural Hazards and Earth System Science, 6(4), 621–628. Retrieved from http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33746216777&partnerID=tZOtx3y1

[57] Liu, S., Brewster, C., & Shaw, D. (2013). Ontologies for crisis management: A review of state of the art in ontology design and usability. In ISCRAM 2013

Conference Proceedings - 10th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (pp. 349–359). Karlsruher Institut fur Technologie (KIT). Retrieved from http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84905658718&partnerID=tZOtx3y1

[58] Longhini, M. D., & Nardi, R. (2009). COMO AGE A PRESSÃO ATMOSFÉRICA ? ALGU- MAS SITUAÇÕES-PROBLEMA TENDO COMO BASE A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E PESQUISAS NA Á-, 7–23.

[59] Medida de la presión atmosférica - http://www.iesdmjac.educa.aragon.es/departamentos/fq/temasweb/FQ4ESO/FQ4ESO%20Tema%205%20Fluidos/51_medida_de_la_presin_atmosfrica.html, Acessado 30/05/2018

[60] Meissner, A.; Luckenbach, T.; Risse, T.; Kirste, T. & Kirchner, H. (2002). Design Challenges for an Integrated Disaster Management Communication and Information System. DIREN 2002 - 1st IEEE Workshop on Disaster Recovery Networks. New York, 2002.

[61] Mukhopadhyay, B. & Bhattacherjee, B. (2015). Use of Information Technology in Emergency and Disaster Management. American Journal of Environmental Protection. Vol. 4, No. 2, 2015, pp. 101-104.

[62] Node.Js official Site. Available at: https://nodejs.org. Acessed at 18 october 2016.

[63] Noran, O. (2013). Towards Improving Information Systems Interoperability in Disaster Management. Building Sustainable Information Systems, 351–363. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7540-8_27

[64] Novakouski, M. and Lewis, G. A., Interoperability in the e-Government Context. Research, Technology, and System Solutions Program (2012).

[65] Oliveira, K. S. De. (2013). Uberlândia - Minas Gerais.

[66] O QUE É METEOROLOGIA, http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap1/cap1-1.html - acessado em 29/05/2018

[67] Pinheiro, L. C., & Dereczynski, C. P. (2009). Utilização do pluviômetro PET como sistema de alerta de chuvas intensas.

[68] Pinto, S. C. C. S. (2000): Composição em WebFrameworks, tese de doutorado, Departamento de Informática PUC-Rio.

[69] Perry, R. W. (2003). Incident management systems in disaster management. Disaster Prevention and Management: An International Journal. Vol. 12, Iss 5, 2003, pp. 405 – 412.

[70] Pradhan, A. R., Laefer, D. F., & Rasdorf, W. J. (2007). Infrastructure Management Information System Framework Requirements for Disasters. Journal of Computing in Civil Engineering, 21(2), 90–101. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(2007)21:2(90)

[71] Preda, P. F. (2015). Kick-off meeting of the DECIDE project. Retrieved from <http://predaplus.eu/kick-off-meeting-of-the-decide-project/>. Accessed on January 10, 2015.

[72] Pressão Atmosférica, Prof. Dr. Emerson Galvani Laboratório de Climatologia e - Biogeografia – LCB http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio_Emerson/flg0253/2014/aula8/Pressao_atmosferica.pdf - Acessado 30/05/2018

[73] Quíldare Luchese de ABREU; Guilherme Luís Roehe VACCARO. O uso do QFD em um projeto de engenharia de aplicação para um trator carregador de cana-de-açucar. Espacios. Vol. 34 (11) 2013. Pág. 12. Disponível: http://www.revistaespacios.com/a13v34n11/13341112.html . Acesso em 20 Junho 2016.

[74] Ricardo, D., Silva, X., Ricarda, A., Sena, M. De, Lúcia, M., & Oliveira, C. (2015). Desastres naturais e saúde : uma análise da situação do Brasil Natural disasters and health : an analysis of the situation in Brazil, 3645–3656. https://doi.org/10.1590/1413-81232014199.00732014

[75] Rubner, G. (2017). First-year undergraduate teaching of electrical and electronic engineering: innovation and inspiration. International Journal of Electrical Engineering Education, 54(4), 281–282. https://doi.org/10.1177/0020720917694997

[76] Stecca, G., Puliafito, A., Simonetti, M., Mariotta, G., & Sciuto, P. (2016). 48th CIRP Conference on MANUFACTURING SYSTEMS - CIRP CMS 2015 A cloud-based system to protect against industrial multi-risk events. Procedia CIRP, 41, 650–654. https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.12.093

[77] Santos, E., M. and Reinhard, N., The Challenges in Establishing a Government Interoperability Framework: The e-PING Brazilian Case (2009). CONF-IRM 2009 Proceedings. Paper 54.

[78] Scutaru, G., Cocorada, E., & Pavalache-Ilie, M. (2011). The remote laboratory as a European educational workspace. International Journal of Electrical Engineering Education, 48(3, SI), 252–263. https://doi.org/10.7227/IJEEE.48.3.4

[79] Scherner, T., & Fritsch, L. (2005). Notifying civilians in time - disaster warning systems based on a multilaterally secure, economic, and mobile infrastructure. In Association for Information Systems - 11th Americas Conference on Information Systems, AMCIS 2005: A Conference on a Human Scale (Vol. 2, pp. 838–847). Retrieved from http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84869756084&partnerID=tZOtx3y1

[80] Soares, F., Leão, C. P., Carvalho, V., Vasconcelos, R. M., & Costa, S. (2014). Automation and Control Remote Laboratory: A Pedagogical Tool. International Journal of Electrical Engineering Education, 51(1), 54–67. https://doi.org/10.7227/IJEEE.51.1.5

[81] Strassburger, A. S., José, A., Amorim, E., Perleberg, D., Eicholz, E. D., Elena, M., & Mendez, G. (2011). COMPARAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR OBTIDA POR ESTAÇÃO METEOROLÓGICA CONVENCIONAL E AUTOMÁTICA Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel , Pelotas , RS , Brasil . Recebido Janeiro 2009 - Aceito Outubro 2010, 273–278.

[82] S.Truptil, F. Bénaben, P. Couget et al. Interoperability of Information Systems in Crisis Management:Crisis Modeling and Metamodeling (2008). Enterprise Interoperability Iii: New Challenges Industrial Approaches - Pages 583-594.

[83] SysML Forum. (2017, July 23). Commercial, Free & Open Source SysML Tools for MBSE. Retrieved from http://SysMLforum.com/SysML-tools/

[84] Um, V., Tesoura, M., & Como, A. (2011). Anemómetro, 1–2.

[85] Umidade do ar - Prof. Dr. Emerson Galvani Laboratório de Climatologia e Biogeografia - http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio_Emerson/flg0253/2014/aula6/umidade_do_ar.pdf- Acessado 30/05/2018

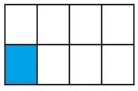
[86] Yabanova, I., Taskin, S., & Ekiz, H. (2015). Development of remote monitoring and control system for mechatronics engineering practice: The case of flexible manufacturing system. International Journal of Electrical Engineering Education, 52(3), 264–275. https://doi.org/10.1177/0020720915586421

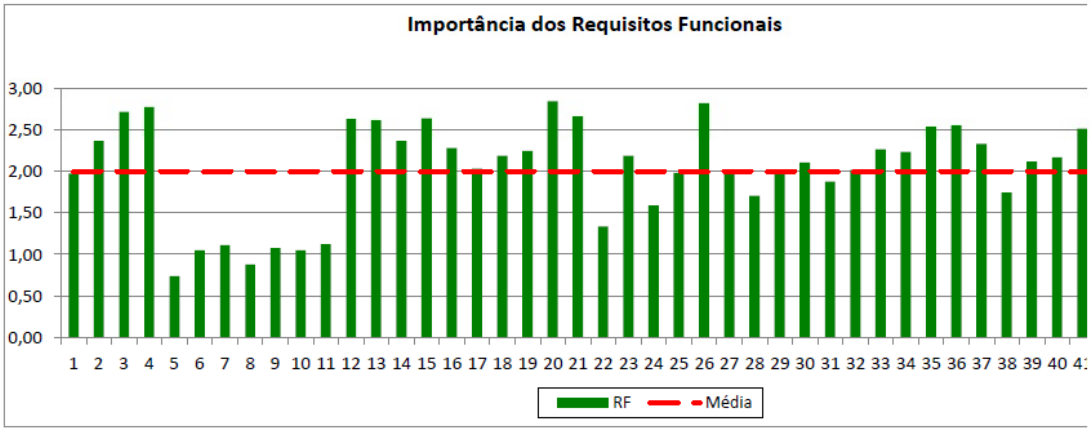
[87] YouTube. (2017, May 10). Capacity Definition | Investopedia. Retrieved from http://www.investopedia.com/terms/c/capacity.asp#ixzz4CijSYzjc

Apêndice I – QFD1 – Relacionamento entre Requisitos Não Funcionais e Requisitos Funcionais

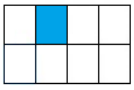
				1	2	3	4	5	6	7
		Como ? RF / O Que ? (Demanda da qualidade) RNF	Importancia (0 ate 10) Especialistas/evisão da Literatura	Registro do Originador (Owner of data reports)	Especificar a localização da informação (Loction Identification)	Compartilhemtode Dados (Sharing Data)	Alertas sobre áreas de risco	Informar sobre pontos de controle	Informar sobre transportes alternativos	Informar sobre rotas alternativas
NFR	Baixo Custo	Adaptavel a diferentes realidades financeiras	10	0	1	3	3	3	3	3
		de manutenção	8	1	3	3	9	0	1	1
		de Software	9	3	3	9	9	1	1	1
		de Hardware	10	3	3	9	9	1	1	1
		de armazenamento do Banco de Dados	7	9	9	9	9	9	3	9
		de implantação	5	3	3	3	9	3	3	3
		de treinamento	9	1	1	1	3	1	1	1
		de integração com o que já existe e novas tecnologias	8	1	3	9	9	1	1	1
	Segurança	Sistema Robusto	5	9	9	9	9	1	1	1
		Confiabilidade	10	9	9	9	9	1	1	1
		Aceitavel para uso no Governo	7	3	3	9	1	1	1	1
		Controle do tráfico de informações (Traffic Control)	4	1	1	3	9	1	1	1
	Histórico	Pesquisas Espaciais (Spatial Queryng)	4	9	9	1	9	3	1	1
		Busca automática de casos anteriores (automatic background Searching)	3	3	9	1	9	3	3	3
		Compartilhamento de Conhecimentos (Knowledge Sharing)	7	9	9	9	9	1	1	1
		Métricas de Performance do sistema (System Performance Metrics)	5	9	9	1	3	1	1	1
		Métricas de Perforance de Usuário (User Performance Metrics)	5	9	9	1	3	1	1	1
		Métricas de Performance Organizacional (Organization Performance Metrics)	5	9	9	1	3	1	1	1
		Network Performance Evaluation	3	3	1	1	3	1	1	1
		Capacity (*)	4	3	3	1	3	1	1	1
	Rapidez	Funcionamento Automático (Automaticaly)	9	9	9	9	9	1	9	9
		Acesso Rápido	9	3	9	9	9	1	9	9
		Identificação rápida de Experts e Supervisores I	10	9	9	9	9	1	1	1
		Facilidades no envio de Mensagens	10	9	9	9	9	3	3	3
		Comunicação Rápida	10	9	9	9	9	9	3	3
		Tempo de resposta rápido (Quick Response Time)	10	9	9	9	9	1	9	9
		Fornecer dados espaciais Instantaneamente (GIS)	2	1	9	9	9	3	9	9
		Agile (good Performance and flexibility)	9	3	9	9	9	1	9	9
	User Friendly	Flexibilidade	8	3	9	9	9	3	9	9
		Qualquer um pode ser capaz de usar	9	3	3	9	9	1	1	1

		Treinamento Rápido	9	3	3	9	3	1	1	1
		Permitir acessos Simultaneos (Multiple Users)	10	1	3	9	9	1	0	1
		Fornecer relatórios Rápidos	10	3	9	9	9	1	1	1
		Identificar as partes envolvidas automaticamente (Identify Parties Automaticaly)	5	9	9	3	1	1	3	1
	Interoperability	Capaz de ser conectado a Sistemas antigos	10	3	3	9	3	3	1	1
		Compartilhamento de dados (Interoperavel com outras arquiteturas)	7	9	9	9	9	3	1	1
	Verificação	Implementação de um protótipo para verificações (Prototypes Implementation)	5	9	3	3	3	1	1	1
		Peso Absoluto (Importância do Requisito):		1382	1658	1904	1944	516	736	778
		Peso Relativo (Importância Relativa):		1,97	2,37	2,72	2,78	0,74	1,05	1,11

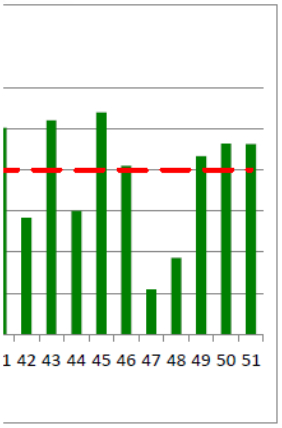




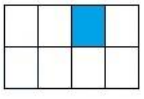
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
																				RF
Informar sobre pontos de abastecimento	Reduzir veículos Acionados	Informação Prioritária para Deficientes	Consultas externas (Outside Consulting)	Usuários não registrados apenas recebem broadcasts	Níveis de acesso	Atualização de dados Dinamicamente (Dynamically data update)	Geographical based data	Evitar trotes	Fornecer serviços de Middleware	Troca de informações entre times	Emitir mensagens personalizdas (Tailor messages)	Permitir uso de aplicações Personalizadas	Facil de incluir nóvos módulos	Implantar recursos para utilização de dispositivos e redes móveis (Mobile Devices Enablerd)	Monitoramento Contínuo	GIS Consultation Based Tools	Dispositivos contra invasão	Níveis de importância dos dados	Rastreamento de responsáveis pelos dados	Regras de grupo individuais
1	3	3	3	1	3	3	3	1	9	3	9	9	9	3	9	3	9	1	1	1
1	3	1	1	3	3	3	3	9	3	3	3	9	9	3	9	3	3	9	3	1
1	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	9	9	3	9	3	3	9	3	1
1	3	3	1	3	3	9	3	3	1	3	3	9	9	9	9	3	3	9	3	1
1	1	3	3	9	9	9	9	3	1	1	3	9	9	1	3	9	3	9	3	3
3	9	3	9	3	9	9	9	9	3	1	1	9	9	9	9	9	9	3	3	1
1	3	1	3	1	3	0	3	3	9	3	1	9	9	3	1	3	1	9	3	3
1	3	3	9	9	3	3	9	9	9	3	3	9	9	3	9	3	9	9	3	1
1	1	3	3	9	9	9	1	9	3	1	9	9	9	9	9	1	9	9	9	9
1	1	3	3	9	9	9	1	9	1	9	9	1	3	3	9	3	9	9	9	9
1	1	1	3	9	9	1	1	9	9	3	1	9	9	1	1	1	9	9	9	1
1	1	1	3	9	3	9	9	9	3	9	3	3	1	3	9	1	9	1	1	1
0	0	1	1	3	3	9	9	3	3	1	1	3	1	3	1	9	1	9	9	3
1	1	1	1	1	3	3	9	0	9	3	1	3	9	1	9	3	0	9	9	3
1	1	1	1	1	3	3	9	0	3	9	9	9	9	1	3	3	0	9	9	3
1	1	1	1	3	3	3	3	1	3	1	3	3	1	1	1	1	3	3	1	1
1	1	1	1	9	3	3	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	3	3	1	3
1	1	1	1	3	3	3	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	3
1	1	1	1	9	1	3	3	1	3	3	3	1	1	3	3	1	3	3	1	3
1	1	1	1	9	3	3	3	3	9	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3
3	3	3	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	1	9	9	3	3	9	9
3	3	3	3	9	9	9	9	3	3	9	9	9	3	9	9	9	9	9	9	9
3	3	3	3	1	9	9	9	9	3	9	9	3	3	1	9	1	3	9	3	9
3	3	3	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	3	1	3	9	3	3
3	3	3	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	9	1	9	9	3	3
9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	9	9	9	9	3	9	9	9	9	9	3
9	9	9	1	9	9	9	9	1	3	3	1	3	3	1	3	9	1	3	9	3
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	3	9	9	9	9	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1	3
1	1	1	3	9	9	1	9	9	1	1	3	9	9	3	3	3	9	9	1	9



1	1	1	1	9	9	3	9	3	1	1	3	9	3	1	1	3	1	3	3	3
1	1	1	1	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	3	3	9	9	9
1	1	1	3	9	9	9	9	3	3	9	3	9	9	1	3	9	3	3	9	3
3	3	3	1	9	9	9	9	9	9	9	9	3	1	3	1	1	3	9	9	9
1	1	1	3	9	9	1	9	9	9	9	9	9	9	1	1	3	3	9	9	9
1	1	1	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1	1	3	9	9	3	3
1	1	1	1	9	3	3	9	3	1	3	3	3	9	1	9	3	1	9	9	3
614	752	736	784	1842	1830	1655	1846	1596	1424	1530	1574	1994	1864	936	1530	1110	1388	1976	1394	1194
0,88	1,07	1,05	1,12	2,63	2,61	2,36	2,64	2,28	2,03	2,19	2,25	2,85	2,66	1,34	2,19	1,59	1,98	2,82	1,99	1,71

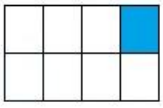


29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
Disponibilizar Relatórios de Acesso.	Relatórios de ocorrências	Relatórios Gráficos	Relatórios de Usuários	Acesso a dados Antigos	Apurar uma situação rapidamente (Clearance Information)	Tomadas de decisão automáticas	Detecção automática de riscos e Situações de Emergencia (Prediction of Hazard)	Notificar Grupos e Times Dinamicamente	Implementação de Consultas estruturadas	Feedback Instantâneo de Especialistas	Uso de tecnologis corporativas (Ex.: SAP)	Interfaces de acesso e consulta multiplataforma (Java, Nodjs, etc)	Dicas de Uso	Multilingual	Fornecer Status dos Especialistas	Implementação de taxonomia comum entre módulos (Known Taxonomy between Modules)	Implantação de níveis de importância para eventos (Event Improtance level)	Uso de redes Móveis (Mobile Networks)
1	3	3	3	3	3	9	9	9	1	9	3	9	3	9	1	9	9	9
3	3	3	3	3	3	9	9	3	1	9	3	9	1	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	9	9	3	1	9	3	9	1	3	3	3	3	3
3	3	3	3	9	9	9	9	3	1	9	3	9	1	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	9	3	1	1	9	1	9	1	9	3	1
3	3	3	3	3	9	9	9	3	3	3	9	9	1	9	1	9	9	3
3	3	3	3	9	9	9	9	1	1	3	3	9	3	9	1	9	3	1
3	9	1	1	9	9	9	9	3	9	9	9	9	3	9	1	9	9	3
9	9	1	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	9	9	9	9	9	9	9	9	3
9	9	1	9	9	1	1	1	1	1	1	9	9	9	9	1	9	9	1
1	1	1	1	1	1	9	3	9	9	3	3	1	1	1	3	1	1	3
3	3	3	3	3	3	3	3	9	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1
3	3	3	3	3	3	9	9	3	9	1	3	9	1	9	1	1	1	1
9	9	9	9	9	9	3	9	3	9	3	9	3	1	3	3	9	1	1
3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	3	3	3	3	3	3	9	9	3	3	9	9	3	9	3	3	1	1
3	3	3	3	3	3	3	9	9	9	9	9	9	1	3	3	3	9	3
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	9	3	9	9	9	
3	3	3	3	3	3	3	9	9	3	9	9	3	3	9	9	9	9	
3	3	3	3	3	3	9	3	9	1	3	3	9	1	9	9	9	9	
3	3	3	3	3	3	9	9	9	3	9	9	3	3	9	3	9	9	
9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	9	9	1	1	9	9	9	9	
9	9	9	9	9	9	1	9	9	3	3	3	9	1	1	1	1	1	
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	9	
3	3	3	3	3	3	3	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
9	9	9	9	9	9	9	3	1	3	3	3	3	9	9	3	9	3	



9	9	9	9	9	9	9	3	3	1	3	3	3	9	9	3	9	3	
9	9	9	9	9	9	3	3	9	9	3	9	9	3	9	1	9	1	
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	3	3	3	9	1	9	1	
3	3	3	3	3	3	3	3	9	1	3	3	9	1	3	9	9	3	
3	3	3	3	3	3	3	3	1	9	3	3	9	9	9	1	9	3	
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	9	9	1	9	3	9	3	
3	3	3	3	3	3	3	9	3	3	3	1	9	1	1	1	9	9	
1406	1474	1314	1410	1588	1562	1776	1786	1634	1220	1482	1518	1758	990	1824	1050	1888	1436	383
2,01	2,11	1,88	2,01	2,27	2,23	2,54	2,55	2,33	1,74	2,12	2,17	2,51	1,41	2,61	1,50	2,70	2,05	0,55

48	49	50	51
Processo de Classificação de Crises (Crisis Classification Process)	Funcionar em diferentes tipos de crise	Permitir a customização de interfaces de usuário	Não precisa ser programador para configurar
1	9	3	9
1	9	9	9
1	9	9	9
1	9	9	9
1	3	1	9
1	3	9	9
3	3	9	9
3	1	1	9
9	9	9	9
9	9	9	9
1	9	9	9
1	1	1	3
1	1	1	1
1	3	3	3
1	3	9	3
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	9	9	9
3	3	3	3
3	3	9	3
1	3	1	1
3	9	9	9
3	3	9	3
3	3	9	3
3	1	1	1
3	9	9	9
3	9	9	9
1	9	9	9

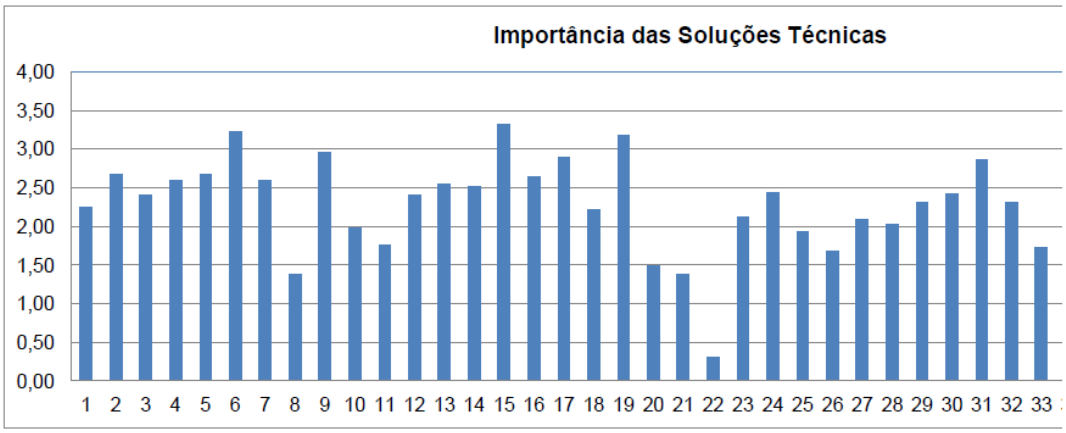


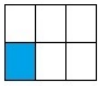
3	9	9	9
1	3	9	3
1	3	1	1
1	3	1	3
3	9	3	9
9	9	3	1
1	9	3	9
652	1518	1622	1620
0,93	2,17	2,32	2,31

Apêndice II –QFD2 – Relacionamento entre Requisitos Funcionais e Soluções Técnicas

				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Como ? ST / O Que ? (Resultado QFD 1) Requisitos Funcionais	Importância Relativa (Origem QFD1)	Data e hora dos Eventos	Banco de dados Relacional	Open SQL data Language	Multiplos Formatos de dados	Padronização das Especificações de Dados	Datasets Comuns	Pesquisas baseadas em Atributos	Banco de dados Distribuídos	Distribuiição de dados via WEB	Encriptação de mensagens via SSH	Mensagens de/para Especialistas Encriptadas	Depiction (Physical Representation in a digital format of the
RF	1	Registro do Originador	1,97	9	3	1	1	3	3	0	1	3	1	1	1
	2	Especificar a localização da informação	2,37	9	9	3	3	3	3	9	3	9	1	1	9
	3	Compartilhamento de Dados	2,72	3	9	9	9	9	9	9	3	9	1	3	9
	4	Alertas sobre áreas de risco	2,78	3	9	9	9	3	9	9	3	9	1	1	9
	12	Usuários não cadastrados Apenas Recebem Broadcasts.	2,63	1	9	9	3	3	3	9	1	9	9	9	1
	13	Níveis de acesso	2,61	9	9	1	3	3	9	3	3	3	3	9	1
	14	Atualização de dados Dinamicamente	2,36	9	9	9	9	9	9	9	3	9	1	1	3
	15	Geographical based data	2,64	1	1	9	9	9	9	1	1	9	1	1	9
	16	Evitar trotes	2,28	9	3	9	3	3	9	3	1	3	9	9	1
	17	Fornecer serviços de Middleware	2,03	1	3	9	9	9	9	9	3	3	9	9	3
	18	Troca de informações entre times	2,19	3	9	9	9	9	9	3	3	9	9	9	9
	19	Emitir mensagens personalizas	2,25	3	3	1	3	9	9	3	1	3	9	9	1
	20	Permitir uso de aplicações Personalizadas	2,85	3	9	3	3	9	9	3	3	3	1	1	9
	21	Fácil de incluir novos módulos	2,66	9	9	9	9	9	9	9	1	9	1	1	3
	23	Monitoramento Contínuo	2,19	9	3	3	9	3	9	3	3	9	3	1	9
	25	Dispositivos contra invasão	1,98	3	9	9	3	3	3	3	3	3	9	9	1
	26	Níveis de importância dos dados	2,82	9	9	9	1	3	9	3	1	3	9	9	3
	27	Rastreamento de responsáveis pelos dados	1,99	9	3	1	3	3	9	9	3	9	9	9	1
	29	Disponibilizar Relatórios de Acesso.	2,01	9	3	1	3	3	9	9	3	9	9	1	1
	30	Relatórios de Ocorrências	2,11	9	9	1	3	3	9	3	1	1	3	1	9
	32	Relatórios de Usuários	2,01	9	9	9	9	3	3	3	3	1	3	3	9
	33	Acesso a dados Antigos	2,27	3	9	9	9	3	9	9	9	1	9	3	9
	34	Apurar uma situação rapidamente	2,23	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1	1	9
	35	Tomadas de decisão automáticas	2,54	9	9	9	9	9	9	9	3	9	3	1	9
	36	Detecção automática de riscos e Situações de Emergência	2,55	3	9	3	3	9	9	9	9	9	1	3	9
	37	Notificar Grupos e Times Dinamicamente	2,33	3	1	1	9	9	9	9	3	9	3	1	9
	39	Feedback Instantâneo de Especialistas	2,12	9	3	1	3	9	9	3	3	9	9	9	3
	40	Uso de tecnologias corporativas (Ex.: SAP)	2,17	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

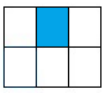
41	Interfaces de acesso e consulta multiplataforma	2,51	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
43	Multilingual	2,61	1	3	3	9	9	3	9	3	9	3	1	1
45	Implementação de taxonomia comum entre módulos	2,70	1	3	9	9	9	9	9	3	9	9	1	1
46	Implantação de níveis de importância para eventos	2,05	3	3	1	1	3	1	3	1	9	9	1	9
49	Funcionar em diferentes tipos de crise	2,17	3	1	3	9	9	3	3	3	9	1	9	9
50	Customização da Intercace do Usuário	2,32	3	9	3	9	3	9	9	3	9	1	1	9
51	Não precisa ser programador para configurar	2,31	1	1	3	3	9	9	1	1	9	1	3	3
	Peso Absoluto (Importância do Requisito):		438	520	469	506	523	630	506	270	577	387	344	471
	Peso Relativo (Importância Relativa):		2,25	2,67	2,41	2,59	2,68	3,23	2,59	1,38	2,96	1,98	1,76	2,41



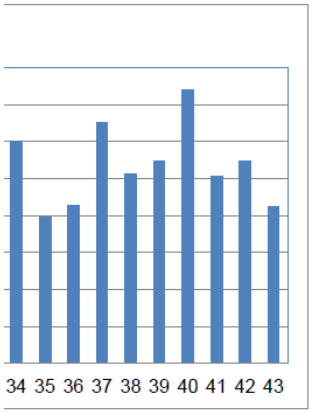


ST

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Armazenamento de mapas Digitais	Mensagens tipo Broadcast	Uso de Tecnologis Atuais	Uso de Sistemas não Complexos	Abordagem Modular	Hierarquia de Usuários	Node.Js	Sistema Operacional Linux	Sistema Operacional Windows	Definição do Ciclo de Vida do	Implementação de Mapas de Proibições(System Constraints	Tecnologias OpenSources (*)	Uso do SYSML	Assegurar o fornecimento de energia	Comunicação Sem fio	Computação Distribuída (WEB)	Especificação Hetereogêneas	Otimização dos Canais de Comunicação	Modelagem Através de Casos de Uso	Sistema Orientado a Aplicação	Modelagem UML	Ontologias Comuns entre Módulos	Sistemas Clusterizados (hardwares duplicados)	Multiplos Repositórios de Dados
1	3	9	1	1	3	3	1	1	3	0	1	0	3	0	1	1	0	3	3	3	3	0	3
9	3	9	3	9	9	9	1	1	3	0	3	1	3	9	3	3	1	9	3	9	9	1	3
9	9	9	3	9	9	9	9	9	3	3	3	1	3	9	9	3	9	3	9	3	9	9	9
9	9	9	3	9	9	9	1	1	1	3		1	9	9	9	3	3	9	9	3	9	9	9
1	9	9	9	9	9	9	1	1	1	9	9	3	0	3	3	3	9	3	3	1	3	3	1
1	9	9	3	9	9	3	3	3	1	9	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	9	3	0
9	9	9	9	3	3	9	9	9	1	3	3	1	9	9	9	3	9	9	9	3	9	9	9
9	1	9	1	9	1	9	1	1	1	3	1	0	1	9	9	3	3	9	3	3	3	3	3
1	9	9	9	9	9	9	1	1	1	9	3	3	3	1	3	9	3	1	3	3	3	0	0
3	3	9	9	9	9	9	1	1	1	9	9	3	3	3	9	9	9	3	9	9	9	1	9
9	9	9	9	9	9	9	3	3	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	9	9	9	9
9	1	9	3	3	9	9	1	1	0	9	3	9	1	3	1	3	9	9	9	3	9	0	0
9	9	9	9	9	3	9	9	9	0	3	9	9	1	3	3	3	3	9	9	9	9	0	9
9	9	9	9	9	3	9	3	3	0	3	9	9	0	9	3	9	9	9	9	9	9	1	9
9	9	9	9	3	1	9	9	9	0	3	3	1	9	3	9	1	9	3	3	1	9	9	9
1	9	9	9	3	9	9	3	3	0	9	1	3	3	1	1	9	9	9	3	9	3	9	1
1	3	3	9	3	9	9	1	1	0	9	1	9	1	3	1	3	9	9	3	3	9	9	3
1	1	3	9	1	1	3	1	1	0	9	1	3	0	9	3	3	1	9	3	1	3	3	1
1	1	3	3	3	1	3	1	1	0	3	3	3	9	3	1	3	1	3	9	1	9	1	3
9	1	3	1	3	1	3	1	1	0	1	3	3	3	1	3	3	9	3	3	1	3	3	3
3	1	3	1	3	9	3	1	1	0	3	3	3	3	1	1	3	3	3	3	1	9	3	3
9	3	9	3	9	1	9	1	1	0	3	9	9	3	9	9	9	3	9	3	1	9	9	9
9	9	9	9	9	3	3	3	3	3	1	9	9	9	9	9	3	9	9	9	1	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9	1	1	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	1	9	1	1	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	3	9	9	9
3	9	9	3	3	1	9	3	3	0	3	9	3	9	9	9	9	9	9	3	1	9	9	9
9	3	3	3	3	9	9	1	1	0	3	9	1	9	9	9	3	3	3	3	1	3	3	3
9	9	9	9	9	3	9	9	9	3	9	9	9	3	3	3	9	3	9	9	3	9	9	3

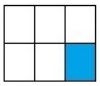


9	9	9	9	9	3	9	9	1	0	3	9	9	0	3	3	9	3	3	3	3	3	3	9
3	1	3	9	9	3	9	9	9	0	1	9	3	0	0	1	9	1	3	3	1	1	0	1
3	3	9	9	9	1	3	1	1	0	3	9	9	0	0	1	9	9	9	9	9	9	3	3
3	3	9	9	3	9	9	1	1	1	9	3	3	1	3	1	3	1	9	3	3	3	3	1
9	9	9	3	9	9	9	9	9	3	9	9	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
9	3	9	3	9	3	9	9	9	0	3	9	3	9	3	3	9	1	9	3	9	9	0	3
3	9	9	9	9	3	3	3	3	0	3	9	1	0	0	3	3	9	9	9	1	9	3	1
498	492	647	515	564	431	621	290	270	60	414	475	378	328	409	397	450	471	557	450	336	586	386	417
2,55	2,52	3,32	2,64	2,89	2,21	3,19	1,49	1,38	###	2,12	2,44	1,94	1,68	2,10	2,04	2,31	2,42	2,86	2,31	1,72	3,01	1,98	2,14

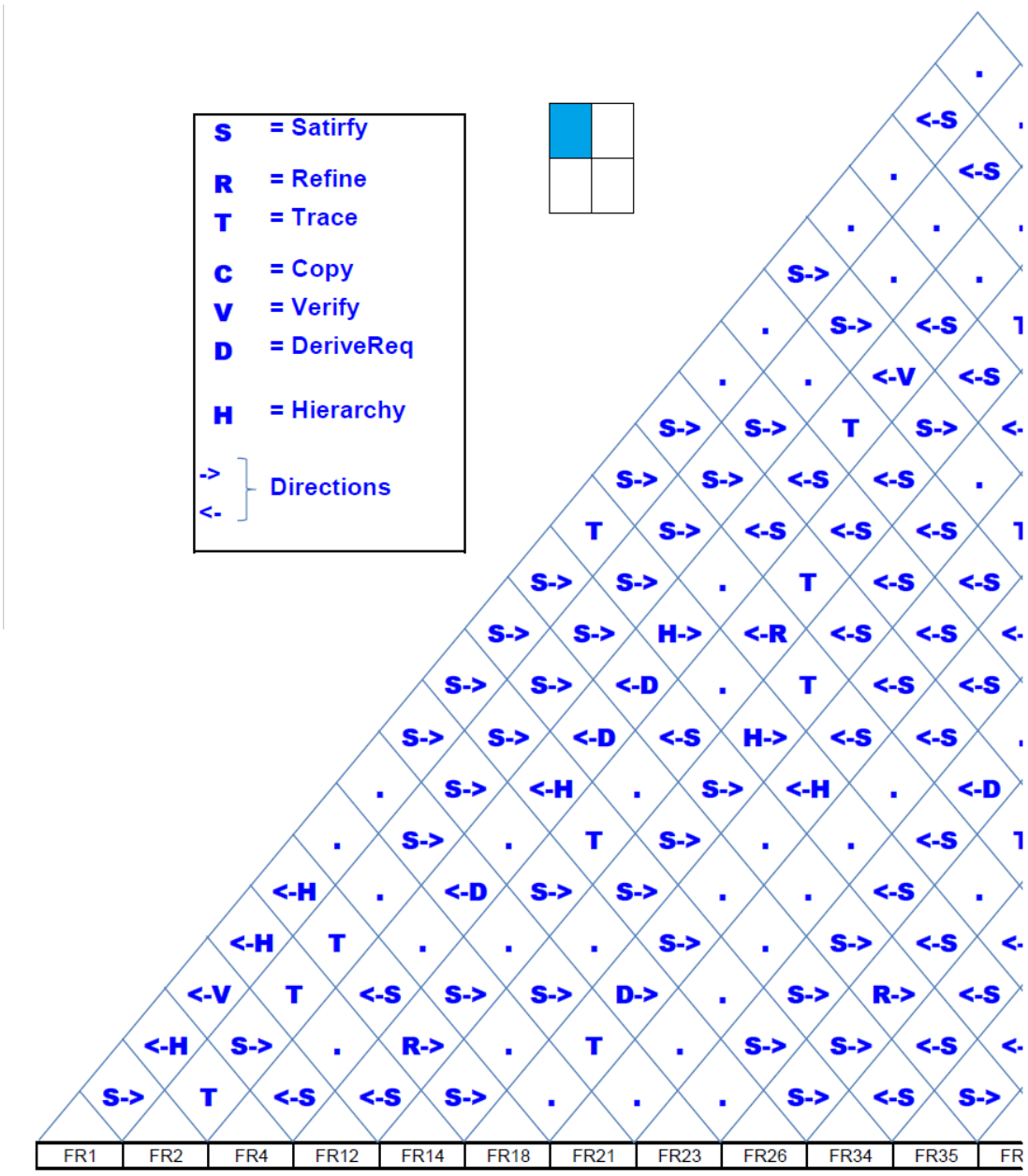


37	38	39	40	41	42	43
Padronização de Sinais de Emergência	Templates de Relatórios	HTML5	Bse de Dados PostGresSQL	Aplicações para Celular	Node Red	Cadastro de Limiares (Theresholds)
3	1	1	9	1	1	0
9	3	3	9	1	3	0
9	9	9	9	9	9	0
9	3	9	9	9	9	9
9	0	9	9	3	9	3
3	3	1	9	1	1	0
9	3	9	9	9	9	9
3	9	9	9	9	9	1
1	1	3	9	3	3	1
9	9	3	9	9	3	3
9	9	9	9	9	9	3
9	9	9	9	9	9	3
9	9	9	9	9	9	3
9	9	9	9	9	9	9
9	1	9	9	9	9	9
9	1	3	9	1	3	3
3	3	9	9	1	9	9
3	9	3	9	9	3	3
1	9	3	9	1	3	1
9	9	3	9	1	3	3
9	9	3	9	1	3	0
9	9	3	9	9	3	9
9	9	9	9	9	9	9
9	3	3	9	9	3	9
9	3	3	9	9	3	9
9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9
9	3	9	9	9	9	1

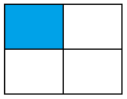
9	3	9	9	9	9	1
9	9	9	9	1	9	1
9	9	9	9	1	9	3
9	3	3	9	0	3	9
9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9
9	9	3	1	3	3	9
634	501	533	722	494	533	415
3,25	2,57	2,73	3,70	2,53	2,73	2,13

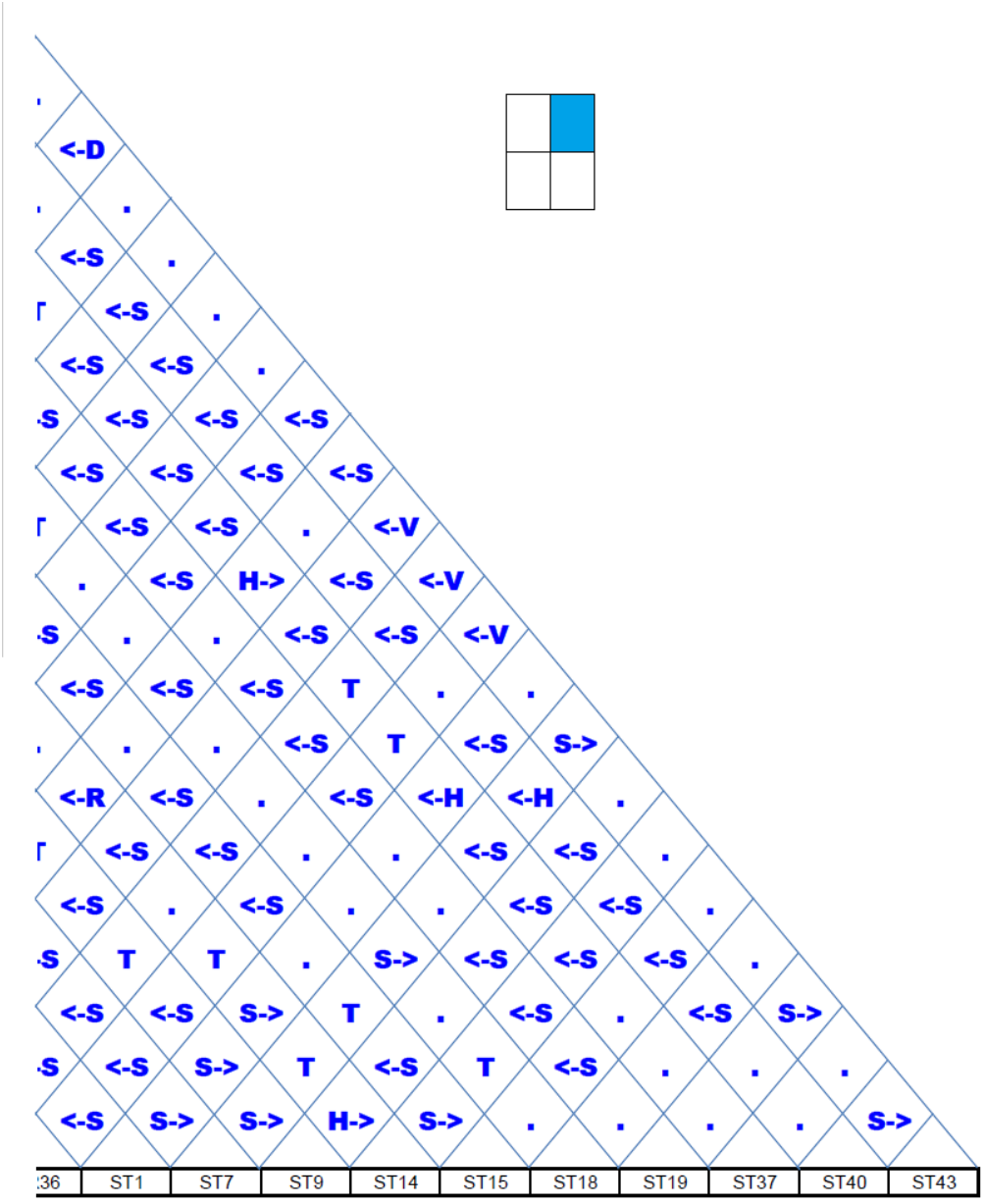


Apêndice III – Telhado do QFD Modificado para SysML

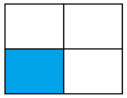


Registro do Originador (Owner of data reports)
Especificar a localização da informação (Location Identification)
Alertas sobre áreas de risco
Usuários não registrados apenas recebem broadcasts
Atualização de dados Dinamicamente (Dynamically data update)
Troca de informações entre times
Facil de incluir nóvos módulos
Monitoramento Contínuo
Níveis de importância dos dados
Apurar uma situação rapidamente (Clearance Information)
Tomadas de decisão automáticas
Detecção automática de riscos e Situações

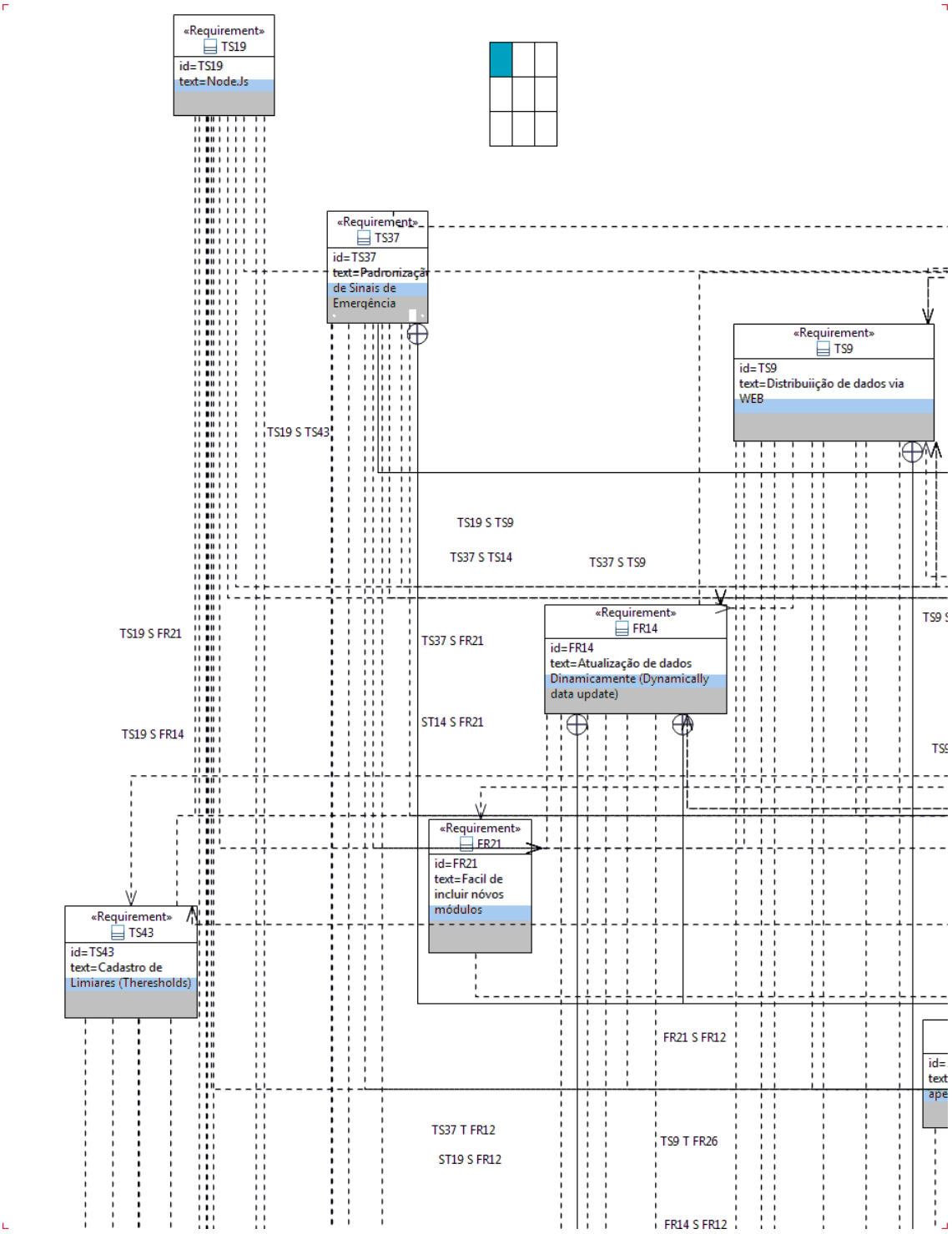


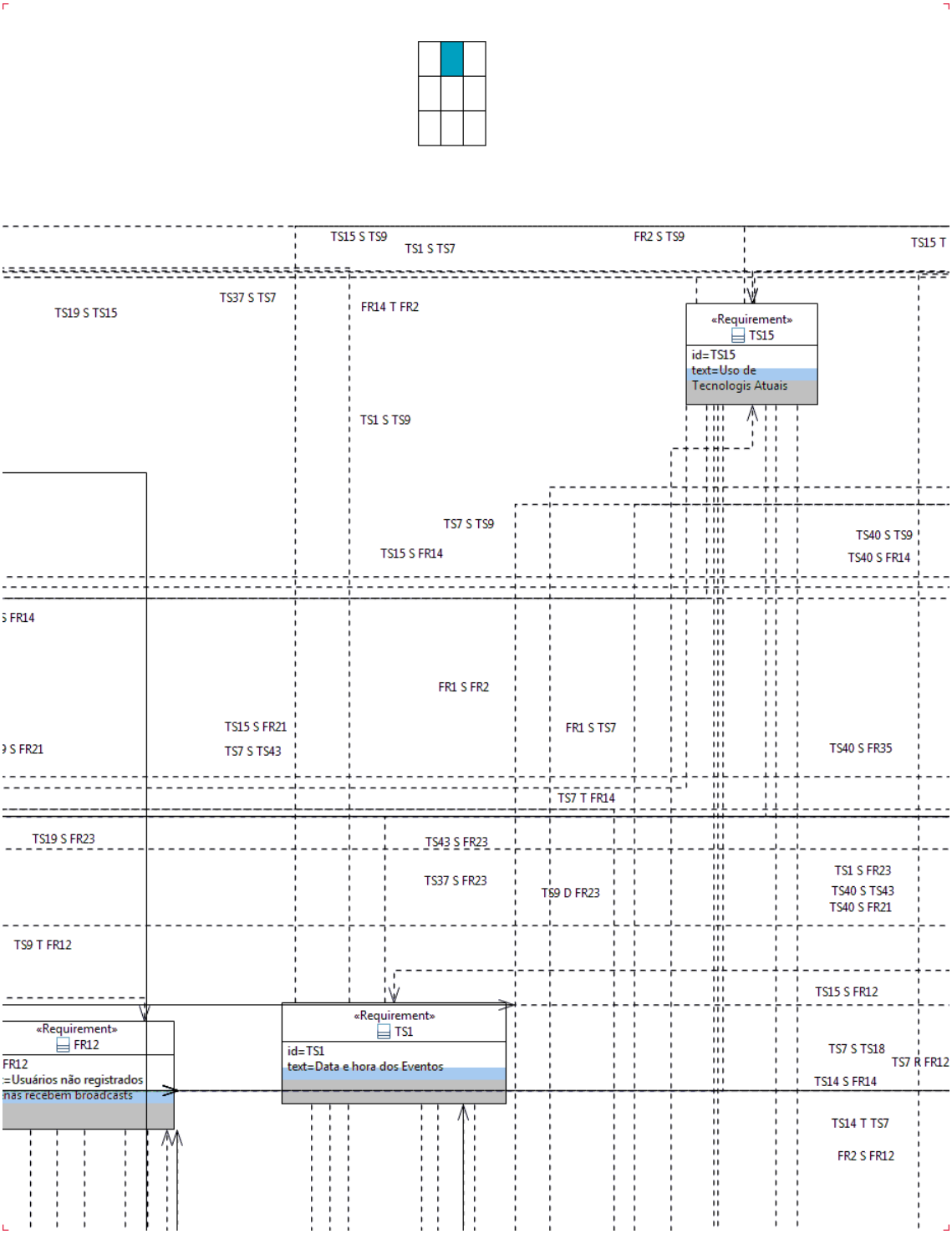

ST1
ST7
ST9
ST14
ST15
ST18
ST19
ST37
ST40
ST43

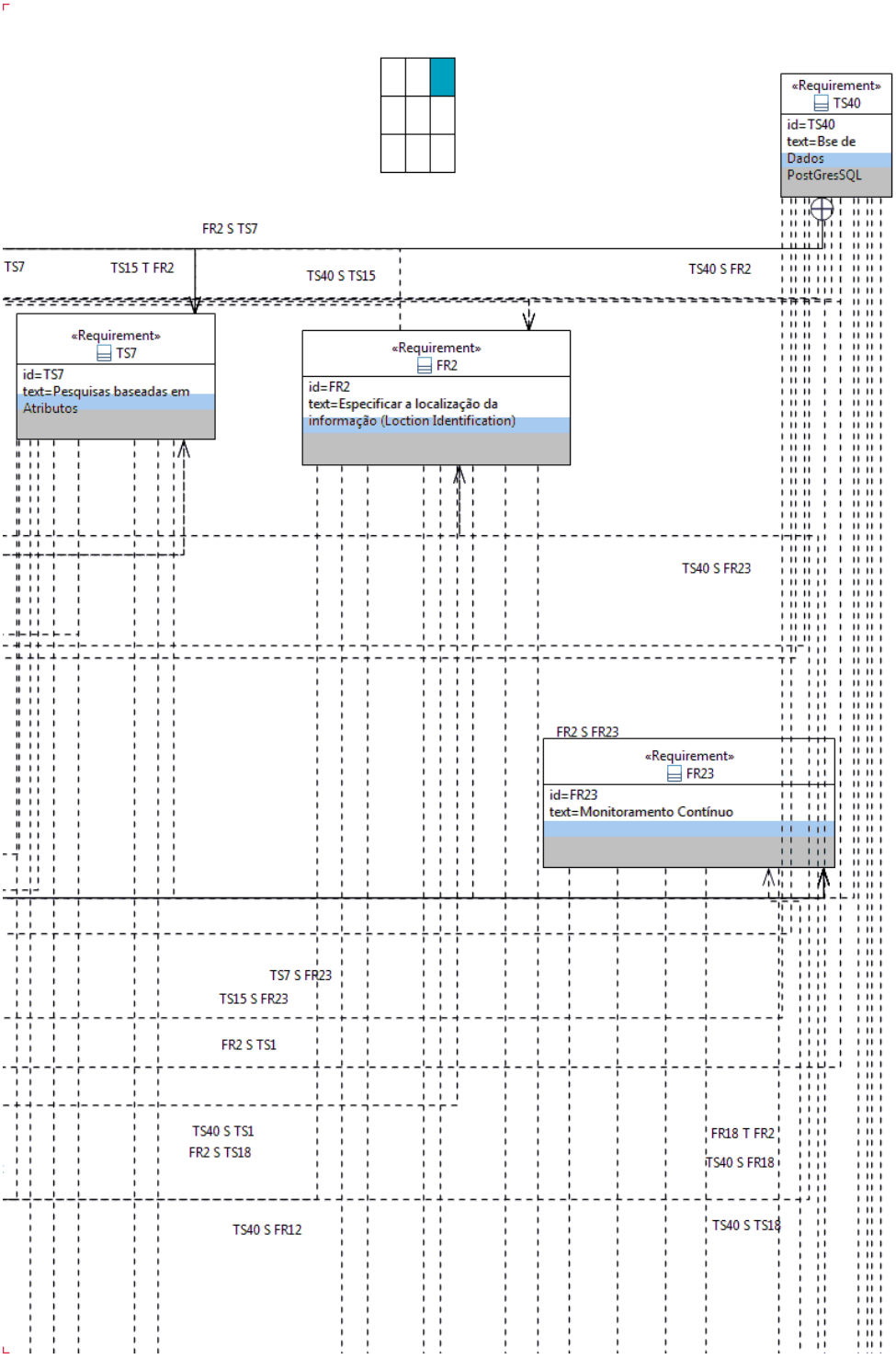
de Emergencia (Prediction of Hazard)
Data e hora dos Eventos
Pesquisas baseadas em Atributos
Distribuiição de dados via WEB
Mensagens tipo Broadcast
Uso de Tecnologis Atuais
Hierarquia de Usuários
Node.Js
Padronização de Sinais de Emergência
Bse de Dados PostGresSQL
Cadastro de Limiares (Theresholds)

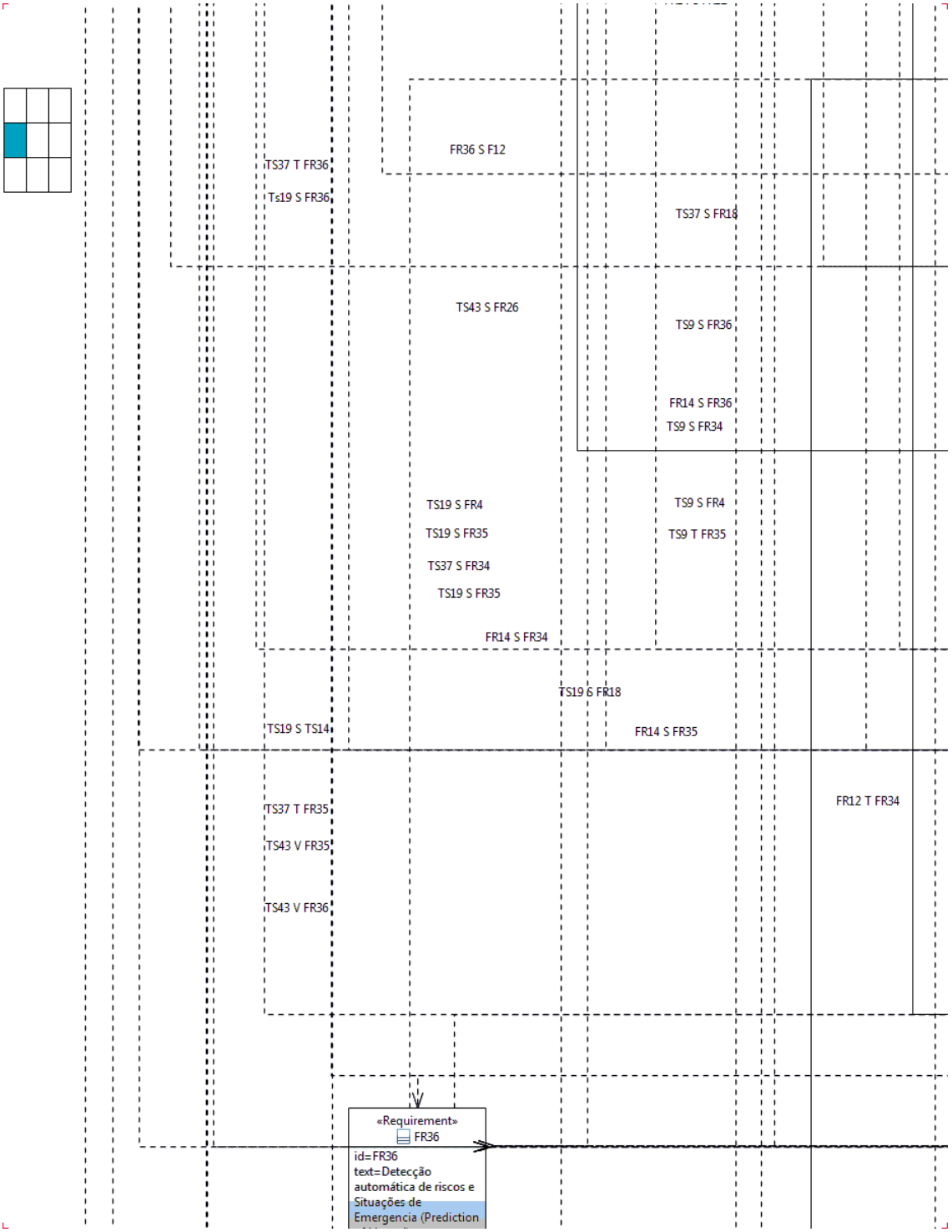


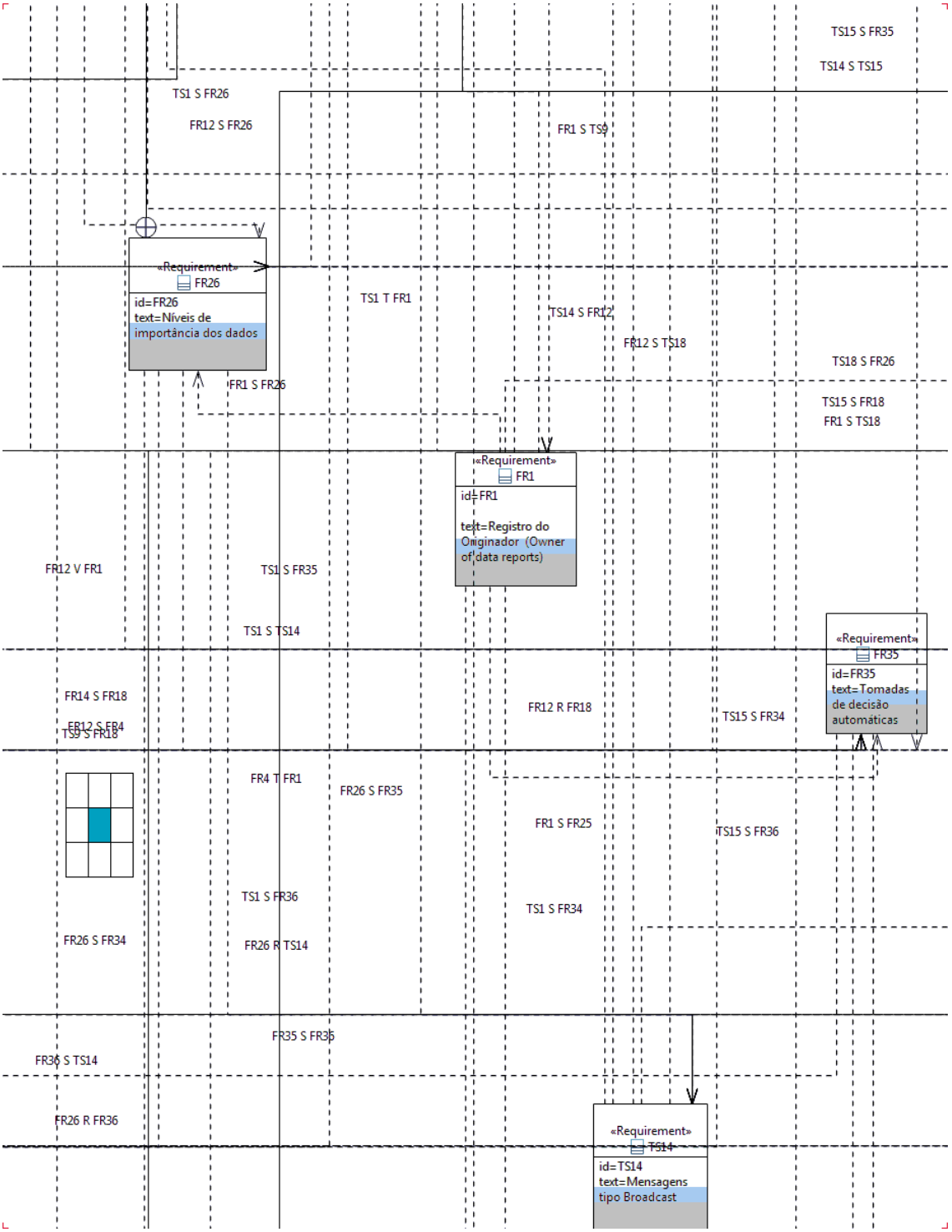
Apêndice IV – SysML do Sistema de Refefência

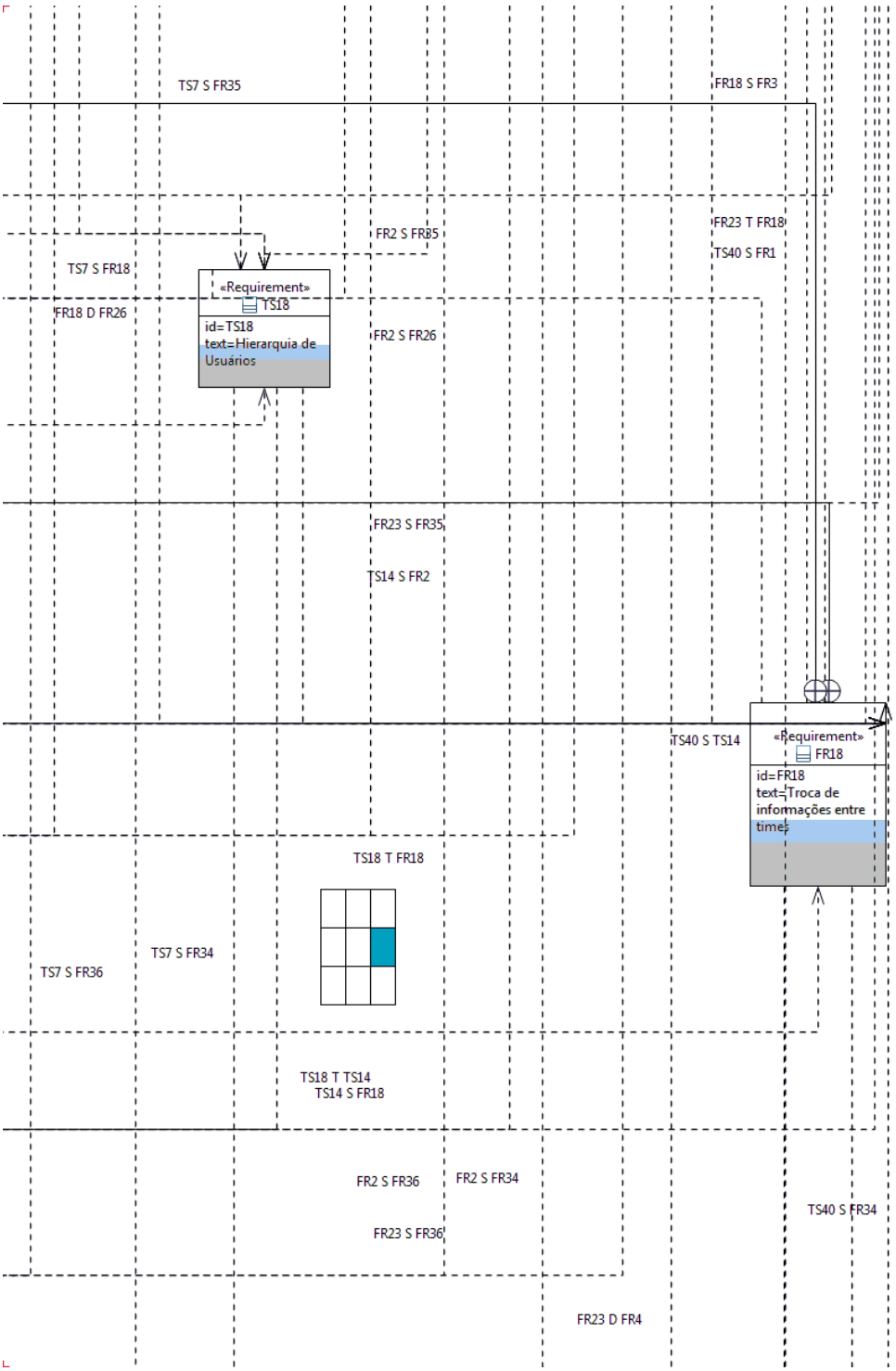


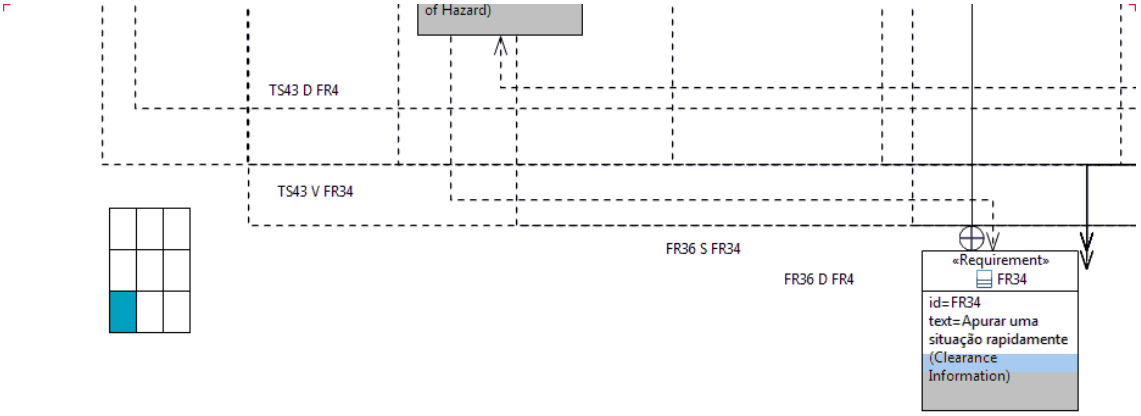

TS15 S TS9
TS1 S TS7
FR2 S TS9
TS15 T
TS37 S TS7
TS19 S TS15
FR14 T FR2
«Requirement»
TS15
id=TS15
text=Uso de
Tecnologis Atuais
TS1 S TS9
TS7 S TS9
TS40 S TS9
TS15 S FR14
TS40 S FR14
S FR14
FR1 S FR2
TS15 S FR21
TS7 S TS43
FR1 S TS7
TS40 S FR35
S FR21
TS7 T FR14
TS19 S FR23
TS43 S FR23
TS37 S FR23
TS9 D FR23
TS1 S FR23
TS40 S TS43
TS40 S FR21
TS9 T FR12
TS15 S FR12
«Requirement»
FR12
FR12
=Usuários não registrados
nas recebem broadcasts
«Requirement»
TS1
id=TS1
text=Data e hora dos Eventos
TS7 S TS18
TS7 R FR12
TS14 S FR14
TS14 T TS7
FR2 S FR12

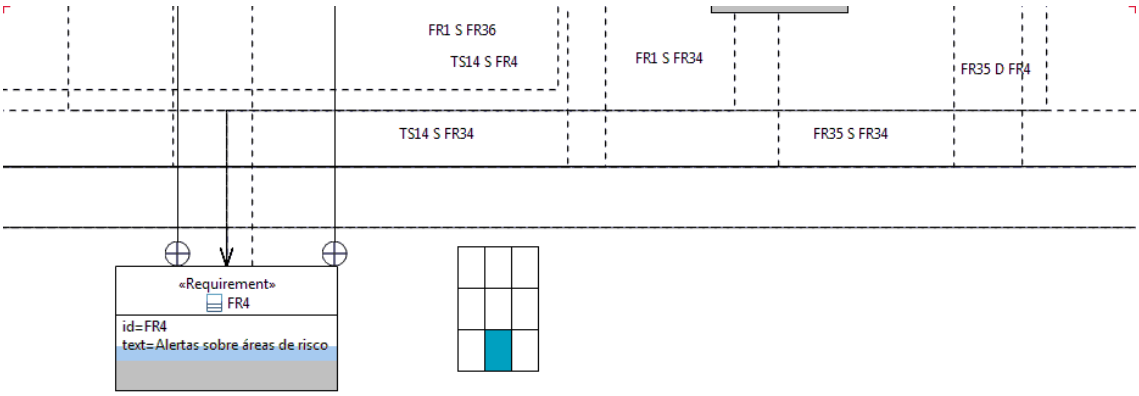

«Requirement»
TS40
id=TS40
text=Bse de
Dados
PostGresSQL
FR2 S TS7
TS7
TS15 T FR2
TS40 S TS15
TS40 S FR2
«Requirement»
TS7
id=TS7
text=Pesquisas baseadas em
Atributos
«Requirement»
FR2
id=FR2
text=Especificar a localização da
informação (Loction Identification)
TS40 S FR23
FR2 S FR23
«Requirement»
FR23
id=FR23
text=Monitoramento Contínuo
TS7 S FR23
TS15 S FR23
FR2 S TS1
TS40 S TS1
FR2 S TS18
FR18 T FR2
TS40 S FR18
TS40 S FR12
TS40 S TS18

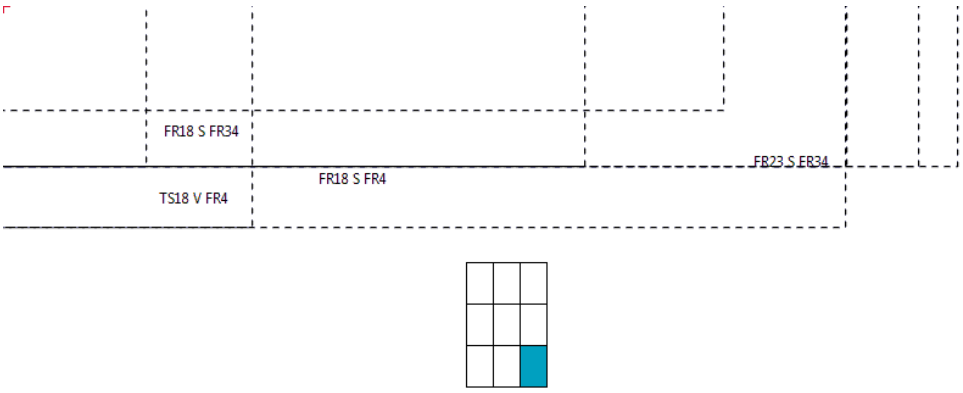

FR36 S F12
TS37 T FR36
Ts19 S FR36
TS37 S FR18
TS43 S FR26
TS9 S FR36
FR14 S FR36
TS9 S FR34
TS19 S FR4
TS19 S FR35
TS37 S FR34
TS19 S FR35
TS9 S FR4
TS9 T FR35
FR14 S FR34
TS19 6 FR18
TS19 S TS14
FR14 S FR35
FR12 T FR34
TS37 T FR35
TS43 V FR35
TS43 V FR36
«Requirement»
FR36
id=FR36
text=Detecção
automática de riscos e
Situações de
Emergencia (Prediction


TS15 S FR35
TS14 S TS15
TS1 S FR26
FR12 S FR26
FR1 S TS9
«Requirement»
FR26
id=FR26
text=Níveis de importância dos dados
TS1 T FR1
TS14 S FR12
FR12 S TS18
TS18 S FR26
FR1 S FR26
TS15 S FR18
FR1 S TS18
«Requirement»
FR1
id=FR1
text=Registro do Originador (Owner of data reports)
FR12 V FR1
TS1 S FR35
TS1 S TS14
«Requirement»
FR35
id=FR35
text=Tomadas de decisão automáticas
FR14 S FR18
FR12 S FR4
TS9 S FR18
FR12 R FR18
TS15 S FR34
FR4 T FR1
FR26 S FR35
FR1 S FR25
TS15 S FR36
TS1 S FR36
TS1 S FR34
FR26 S FR34
FR26 R TS14
FR35 S FR35
FR36 S TS14
FR26 R FR36
«Requirement»
TS14
id=TS14
text=Mensagens tipo Broadcast


TS7 S FR35
FR18 S FR3
FR23 T FR18
FR2 S FR35
TS40 S FR1
TS7 S FR18
«Requirement»
TS18
id=TS18
text=Hierarquia de Usuários
FR18 D FR26
FR2 S FR26
FR23 S FR35
TS14 S FR2
TS40 S TS14
«Requirement»
FR18
id=FR18
text=Troca de informações entre times
TS18 T FR18
TS7 S FR34
TS7 S FR36
TS18 T TS14
TS14 S FR18
FR2 S FR36
FR2 S FR34
TS40 S FR34
FR23 S FR36
FR23 D FR4


of Hazard)
TS43 D FR4
TS43 V FR34
FR36 S FR34
FR36 D FR4
«Requirement»
FR34
id=FR34
text=Apurar uma situação rapidamente (Clearance Information)


FR1 S FR36
TS14 S FR4
FR1 S FR34
FR35 D FR4
TS14 S FR34
FR35 S FR34
«Requirement»
FR4
id=FR4
text=Alertas sobre áreas de risco


FR18 S FR34
FR23 S FR34
FR18 S FR4
TS18 V FR4

Apêndice V – Survey Questionnaire

Requirements Evaluation for DPMIS (Disaster Prevention Management Information System)

Survey Flow

Q1 Welcome. This is a questionnaire related to a masters's degree research conducted by the student Anderson Foggiatto and his advisors (Prof. Dr. Eduardo de F. R. Loures and Prof. Dr. Fernando Deschamps).

The research is associated to the Graduate Program in Industrial and Systems Engineering at Pontifical Catholic University of Paraná (http://www.pucpr.br/en/), Curitiba, Brazil and is related to a framework development for modeling of Disaster Prevention and Management Information Systems.

This work presents a framework that guides the design of Information Management and Disaster Prevention Systems (DPMIS), considering a new approach based on the use of the QFD (Quality Function Deployment) tool in conjunction with the SysML (System Modeling Language) language systems engineering. The proposed framework assists in the identification, selection, modeling and specification of Functional Requirements (FR), Non-Functional (NFR) and Technical Solutions (TS) required for the development of interoperable DPMISs. The approach involved allows the transformation of qualitative attributes obtained through bibliographic review (scientific contributions and worldwide initiatives) corroborated with expert opinion (survey), in quantitative expressions making possible the evaluation of the degree of importance of each requirement found and its modeling through the diagram requirements of the SysML language.

These are the main proposed framework steps: *Your expert opinion will contribute in our research regarding the evaluation of the extracted requirements (i.e., are they pertinent? Are there others?). You'll probably take around 15 to 20 minutes to answer the questions, and we appreciate for your time. NOTE: there are 163 requirements, I know is so much but please be patient.*

Please, if possible, answer until 11 of May of 2018.
Thank you very much.
Kind regards.
Anderson Foggiatto

If you want to receive more information (including some papers regarding the research), please feel free to write me at anderson.foggiatto@yahoo.com.br

Q2

Select the item that best suits the type of experience (or involvement, knowledge, participation) you have with system development, infrastructure, etc. Please, s*elect only one alternative.*

- ○ Professional (1)
- ○ Academic (2)
- ○ Both (professional and academic) (4)
- ○ Other (3) _____

Q4

Select the item that best suits the type of your job. *Select only one alternative.*

- ○ Development (1)
- ○ Sustaining (2)
- ○ System Test (4)
- ○ Other (8) _____

Q3 For how long (years) do you have experience in your type of job.

2 5 8 1 4 7 0

Years ()	

Q13 What level of graduation do you have?

- ○ Student (1)
- ○ Technician (2)
- ○ Graduated (4)
- ○ Master's degree (3)
- ○ Doctoral degree (6)
- ○ Other (7) _____

Q15 Please write the courses in which you are a graduated. Eg.: computer thecnitian, Electrical Engineering ...

_____

_____

_____

_____

_____

Q17 Please write your country name.

_____

_____

_____

_____

_____

Q16 Did you already worked with anything related with disaster support, response or prevention ?

- ○ Yes (1)
- ○ No (2)

Q6 The following attributes were extracted from the literature review using a predefined research protocol and from some brain storms with experts. They were separated in Functional Requirements (FR), Non-Functional (NFR) and Technical Solutions (TS) required for the development of interoperable DPMIS System. **Do you think that the following Non Functional Requirements can be considered relevant/pertinent to be part of an Disaster Prevention Management Information System ?**

NOTE: Non Functional Requirement (NFR): are directly related to the judgment of the functioning of the system and / or how it will behave. In other words, they make direct reference to quality or performance. Examples of non-functional requirements include: Performance, scalability, capacity, availability, retrieval, maintenance, ease of maintenance, regulation, manageability, data integrity, performance, usability, simplicity, reliability, security, availability, interoperability. Please, answer according to your understanding.

	strongly disagree (1)	is agree (2)	either Agree nor Disagree (3)	agree (4)	strongly Agree (5)	do not know how to answer (6)
Adaptable to different financial realities (4)						
Low Cost of maintenance (7)						
Low Cost of Software (8)						

Low Cost of Hardware (9)

Low Cost of Database Storage (14)

Low Cost of deployment (11)

Low Cost of integration with old and new technologies

Automatic Operation (12)

Quick access (13)

Quick identification of Experts and Supervisors (15)

Message sending facilities (1)

Quick Communication (23)

Fast response time (10)

Agile (16)

Provide Spatial Data Instantly (GIS) (17)

A Robust System (19)

Reliability System (20)

Acceptable for use in Government (21)

Control of information traffic (Traffic Control) (18)

Space Research (24)

Automatic search for previous cases (2)

Knowledge Sharing (25)

System Performance Metrics (22)

User Performance Metrics (27)

Organizational Performance Metrics (28)

Capacity (29)

Flexibility (30)

Anyone may be able to use the System (31)

Quick Training (32)

Allow Simultaneous Access (33)

Identify the parties involved automatically (34)

Provide Rapid Reports (35)									
Capable of being connected to legacy systems (36)									
Data sharing (Interoperable with other architectures) (3									
System Check (38)									
A Prototype Construction (39)									

Q11 Now, do you think that the following Functional Requirements can be considered relevant/pertinent to be part of an Disaster Prevention Management Information System ? **NOTE: Functional Requirement (FR):** Define themselves as functional requirements of a system, those will specify a behavior or function in other words, are the characteristics of the system / product. They can also be called defining requirements. Usually include: Fixes, Updates, Cancellations, Business Rules, Administrative Functions, Authorization Levels, Certification Requirements, Reports, History, Laws and Regulations, Interfaces to the Outside Environment, etc. Please, answer according to your understanding.

	tr on gl y di s a gr e e (1)	ei th er Ag re e no	gr ee (4)	tr on gl y Ag re e (5)	do no t kn ow ho

r Disagree (3)	w to answer (6)

Originator Registration (9)

Tracing of data controllers (14)

Specify the location of the information (11)

Individual group rules (3)

Data Sharing (12)

Provide Access Reports (13)

Alerts on risk areas (15)

Occurrence reports (1)

Report on control points (23)

Graph Reports (10)

Report on alternative transport (16)

User Reports (17)

Report Alternative Routes (19)

Access to old data (20)

Inform supply points (21)

Determine a situation quickly (18)

Reduce Driven Vehicles (24)

Automatic making decisions (2)

Priority Information for the Disabled (25)

Automatic Risk Detection and Emergency Situation (22)

External queries (27)

Notify Groups and Times Dynamically (28)

Unregistered users only receive broadcasts (29)

Implementation of Structured Queries (30)

Levels of Access (31)

Instant Feedback from Experts (32)

Use of corporate technologies (eg SAP) (33)

Geographical based data (34)

Cross-platform access and query interfaces (35)

Avoid jogging (36)

Provide Middleware services (37)

Multilingual (38)

Exchange of information between teams (39)

Provide Expert Status (40)

Send custom messages (41)

Implementation of common taxonomy between modules (42)

Allow use of custom applications (43)

Implantation of importance levels for events (44)

Easy to add new modules (45)

Use of Mobile Networks (46)

Deploy resources to use networks and mobile devices (47)

Crisis Classification Process (48)

Continuous Monitoring (49)						
Working in different types of crisis (50)						
GIS Consultation Based Tools (51)						
User Intercace Customization (52)						
Intrusion Detection Devices (53)						
It does not have to be a programmer to configure (54)						
Levels of importance of the data (55)						

Q12 Now, do you think that the following Technical Solution can be considered relevant/pertinent to be part of an Disaster Prevention Management Information System ? - Technical Solutions (ST): are the requirements directly related to the solution or technical solutions to be used or that can be used to implement a functional requirement. For example: MySQL database, HTL5 inteface, Node.Js server, Litium battery, Intel processor, search with QuickSort, etc. In Table 10 we have the technical solutions found during the literature review. Please, answer according to your understanding.

	Strongly disagree (1)	is a agree (2)	either Agree nor Dis	agree (4)	trong Agree (5)	do not kno

agree (3)	w h o w t o a n s w e r (6)

Implementation of Prohibition Maps (3)

Relational Database (12)

Using OpenSource Technologies (13)

Open SQL (1)

SysML Modeling (23)

Multiple Data Formats (10)

Ensuring Energy Supply (16)

Standardization of Data Specifications (17)

Wireless Communication (19)

Common Datasets (20)

Distributed Computing (WEB) (21)

Searches based on Attributes (18)

Heterogeneous Specification (24)

Distributed Database (2)

Optimization of Communication Channels (25)

Distribution of data via WEB (22)

Message Encryption via SSH (27)

Application Oriented System (28)

Messages from / to Encrypted Experts (29)

UML Modeling (30)

Digital Representation (Depiction) (31)

Common Ontologies Between Modules (32)

Digital Map Storage (33)

Cluster Systems (34)

Broadcast type messages (35)

Multiple Data Repositories (36)

Use of Current Technologies (37)

Standardization of Emergency Signals (38)

Use of Non-Complex Systems (39)

Report Templates (40)

User Hierarchies (43)

WorkFlow Definition (86)

Q7 Are there other attributes (influence factors) that you consider important for Disaster Prevention Information Management Systems?

- ○ Yes (1)
- ○ No (2)

Display This Question:

If Are there other attributes (influence factors) that you consider important for Disaster Prevention Information Systems... = Yes

Q8 You chose "Yes" in the previous question. According to your expertise (and opinion), please fill in which are the other requirements that must be considered when developing a Disaster Prevention Information Management Systems.

- ○ Requirement-1 (1) _____
- ○ Requirement-2 (2) _____
- ○ Requirement-3 (3) _____
- ○ Others (comma separated) (4)

_____

Q9 Would you like to submit suggestions, opinions and other comments regarding the subject?

- ○ Yes (1)
- ○ No (2)

Display This Question:

If Would you like to submit suggestions, opinions and other comments regarding the subject? = Yes

Q10 Please enter your comments, your contact details, or whatever you wish.

_____

_____

_____

_____

_____

Apêndice VI – Very low Cost Disaster Weather Data Acquisition Device

Building a Remote Laboratory With Open Source Software to Test a Very low Cost Disaster Weather Data Acquisition Device

Anderson Foggiatto†, Eduardo de Freitas Rocha Loures,
Fernando Deschamps, Daniel da Silva Avanzi

Abstract

Using practical classes in the laboratory made by students is an important part of learning and is often the only way to present problems and real-world situations that are often not even considered or are simply forgotten during the development of a product or equipment. Ambient noise, problems with components, design errors, is some of the faced problems. However, for a university, school or technical course, physically keep a laboratory corresponds to have a high cost and often laboratories are underutilized or by student mobility problems up to him, lack of adequate training, physical location, among other difficulties.

With the popularization of the Internet [17], the ease of access via computer or mobile devices have emerged so-called Remote Labs which can operate 24 hours a day 7 days a week and moreover can be used by students of the institution or any authorized person while she was in the same location or anywhere in the world simply have only one internet access.

This application scenario is closely related do some domains as the one of disaster management. During the development of data acquisition devices for Disaster Prevention and Management Information Systems (DPMIS) the low cost is one of the most important non-functional requirements, especially in poor regions who constantly suffer at the action of the nature.

Thus, this article aims to demonstrate the use of multi-platform open source software and very low cost hardware (eg .: Arduino) in the development of a remote laboratory Able to demonstrate the viability of Weather Data Acquisition Device. A prototype was designed to demonstrate the potential of this combination.

Keywords

Remote laboratory, interoperability, disaster, management, system, Arduino

Introduction

According to [1] the educational process happens through the student's interaction with the environment, through challenges that excite the curiosity and reach learning.

In this way, the use of laboratory classes to fix knowledge is very important whether in a university, a technical college or in fundamental disciplines of primary, secondary or any level where contact with the real world is necessary. Through concrete experiences, learning becomes easier and more elaborate [1].

But today, maintaining a physical laboratory structure becomes a very high cost in terms of physical space, material, equipment, and space management. Besides that, all students need to go to the lab in the same time. In many cases only the students of the same educational institution have access to the respective laboratory, so that different institutions often have to build copies of laboratories for the same purpose.

With the advent of new technologies, broadband internet [17], cheapening and perfecting multi-media equipment and automation, its use for teaching has also become common in many institutions. The use of computers and digital projectors takes place on the blackboard and often the teacher himself. Watching a video of a cell division may be more profitable than a simple picture on the board followed by explanations.

Such technology combined with new and cheap hardware/ software features has made it possible to communicate at a distance, which also provides space for distance learning [24].

Joining the techniques of distance learning and the automation of some processes have become viable remote instrumentation and in turn, the development of remote laboratories.

But what is a remote laboratory?

A remote or online lab is basically characterized by the use of resources and IT to remotely manipulate a real experience related to any area of knowledge.

This actual experience will be subject to all the variables that normally act in a face-to-face experience [2], [3]. A remote lab can provide one or N different experiments. Each experiment can provide one or N measuring instruments and 1 or N real equipment.

There are now many successful labs or "WebLabs" around the world such as:

-MIT iLabs (USA): microelectronics, chemical engineering, polymer crystallization, structural engineering, signal processing;

-Deusto WebLab (Spain): open source; mechanical systems, programmable electronic devices;

-RRemoteLab (Portugal): LabVIEWTMbased WebLabs;

-G. Savastano (Italy): electric/electronic measurements;

-KyaTera project (Brazil): a WebLabs federation.

Many of these laboratories are developed through the use of LabView features or are based on proprietary systems that can be distributed or replicated for free and the negative point of some existing Web Labs is that they have their development through PHP pages or use Java Applets that imply the need to use / install a certificate for the exchange of messages between client and server.

In this way, the proposal of this article is the development of a totally independent system of any already existing remote laboratory platform and the use of state-of-the-art resources (such as Node.js, HTML5, Ajax, etc.) for the development of a small laboratory Remote via internet.

By not using Java applets and using HTML 5-based web pages, the lab becomes more portable as well as becoming simpler. Also, it is intended to demonstrate the feasibility and applicability of this type of development.

The implementation of this simple remote laboratory is also intended to test the feasibility of using softwares/database open source and low cost hardware in the development of a Disaster Management and Prevention System, since all remote laboratory architecture after some modifications may be used as the basis of a larger system.

A disaster prevention system, for example, needs to be constantly collecting information in real time [18] to be used in the detection of possible risk situations and many times the necessary hardware and devices are located in remote locations or far from the servers where The system finds itself installed and this characteristic is very similar to a remote laboratory which further motivates the development of this small system.

A Small Remote Lab as the Basis for a Large Disaster Prevention and Management System

For the construction of a DPMIS some steps are required such as: functional, nonfunctional requirements, system requirements, region where it will be installed, requirements of the professionals involved, use cases and so on. Some of the necessary steps are similar to the steps necessary for the construction of remote laboratories.

According to [2] there are 6 phases for the development of a remote laboratory, they are:

1. Didactic, Technical and User Requirements.
2. Technical Specifications.
3. Conceptual Synthesis.
4. Sizing Analysis and Simulation.
5. Detailing / Documentation.
6. Integration, testing and initialization.

During steps 3 and 6, occurs a relationship between physical, software and hardware engineering. As in [2], in the first two phases, the requirements of the project are raised, and QFD can be used to organize and filter correctly, deciding what should be implemented and its priorities. As mentioned earlier, during phases 3 and 6, the engineering decision-making will take place based on the requirements that were defined in the first stages.

As requirements looked for during the 6 steps we can mention:

-Cost reduction with laboratories, training of a wider range of students [24];

-Establishment of the knowledge presented in the classroom;

-Contact with real situations [23];

-Better use of resources available in an institution;

-Decrease the time limitation (can be accessed 24h 7 days a week);

-To bring knowledge to students located in regions with difficult access and few teaching resources [18];

-Sharing resources from institutions;

-Storing results for future reference;

-Usage registry and usage statistics;

-Increasing students' interest in the subject to be taught;

-Interoperability between the laboratory and their modules and other universities systems or devices.

Each type of institution linked to certain areas of knowledge will propose different types of experiences which will have their specific requirements/attributes, degree of importance and need. The proposed project in this article aims to remotely demonstrate the operation of an anemometer. For this, the following architecture was defined:

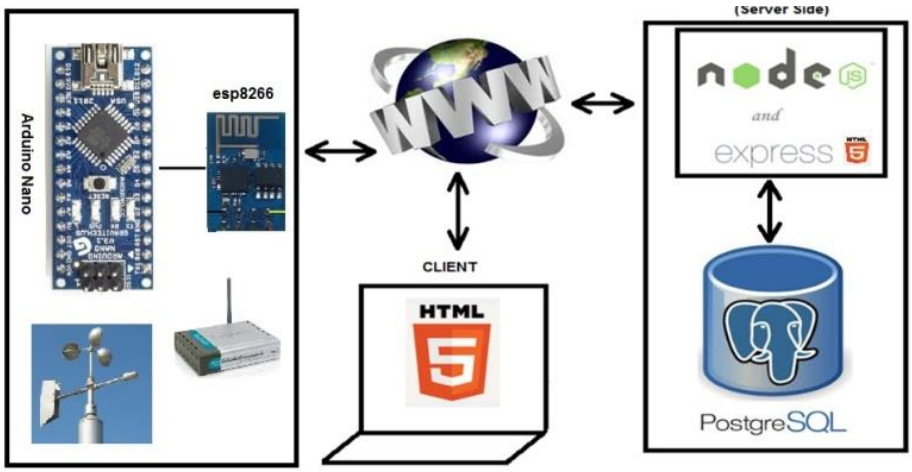


Figure 1 – Architecture.

This basic architecture has been achieved after analyzing the models of existing remote laboratories around the world, consulting specialists and verifying that they are usually based on old technologies such as Java applets, proprietary executables, PHP pages, etc. As well as project requirements we reached the following Use Cases for a first version:

1. The user must connect to the web site where a welcome screen will be displayed requesting User and Password;

2. After authentication, the experiment screen containing the experiment image, fan on/off button, table with instrumentation results, and button to exit the experiment will be displayed;

3. When you leave the experiment, the experiment ends and the values collected are recorded in the database along with the user information;

4. If the user chooses to go back to experience, the values will be reset.

Since this project intends to demonstrate and perform a pre-assessment of the applicability of new and open technologies in the development of Remote Laboratories and Systems of Prevention and Management of Information during Disasters, we can see some future possible implementations like: Scheduling of experiences made by a teacher, countdown to automatic termination of experience and release to another user, consultation of results from previous experiences and student use, wind speed adjustment and other readings such as rain, temperature and wind position, solar power, and so on.

The Software and Hardware architecture

Today, in the market there are, as already mentioned, weblabs (or online laboratories) based on PHP, Microsoft SQL Server, LabView etc. Through a research it was discovered that a vast majority of applications have been developed using HTML5, Node.js, Ajax, Java Script, CCS3, Web APIs, SOAP, JSON, Express, Apache Web Server, etc.

Due to the applicability and possibility of expansion and interoperability with other existing systems (Face book, twiter, etc) NodeJs + Express was chosen as web server and PostgreSQL as database. The default language will be HTML5 for the same reasons previously mentioned and for being also cross-platform and base for many mobile-like applications.

The software modules could be found in figure 1 where NodeJs is a platform based on the Google Chrome JavaScript engine that allows the construction of fast and scalable applications. Unlike other platforms like Tomcat and Apache, it is not a web server ready to be used. Your web server needs to be built and tailored to your needs. Also different from other web servers such as those previously mentioned, it does not have its object-oriented but rather event-oriented programming. The server side is very similar to the client side and both work by sending and receiving events. To use the Node.Js as Webserver is necessary to install the Express for Node.Js. It is a Sintra-based framework to be used in conjunction with Node.js which contains a vast number of features for web applications, a robust routing system, and other advanced features for creating web servers. Like Node.js, it is also cross-platform accepting HTML5, JavaScript, etc.

According to [4] the PostgreSQL is a relational database system (SGBDOR) and was initially developed by the Department of Computer Science at the University of California at Berkeley. It supports standard SQL and some of its features are: complex commands, foreign keys, triggers, views, transactional integrity, multi-version concurrency control, can be expanded, languages, procedural, etc. It is licensed, free and can be used, modified and distributed by any person for any purpose.

The HTML5 is the fifth version of HTML and is a language prepared to be a standard language for mobile devices. It incorporates numerous multimedia tools and resources to assist programmers in developing applications for the general public.

Talking now about the hardware there are today in the market several micro processed devices used for prototyping and learning that are also inexpensive, functional, very easy to program and very accessible to students, designers and amateurs. These very small devices adopt the concept of free hardware, which means that anyone can assemble, modify, improve and customize always starting from the same basic hardware. They are: pic, Arduino, raspberry pi and so on. The Arduino Nano was chosen for its design due to its size, price and consumption. The figure 2 illustrates its appearance and pinning.

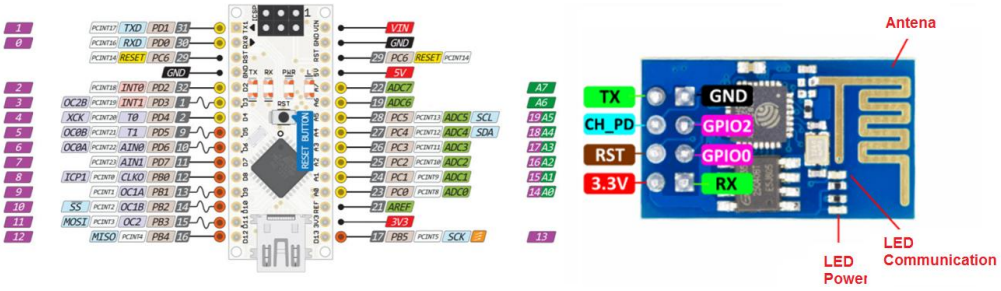


Figure 2 - The Arduino Nano and WiFi ESP8622 v1.

As a Wi-Fi module, esp8266 esp-0 was the first version to be released. With this module, it is possible to connect any device that has serial communication in 802.11 b/g/n wireless networks, sending and receiving data in AP (Access Point) and STA (Station) modes and can even transform it On a Web Server if necessary. Even containing some bugs proved to be able to perform the functions it proposes. It was possible to sample at intervals of 1 second, which was sufficient for an experimental metrological system. Also in figure 2 we can see the appearance and pinning of the module.

The WiFi router used was the DI-524 as displayed in Figure 1 with which the best connection results were obtained using only the basic factory settings. As a server, a Latitude E 6400 DLL was used with Windows 7 32-bit installed. PostgreSQL version 9.6 was installed.

The anemometer used in the project was developed with the use of scrap.. The shells responsible for capturing the force of the wind were made of table tennis balls because they were very strong and spherical as shows in figure 3. As an axis, an HD head bearing was used. The structure was developed in machined aluminum and brass. As a rotating sensor, an infrared sensor was taken from a floppy disk drive. Here are some pictures of the device. The photo transistor was connected directly to one of the interrupt inputs of the Arduino.

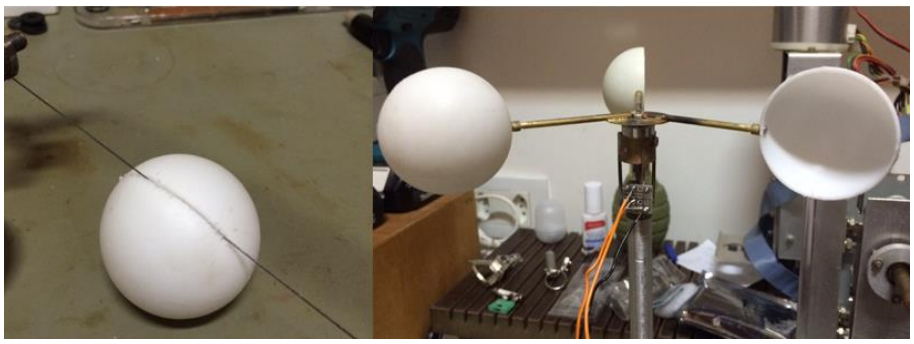


Figure 3 - The Anemometer nade of scrap.

The light beam is cut by a disk containing 4 ditches to obtain greater accuracy in the wind speed measure.

The Implementation and Operation

The project was started by programming the Arduino in order to connect it to the WI-Fi module. The electrical connections diagram can be seen as follows:

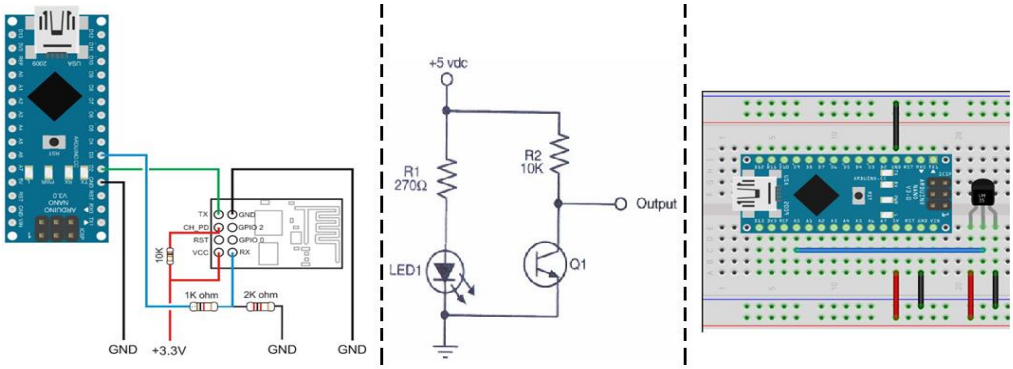


Figure 4 – WiFi module connected to Arduino, anemometer circuit and LM35 Temperature sensor connected to imput A0.

For powering the Wi-Fi module, the voltage regulator LM1117 (voltage regulator 3.3v) connected to the 5v output of the Arduino Nano was used. Pins 2 and 3 were used as data pins for the serial interface. The photo transistor for the collection of anemometer rotation numbers was connected according to the diagram also in figure 4.

As extra data, the temperature collection was also performed using the LM35 sensor as shown below connected as demonstrated also in figure 4.

For the serial communication, we used the library called SoftwareSerial.h and for the initialization of the timer and interruptions, we used the library called TimerOne.h. The best communication results were obtained between the Arduino and the Wi-Fi module using a communication rate of 19200. Thus, with all the hardware being properly connected and functioning, a GET function with the JSON protocol was implemented. Thus, whenever a GET-type message is received by the wi-fi module containing the parameters below, a response in the JSOM format is also sent in response:

ActionID?q=3

In order to be interpreted by the generator of the GET message, it was necessary to implement the following header in the response:

```
String jsonResponse = "HTTP/1.1 200 OK\r\n";
jsonResponse += "Access-Control-Allow-Origin: http://localhost:3001\r\n";
jsonResponse += "Access-Control-Allow-Methods: POST, GET, OPTIONS, HEAD\r\n";
```

```
jsonResponse += "Access-Control-Allow-Headers: X-Requested-With\r\n";
jsonResponse += "Content-Type: application/json\r\n";
jsonResponse += "Content-Length: ";
String cipSend = "AT+CIPSEND=";
cipSend += connectionId;
cipSend += ",";
cipSend += jsonResponse.length();
cipSend += "\r\n";
```

Where the variable "jsonResponse" contains the message with the data collected by the hardware:

Ex.: jsonResponse +=
"[{\"DEVICEID\":\"DMIS1\",\"wind\":1.23,\"rain\":25,\"temperature\":26}]";

Where in the above example, 1.23 corresponds to wind speed in m / s 25 corresponds to 25mm of rain per minute and 26 is the temperature in degrees Celsius. With this hardware it was possible to perform a "GET" every 1s and there is still the possibility of improvements in both software and hardware to obtain a smaller sampling interval.

If the received GET message contains the parameters "ActionID? Q = 1" or "ActionID? Q = 0", pin 13 of the Arduino is set high or low respectively, allowing the winding Experience can work without the need for external agents.The TIP32 transistor was used as the power driver according to the diagram in figure 5.

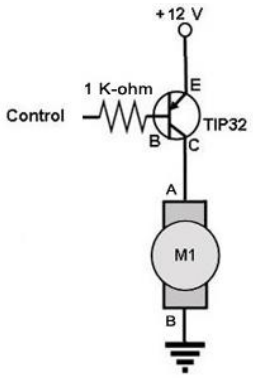


Figure 5- Fan Power Driver used.

A 12V / 720mA switched source was used to power a computer fan without compromising Arduino power. It was necessary to place an electrolytic capacitor in parallel with the power supply of the Arduino to eliminate noise.

Already with the hardware working it was possible to start the development of WebServer. Initially, Node.Js and Express were installed. For the execution of the commands, Git Bash

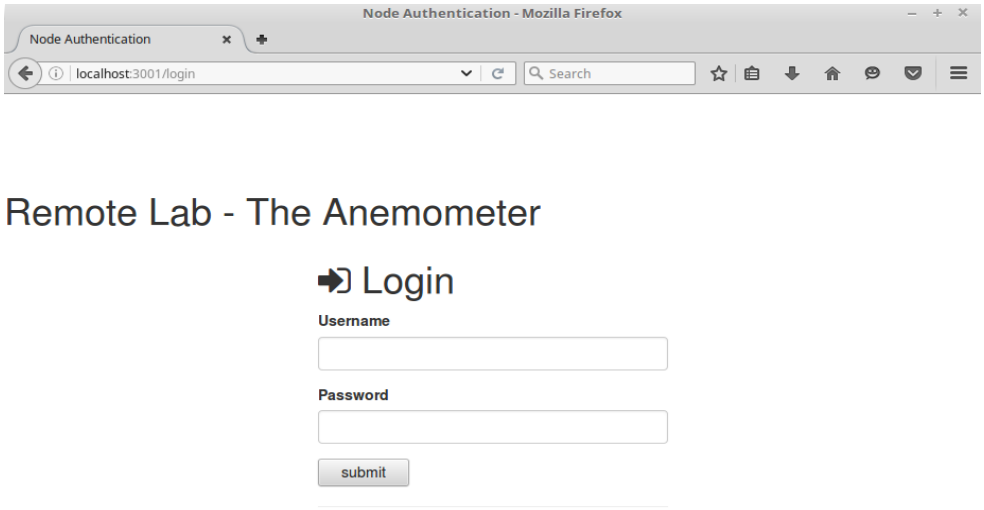
was also installed (it provides a GIT command prompt, as well as some very useful Unix commands). All the necessary software and guidance regarding Node.JS can be found at the [10]. The guidelines and download links can be found at [11].

The following commands were used:

$ npm install express --save
$ npm install body-parser --save
$ npm install cookie-parser --save
$ npm install multer --save

The port 3001 was configured as the default port. The next step was to install the PostgreSQL database and used the link found in [5].

The module called "passport-session" is used to validate the active section by recording the active cookies in a table in the PostgreSQL database. A login screen was implemented where the user is instructed to enter the user and password (previously registered in the database). Only after authentication, the experiment screen is released.



Fiure 6 - The login web page.

After login, the experiment screen is displayed containing the control buttons, the data collected and the image of the experiment as shown in figure 7.

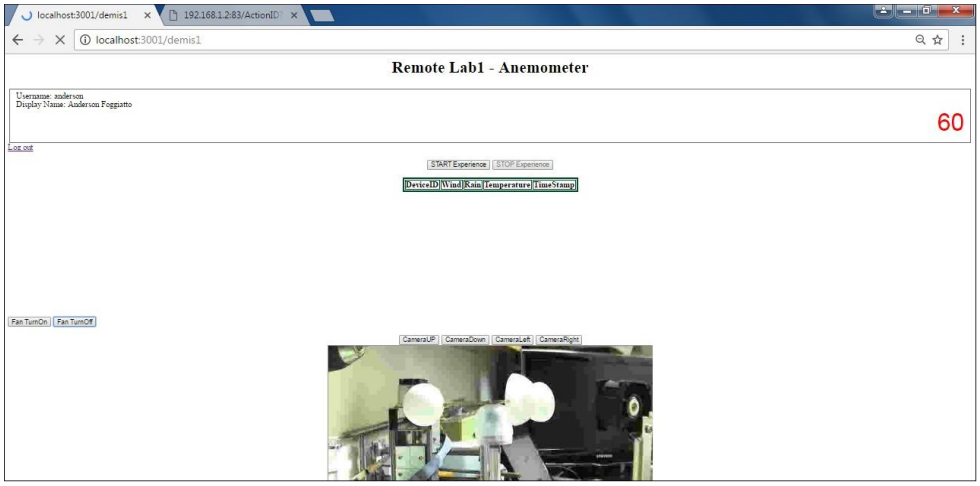


Figure 7 - The Experience Web page.

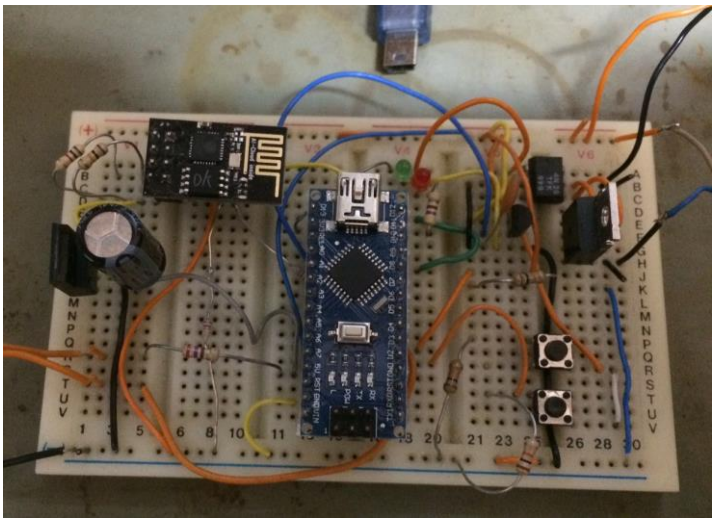


Figure 8 - Hardware.

In figure 8, we can see the hardware assembled in protoboard. The power is initially being made through the computer's USB port, but an external 5V source can be used.

In the experiment screen, a button called Start Experiment must be pressed, then a Json type GET message is sent to the Arduino which connects the fan directed to the anemometer and the end of the experiment button is released enabling the fan shutdown and shutdown any time. After this time the experiment page will send a data request message at every 2 second intervals. The data received, via the internet, is then added to a table. Along with a given sample collected, the date and time are added so that the user of the experience can have a sense of what is happening. At the bottom of the screen, the image of the experiment is shown proving that the data you have acquired is actually from a real experiment. In figure 9, you can see the screen of the experiment in progress and in figure 10 we can see the screen with the experiment finished.

Figure 9- Experiment in progress.

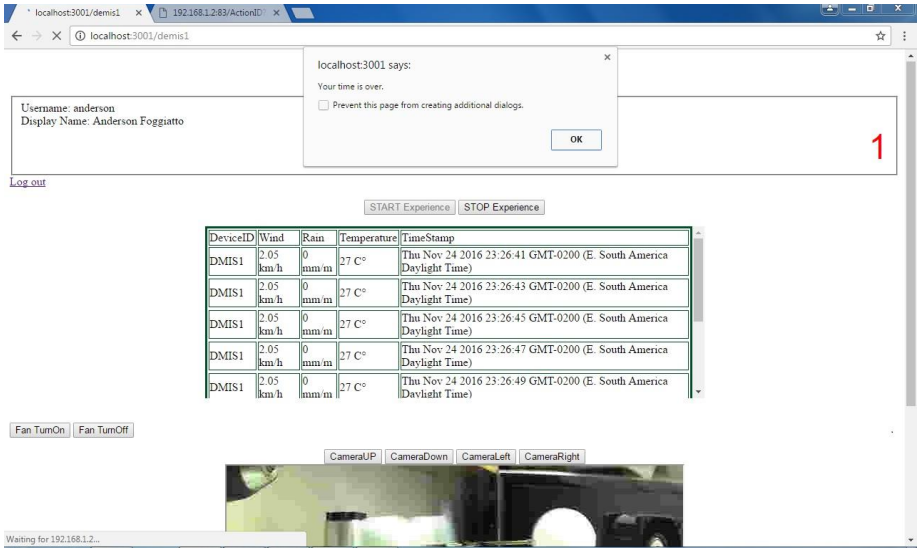


Figure 10 - Experiment time is over.

By pressing the LogOut button, the user immediately exits the experience by releasing it to a next user. Small improvements have been identified and may be supplemented in an upcoming release to provide more information to the user such as: a counter showing the time remaining for the end of the experiment, blocking other users while the experiment is in use, stopping the experiment by clicking LogOut button, etc.

Problems during Implementation

During the implementation were found some problems such as:

● Difficulty in performing the initial configuration of the esp8266 module.

Although there is extensive documentation and examples in the internet due to the version of the module used in this project being very old (esp0), the first version, numerous connection

problems were found. First the module did not respond to any eating then it was necessary to raise the serial communication to the tack of 115200.

After the first serial communication with the module, it was possible to configure it as a Wi-Fi client instead of Access point. Then the connection to the router was started. Then we possible to realize that esp0 version cannot connect to certain newer routers. For this reason a DI-524 router configured as 802.11g was used.

The new versions of this module esp07 to esp-12 already have a better shield, ceramic antenna, and support the new protocols of communication; however they have been identified problems of communication with the Arduino nano. The new versions also allow direct programming of the module because they have outputs and data inputs eliminating the need for an external processor for the development of applications.

● Communication problems between Arduino and esp8266

In addition to the use of a voltage regulator since, unlike the Arduino, this module must be powered with 3.3v. Another finding was the need for a voltage divider on the TX output of the module when connected to the RX of the Arduino. Without the voltage divider it was possible to send commands to the module but could not receive data from it.

● Sending and receiving data packages

During the Arduino programming an important fact is the respect to the delays required during the sending and receiving packages.

For sending data from the module to the Arduino, a timeout of at least 200 milliseconds was achieved. Already to read a new package, it was necessary to configure a delay of 300 milliseconds. Minor intervals caused communication and locking problems of module esp8266.

● access failures when accessed by Mobile Devices

Problems were observed for the execution of routines written in Java script when the system is accessed through devices with IOS or Android.

In summary, the major problems encountered were in relation to the hardware.

As for the software, after the installation of Node.Js, PostgreSQL, Express, the development of the software part ran according to the programmed and was possible to learn different concepts since now the programming is based on events. After finalization and synchronization adjustments, a sampling interval of 1s was achieved. Relatively good time since the module version and the WiFi communication protocol are old.

Experience with other Developers

As in [17] and in order to evaluate the small remote laboratory and the technologies used, a period was provided so that several engineers, analysts and computer technicians of a large company could use and evaluate the operation of the remote laboratory that was developed to evaluate the technologies used to construct the same.

A total of 26 people had the opportunity to connect remotely and perform the experiment. There was also a seminar explaining how the system was developed, languages used, hardware etc.

Soon after the experiment, each user was invited to respond to a questionnaire where each question could be answered with one of the following options: (5) Strongly Agree, (4) Agree, (3) Neither Agree nor Disagree, (2) Disagree or (1) Strongly Disagree

In the table 1 we can see the questions presented in the survey:

Q1)	Does the type of experience chosen have the complexity required to test the developed data acquisition system?
Q2)	How much do you agree you are in relation to the programming languages used for the development of the remote lab developed.
Q3)	What do you think of the choice of open source software for system development?
Q4)	How much agreement did you get in relation to using hardware like Arduino and low cost wifi modules?
Q5)	Can the proposed system simulate a real laboratory environment?
Q6)	Does the proposed laboratory teach the concepts of wind speed measurement as proposed?
Q7)	The simulations were properly designed.
Q8)	As a whole, does the proposed system work correctly?
Q9)	Are you convinced that the proposed system can be used for data acquisition in real time?
Q10)	Do you think the low cost of the system does not detract from the quality of your learning?
Q11)	In your opinion, did not the low cost of the devices influence in the operation of the system?
Q12)	Would you like to use the same software and hardware capabilities to develop any other type of system?
Q13)	Would you use a similar system to send real-time data to an Information Management and Disaster Prevention System?

Table 1 - Questions of the survey.

In the table 2, we can see the results of the survey.

Question:	Strongly Agree (%)	Agree (%)	Neither Agree nor Disagree (%)

Q1	58	38	4
Q2	62	35	4
Q3	88	12	0
Q4	85	15	0
Q5	65	31	4
Q6	62	38	0
Q7	73	27	0
Q8	65	35	0
Q9	88	12	0
Q10	100	0	0
Q11	92	8	0
Q12	58	31	12
Q13	65	35	0

Table 2 - Results of the Survey.

In this way, one can see that the search result was very good, and this means that the software and hardware used for this simple experiment has great possibilities of being reused for the development of other remote laboratories or for the development of other requests that require monitoring or data collection remotely.

A very important issue for the project under development is the issue of number 13 which presented an excellent result after research and showed that the author is heading in the right direction.

Future Developments

As this project will be part of a master's dissertation aiming the development of a reference architecture for DPMIS (Disaster Prevention Management Information System) there are some improvements that were identified during the development of this first prototype such as:

- Use of newer versions of the module esp8266 or similar to make the sending and receiving of data over the internet more robust.
- Use of more accurate temperature sensors. Example: DHT11.
- Implementation of the collection of other data such as: UV, wind direction, lightning detection, humidity, pressure, etc.
- Development of a user-friendly interface.
- Implement routines that can be run on IOS or android.

- Implementation of daily charts and reports.
- Data encryption.
- Implement scheduling of experiments through a specific interface for teachers or supervisors.
- Implement a countdown and options for the user to end the experiment.

Conclusion

The development and use of remote laboratories in universities and institutions is becoming a more and more common practice. Thus, the reduction of the cost of installation, maintenance and the time required for the development and implantation of remote laboratories or online laboratories are very important factors to make feasible and motivate the use of them. The same factors and the reduction of the modules/peripherals of disaster prevention and management systems are also very important requirement today.

In this way, the project presented in this article showed that both remote laboratories and disaster prevention and management systems can be developed at a low cost by taking advantage of new families of experimental hardware such as the Arduino family and open source software such as Node.JS. This article also demonstrates that there is many gaps for future development and improvement, but that a cheap and simple project can already bring amazing results and help in the difficult task of teaching and preventing or managing disasters situations.

10.1.1.1.1 References

1 ARROS, Jussara De. "Aula de Laboratório – lugar de aprendizagem "; Brasil Escola. Disponível em <http://brasilescola.uol.com.br/educacao/aula-laboratoriolugar-aprendizagem.htm>. Acesso em 11 de outubro de 2016.

2 L. A. Mendes, M. Debner, and M. T. C. de Siqueira, “Systematization of the WebLabs Development Process: Towards an Approach Proposal,” in International Conference on Engineering Education, ICEE-2010, 2010, pp. 1–9.

3 Callaghan, Harkin, Maguire (2007). "Paradigms in Remote Experimentation", International Journal of Online Engineering (iJOE), Vol 3, No 4 (2007)

4 Ferreira, Sousa, Nafalski, Machotka, Nedic (2010). "Collaborative learning based on a micro-webserver remote test controller", Bridgeport, University of South Australia, p. 10.

5 Documentation of PostGreSQL, official Site. Available at: http://pgdocptbr.sourceforge.net/pg82/intro-whatis.html. Acessed at 19 october 2016.

6 Scherner, T., & Fritsch, L. (2005). Notifying civilians in time - disaster warning systems based on a multilaterally secure, economic, and mobile infrastructure. In Association for Information Systems - 11th Americas Conference on Information Systems, AMCIS 2005: A Conference on a Human Scale (Vol. 2, pp. 838–847).

7 Köhler, P., Müller, M., Sanders, M., & Wächter, J. (2006). Data management and GIS in the Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM): From integrated spatial data to the mapping of risk. Natural Hazards and Earth System Science, 6(4), 621–628.

8 Mukhopadhyay, B. & Bhattacherjee, B. (2015). Use of Information Technology in Emergency and Disaster Management. American Journal of Environmental Protection. Vol. 4, No. 2, 2015, pp. 101-104.

9 Frémont, G., Grazzini, S., Sasse, A., & Beeharee, A. (2010). The SafeTRIP project: improving road safety for passenger vehicles using 2-way satellite communications. In ITS World Congress Busan.

10 Node.Js official Site. Available at: https://nodejs.org. Acessed at 18 october 2016.

11 Express Web Server for Node.Js official Site. Available at: https://www.tutorialspoint.com/nodejs/nodejs_express_framework.htm Acessed at 18 october 2016.

12 Soares, F., Leão, C. P., Carvalho, V., Vasconcelos, R. M., & Costa, S. (2014). Automation and Control Remote Laboratory: A Pedagogical Tool. International Journal of Electrical Engineering Education, 51(1), 54–67. https://doi.org/10.7227/IJEEE.51.1.5

13 Calvo, I., Barambones, O., & Lopez-Guede, J. M. (2011). A simple but powerful remote laboratory for teleoperating induction motors. International Journal of Electrical Engineering Education, 48(2), 161–177. https://doi.org/10.7227/IJEEE.48.2.4

14 Rubner, G. (2017). First-year undergraduate teaching of electrical and electronic engineering: innovation and inspiration. International Journal of Electrical Engineering Education, 54(4), 281–282. https://doi.org/10.1177/0020720917694997

15 Geaney, G., & O'Mahony, T. (2016). Design and evaluation of a remote PLC laboratory. International Journal of Electrical Engineering Education, 53(3), 212–223. https://doi.org/10.1177/0020720915622468

16 Barata, P. N. A., Filho, M. R., & Nunes, M. V. A. (2015). Virtual reality applied to the study of the integration of transformers in substations of power systems. International Journal of Electrical Engineering Education, 52(3), 203–218. https://doi.org/10.1177/0020720915583865

17 Fuertes, J. J., Domínguez, M., Prada, M. A., Alonso, S., & Morán, A. (2013). A Virtual Laboratory of D.C. Motors for Learning Control Theory. International Journal of Electrical Engineering Education, 50(2), 172–187. https://doi.org/10.7227/IJEEE.50.2.6

18 Gardel, A., Bravo, I., Revenga, P. A., Lazaro, J. L., & Garcia, J. (2012). Implementation of industrial automation laboratories for e-learning. International Journal of Electrical Engineering Education, 49(4), 402–418. https://doi.org/10.7227/IJEEE.49.4.4

19 Scutaru, G., Cocorada, E., & Pavalache-Ilie, M. (2011). The remote laboratory as a European educational workspace. International Journal of Electrical Engineering Education, 48(3, SI), 252–263. https://doi.org/10.7227/IJEEE.48.3.4

20 Calvo, I., Barambones, O., & Lopez-Guede, J. M. (2011). A simple but powerful remote laboratory for teleoperating induction motors. International Journal of Electrical Engineering Education, 48(2), 161–177. https://doi.org/10.7227/IJEEE.48.2.4

21 Boix, O., Gomis, O., Montesinos, D., Galceran, S., & Sudria, A. (2008). Comparative experiences in remote automation laboratories with real plants. International Journal of Electrical Engineering Education, 45(4), 310–320. https://doi.org/10.7227/IJEEE.45.4.4

22 Bjelica, M., & Simić-Pejović, M. (2018). Experiences with remote laboratory. International Journal of Electrical Engineering Education, 55(1), 79–87. https://doi.org/10.1177/0020720917750960

23 Donadel, C. B., Fardin, J. F., & Encarnação, L. F. (2018). Educational tool for radial electrical distribution networks analysis and optimization studies involving distributed generation units. International Journal of Electrical Engineering Education, 55(1). https://doi.org/10.1177/0020720917750953

24 Cavalcanti, J., Figueredo, L. F. C., Ishihara, J. Y., Bernardes, M. C., Santana, P. H. R. Q. A., Vargas, A. N., & Borges, G. A. (2018). A real-time web-based networked control system education platform. International Journal of Electrical Engineering Education. https://doi.org/10.1177/0020720917750952

25 Yabanova, I., Taskin, S., & Ekiz, H. (2015). Development of remote monitoring and control system for mechatronics engineering practice: The case of flexible manufacturing system. International Journal of Electrical Engineering Education, 52(3), 264–275. https://doi.org/10.1177/0020720915586421

Apêndice VII – Proposal of a Framework for a Disaster Management System

Proposal of a Framework for a Disaster Management System

Anderson Foggiatto[1], Daniel Avanzi[1,2], Eduardo de Freitas Rocha Loures[1,3], Fernando Deschamps[1,4]

[1] Industrial and Systems Engineering Graduate Program, Pontifical Catholic University of Parana – Curitiba, Brazil
[2] Instituto Curitiba de Informática, Curitiba, Brazil
[3] Federal University of Technology - Parana – Curitiba, Brazil
[4] Department of Mechanical Engineering, Federal University of Parana – Curitiba, Brazil

Abstract

During a disaster, the more coordinated the response, the lesser its impacts are. One of the factors that has a major influence in response coordination is the interoperability among involved actors – public and private entities that interact to exchange information through the communication of people and systems. This factor is critical because it allows an efficient and effective mobilization of available resources towards reducing the effects caused by an event. This work proposes a framework for the development of Disaster Management Systems (DMS) that promote real time communication (information flow and process coordination) among different involved entities, primarily focusing on interoperability in its different levels. This framework is based both on a literature review of scientific works and a survey of worldwide initiatives related to improving disaster response. The main components of the related framework architecture are an SDK (software development kit), a common relational database, multiple communication platforms (e.g., a Web portal and a mobile app), and low-cost hardware to better collect and make needed information available quickly and accurately.

Keywords: disaster management, interoperability, disaster management system, disaster response

1. Introduction

Imagine the following situation: the notification of a large crash on a highway simultaneously arrives at more than one police or fire departments at the same time, either by SMS or phone. All of these police or fire departments register the event in their own database systems, which are not integrated. The result most likely will be:

- more than one response team being sent to the crash area to attend any casualties; and
- compromised mobility at the site, by the concentration of response teams' vehicles in a small area.

This is a hypothetical situation that actually came to reality in the city of Witten, Germany. A small fire occurrence mobilized many emergency teams from cities nearby. There were so many firefighter's trucks and police cars near the event site that it was necessary to create a special plan to remove all vehicles in order to establish a normal traffic flow for the city and to better respond to the incident. This situation illustrates how important information flow and integration among different stakeholders involved in the response to an incident are.

In most countries, officers and volunteers involved with disaster response use only land lines, mobiles phones or radios to receive/transmit disaster notifications and dispatch response teams [1]. There is minimal use of automatic or computer-supported/aided disaster management systems and people play a central role in identifying potential situations and informing all interested parties. Additionally, there is seldom a way to detect the proximity of a disaster, when possible, to try to minimize its impacts – either because of the lack of information or the data required is spread through different sites or systems and is not analyzed in a joint manner [2].

The problem described in the previous paragraphs is an interoperability problem. Interoperability is considered the capacity that two or more systems have to collaborate, exchanging information and coordinating

actions. Interoperability, hence, is an important characteristic for a disaster management system. Today, there are different tools and technologies that could be used to increase interoperability, guaranteeing a good communication among stakeholders involved in disaster management and better organizing information, making it accessible to all. These technologies, when used in the correct manner, are likely to increase the effectiveness of disaster response.

This work proposes a framework for disaster management that enhances interoperability, presented in Section 4. For this to be possible, different existing frameworks related to disaster response are examined in Section 3, as well as the literature on disaster management and interoperability is reviewed in Section 2. It is hoped that this framework may serve as the basis for the definition of the architecture of different disaster management systems that integrate the efforts of responders and consolidates information related to disaster management activities.

2. Review of Literature

Literature regarding disaster management and interoperability was reviewed and is presented next.

2.1 Disaster Management

The management of activities in disaster situations primarily focuses on three key aspects: the protection of lives, property and the environment. Disasters may be classified as natural or human-caused. The first category encompasses events like earthquakes, floodings, storms, hurricanes, tornadoes, cyclones and forest fires. The second category encompasses events such as the collapse of buildings, airplane crashes and fires in buildings. It must be noted that regardless of the category of the disaster, it is a huge challenge for emergency services to mitigate such situations in an efficient and coordinated manner [3].

Information is an essential asset when it comes to handling different types of disasters in a rapid and coordinated way. Police, fire, health, civil defense and other organizations need to be efficient when they work not only individually, but also in a coordinated manner, considering the inter and intra organizational aspects, in addition to different hierarchical levels [4]. Some authors argue that the response to a disaster requires a task force in an attempt to predict how the situation will unfold or solve any issue mainly through the management and integration of involved parties [5].

Coordination requires that the information is updated, requiring real-time communication. For that to occur, the support of Information and Communication Technology (ICT) systems integrated in disaster management is required, making the exchange and processing more efficient and safe [4]. Considering the fact that an ICT system is a visible part of an organization, many collaboration and communication issues may be addressed through the use of technology, particularly through the implementation of a Mediation Information System (MIS) based on a Service Oriented Architecture (SOA) to allow the exchange of information between stakeholders [6].

In this regard, Crisis Information Management Systems (CIMS) have been part of the prevailing concept of a MIS for disasters and emergencies. Its purpose is to provide a complete set of ICT functions to address the many needs of the actors in disaster management. There are other terms, such as Critical Incident Management System (also CIMS), Disaster Management Interoperability System (DMIS), and Incident Management Systems (IMS), but CIMS is emerging as the preferred term for the entities that need to have such a system to meet the main needs regarding to the management of a disaster, especially in the exchange of information, allowing for joint and coordinated action of those involved [7]. Some of the actions performed by such systems are [8]:

- assess the situation in the beginning and during the disaster;
- start, maintain and control communications;
- identify the incident management strategy, developing an action plan with existing resources;
- request additional resources;
- develop an organizational command structure;
- continually review action plans;
- provide continuation, transfer and termination of a call.

For disaster management to occur properly, it is required that the exchange of data between organizations is updated in real time [4]. The efficiency of the response is determined by the speed and precision that information can be managed and exchanged between partners (organizations, people, and devices involved in the collaboration). Thus, the main goal of a framework for a disaster management system should be to address the problems of collaboration of organizations through the use of interoperable systems that meet business requirements [5].

2.2 Interoperability

Interoperability is defined by the European Commission as a broad concept encompassing the ability of organizations to work together in pursuit of common and mutually beneficial goals [9]. Interoperability concepts allow an assessment of attributes related to those involved, resulting in the actual capacity of communication

between them. This ability to interoperate can be affected by conceptual, technological and organizational barriers [11]:

- Conceptual: syntactic and semantic differences in the exchange of information., usually associated with a high level of abstraction.
- Technological: incompatibility of information and systems.
- Organizational: directly related to behavioral factors of the organization, such as business processes.

One of the main activities related to enhancing interoperability is the identification of the best assessment method for each type of situation, allowing the measurement of the degree of interoperation between entities (Enterprise Interoperability Assessment - EIA), which in turn helps the specification of integrated solutions in the field. This type of evaluation identifies strengths and weaknesses, enabling the prioritization of actions in order to enhance interoperability performance and maturity [10]. There are some models of Interoperability Maturity Models (IMMs), resulting in the potential degree of interoperation and may be in relation to another entity (a posteriori) or not (a priori) [11].

However, even with the support of EIA, applying interoperability concepts in an organizational environment is not a trivial activity, and even more complicated in the public sector, since the complexity, barriers and variables of a government organization can be different from those found in private companies. The best definition of the activities to be taken are often specified in interoperability frameworks, which define standards and best practices aiming at the success of organizational interoperability. According to the EIF framework, the interoperability architecture of an organization is not static, and over time, according to technologies, standards and requirements may be modified to better fit its needs [12].

3. Related Works

Among several initiatives, this paper highlights some of the most relevant for disaster management and interoperability.

3.1 DECIDE (04/2015 - 06/2016) - Decision Support System for Disaster Emergency Management (Greece)

DECIDE aims to support emergency situations arising from both natural and human causes by enabling authorities to enhance their resource use capacity and contributing to the prevention of problems. Its premise is that actions needed to handle a disaster are not performed effectively, failing to engage different parts of the solution and seldom creating preventive actions. To address this issue, DECIDE proposes an Intelligent Decision Support System (IDSS), which promotes increased efficiency and managerial skills of local authorities and stakeholders to respond effectively to natural and human disasters, with specific goals like [13]:

- use of innovative technologies strengthening the capacity of local authorities for effective and efficient coordination in the prevention and response processes against risks;
- strengthen the capacity of local society to take immediate action in critical moments of an emergency event, often preventing the expansion to a larger disaster, considering all sectors that can contribute to the control of the event, such as public authorities, non-governmental organizations, volunteers, the private sector and media, among others;
- reach everyone involved through training and information sharing; and
- contribute to economic and social development of the regions involved, in a safe, effective and affordable way.

The proposed IDSS supports: civil protection units; routing in emergency situations; recommendations for optimization measures considering a cost/efficiency analysis; GIS-based network (Geographic Information System) and risk mapping; definition of roles and responsibilities; alerts and warnings; management scenarios and users; and different user interfaces (Web-based, smartphone-based, and others).

3.2 SAVE ME (10/2009 - 09/2012) - System and Actions for Vehicles and transportation hubs to support Disaster Mitigation and Evacuation (United Kingdom)

SAVE ME aims at developing a system that detects natural and human-caused disasters throughout the transportation infrastructure, with a strong focus on evacuation, in order to preserve the lives of all those involved. It considers special cases, such as children, the elderly and even disabled, which may have greater difficulty in these situations [14].

SAVE ME is based on a common ontological framework for hazard recognition, classification and mitigation, innovative algorithms on human behavior, standardization of elements of human intuition and other holistic visions of disaster management. It uses a Wireless Sensor Network with a fault tolerant communication network infrastructure for emergency detection, environmental awareness and travelers position and movements monitoring. This information is used in a real-time data simulator along with a Decision Support System, which results in actions to be taken in disaster mitigation.

SAVE ME is also concerned with the training of those involved, providing content and tools for operators, rescuers and the general public. It also provides guidelines to infrastructure/vehicle operators and designers, and standardization measures for policy makers. Studies related to the use of SAVE ME in the United Kingdom have shown that:

- it generated an ideal evacuation plan for every traveler class, providing 98% of accurate information to users;
- 96.5% of emergency events detected by the Wireless Sensor Network (WSN) were transmitted to the system Decision Support (DSS) within 60 seconds;
- it detected 100% of travelers and rescuers with a location module indoors;
- 95% of respondents state that the system could improve the general procedure for passenger evacuation in emergencies, and 60% reported that it would change the way they would behave if faced with an emergency situation; and
- 26% of respondents specifically highlighted the effectiveness of its Collective Herding Guidance Screen.

3.3 SAFETRIP (10/2009 - 03/2013) - Satellite application for emergency handling, traffic alerts, road safety and incident prevention (France)

The overall objective of SAFETRIP is to improve the use of road transportation infrastructure and alert systems, mainly through information on prevention and intervention in case of incidents, providing an integrated data capture for greater safety of those involved. SAFETRIP contributes directly to the concepts involved in the safety of road transportation, resulting in the reduction of road deaths and environmental protection [15]. The main contributions of the initiative are:

- an integrated platform that allows any company to develop applications for the road market;
- innovative satellite technologies and communication features, mainly through precise satellite positioning (GPS/EGNOS/GALILEO) and two-way data communication via satellite; and
- integration into vehicles of a device called “Greenbox” that offers universal two-way communication for emergency and disaster recovery situations.

4. Disaster Management System (DMS) Framework

This section presents the proposed framework for the development of a Disaster Management System (DMS) based on the review of the literature and the analysis of related works aimed at providing a greater degree of effectiveness in disaster management. During the literature review it was found that there are some indispensable features for such a system like: interoperability between modules, use cases modeling, Web-based user interface, continuous operation, different access levels, and data integrity. There are also desirable but at first dispensable features such as access to GIS information, quick reports, and spatial querying, among others. The proposed framework guides the conception of a DMS to make use of low cost software and hardware resources, and provide a more efficient way to establish integrated communication between stakeholders involved in a disaster online and in real-time.

Through a modular approach, new modules could be included or removed according to necessity. An engine working 24/7 could detect and automatically prevent a hazard or send actions items for the interested parties. Connections with mobile devices could help stakeholders to work in any place. Old data stored in a database could be accessed and used as a knowledge database. Interoperability between the modules could guarantee the flexibility and reusability of the system core and stored knowledge data. A clustered server approach could be used to guarantee the continuous operation in case of technical outages.

The proposed DMS architecture is based on a database architecture in which the stored information is provided by the population, official entities and low cost hardware devices. For example, a person could use a Web-based portal to inform that a tree fell on a street. A police man could inform by his car terminal that a street is closed. A firefighter could use a mobile app to inform the necessity of volunteers to help in a forest fire occurrence. Sensors could identify that a river level is above normal and send an alert to the database. Then an engine can identify and filter information based on previously registered thresholds and generate and send events for the everyone that is interested.

The proposed DMS framework architecture can be divided in the following parts:

- *Main database:* stores details of all occurrences, as well as any relevant information related to them.
- *Auxiliary Database:* stores users, access rules, alert descriptions, alert thresholds, access levels, event types and event subscribers. This database also contains reports scripts.
- *Engine:* softer, multithread service, responsible to examine all occurrences based on their types, thresholds and origin, generating the related action items and sending them to the correct destination.
- *Administrative User Interface:* applies access rules and enables/disables users. Only a restricted group of people needs to have access to this.

- *User Interface:* Web portal, mobile app, desktop software, or dedicated hardware, among others. These will be the interface through which someone is able to register occurrences, or receives notifications.
- SDK (Software Development Kit): Windows DLL or OCX or other computational component possessing a standardized set of rules and protocols that enables the development of computational systems that may access the system to communicate with it, providing or receiving information. This module is dedicated to developers that are responsible to develop and integrate systems. The SDK is also a way to improve the interoperability of the system.

Figure 1 shows the preliminary proposed DMS conceptual model. At first, probably, not all components will be implemented but the figure demonstrates the power of this architecture to integrate different stakeholders. The modular approach and the concern with interoperability between modules allows that new components could be included at any time. The engine could implement "use cases" that are related to inquires from the different users or teams.

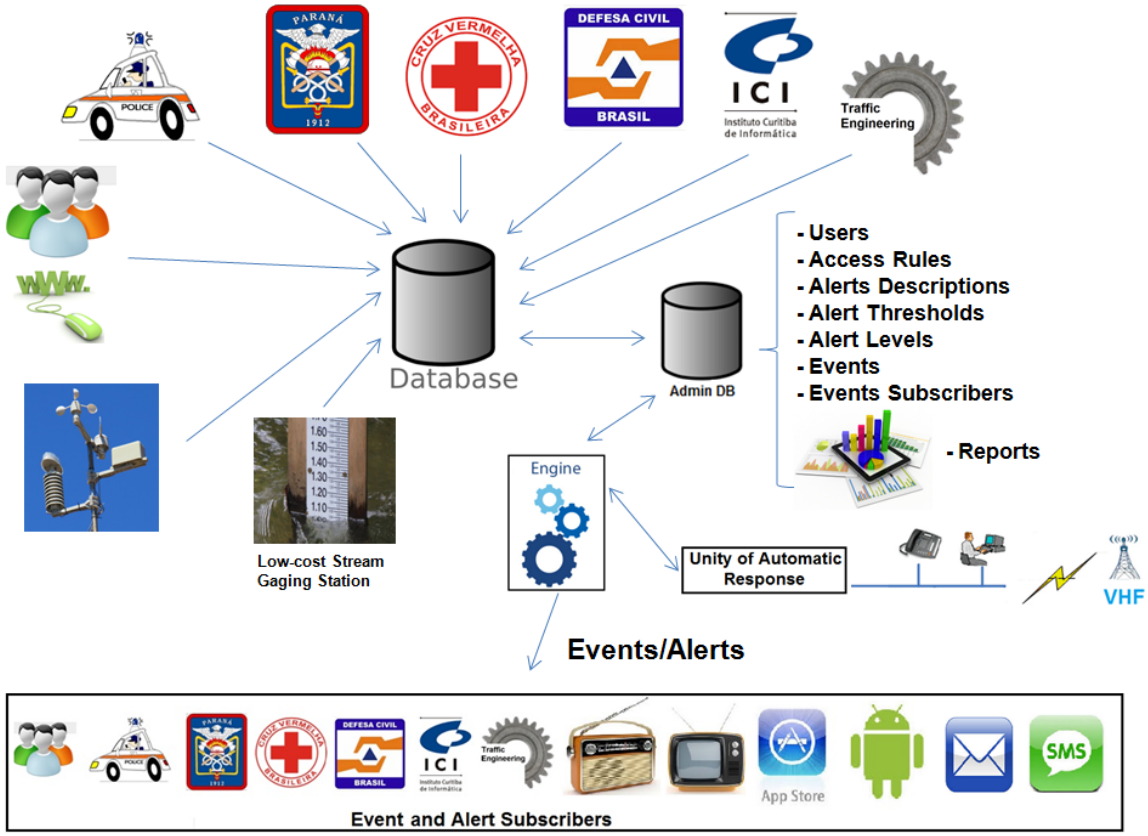


Figure 1: Proposed Disaster Management System conceptual model

The interoperability between the modules could be increased through a common ontology and taxonomy developed and based on works found in the literature, initiatives found around the world and data collected with specialists and possible stakeholders/final users.

5. Conclusion

This paper demonstrated that interoperability and rapid, safe and efficient communication between parties involved in a disaster is primordial to responding to it and managing it as effectively as possible. Features found in some initiatives implemented around the world related to disaster management and others related to the literature on disaster management and interoperability where considered. It has been seen that some of these features are essential for a disaster management system to be successful. A proposed framework based on the most common features encountered in the literature review and related works was presented and explained in order to support the DMS development. The resulting architecture may be used to both diagnose an existing disaster management system in order for its interoperability to be assessed as well as help design disaster management systems that are more interoperable and efficient.

Next steps in the project include extending the framework taking into account a systematic literature review regarding requirements for disaster management systems and the testing of this framework in a real situation, both for diagnosing a disaster management system in view of its redesign and designing one for a totally new context.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge the support of the Instituto Curitiba de Informática to this work through the funding of research activities at the Pontifical Catholic University of Paraná related to the project titled “Urban mobility performance management”.

References

[1] Scherner, T., & Fritsch, L. (2005). Notifying civilians in time - disaster warning systems based on a multilaterally secure, economic, and mobile infrastructure. In Association for Information Systems - 11th Americas Conference on Information Systems, AMCIS 2005: A Conference on a Human Scale (Vol. 2, pp. 838–847).

[2] Köhler, P., Müller, M., Sanders, M., & Wächter, J. (2006). Data management and GIS in the Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM): From integrated spatial data to the mapping of risk. Natural Hazards and Earth System Science, 6(4), 621–628.

[3] Mukhopadhyay, B. & Bhattacherjee, B. (2015). Use of Information Technology in Emergency and Disaster Management. American Journal of Environmental Protection. Vol. 4, No. 2, 2015, pp. 101-104.

[4] Meissner, A.; Luckenbach, T.; Risse, T.; Kirste, T. & Kirchner, H. (2002). Design Challenges for an Integrated Disaster Management Communication and Information System. DIREN 2002 - 1st IEEE Workshop on Disaster Recovery Networks. New York, 2002.

[5] Barthe-Delanoë, A., Bénaben, F. Carbonnel, S. Pingaud, H. (2012). Event-Driven Agility of Crisis Management Collaborative Processes, Proceedings of the 9th International ISCRAM Conference – Vancouver, Canada, April 2012.

[6] Bénaben, F.; Touzi, J.; Rajsiri, V.; Truptil, S.; Lorré, J.P. & Pingaud, H. (2008). Mediation Information System Design in a Collaborative SOA Context through a MDD Approach. Proceedings of MDISIS 2008, 89-103.

[7] Iannella, R.; Robinson, K. & Rinta-Koski, O. (2007). Towards a Framework for Crisis Information Management Systems (CIMS). 14th Annual Conference of the International Emergency Management Society (TIEMS). Trogir, Croatia, 2007.

[8] Perry, R. W. (2003). Incident management systems in disaster management. Disaster Prevention and Management: An International Journal. Vol. 12, Iss 5, 2003, pp. 405 – 412.

[9] European Commission (2010). European Interoperability Framework (EIF) for European public services. Brussels, Belgium.

[10] Cestari, J. M., Loures, E. R., Santos, E. A. P. (2013). Interoperability Assessment Approaches for Enterprise and Public Administration. OTM Industry Case Studies. 1ed., SPRINGER Lecture Notes in Computer Science, v. 8186, p. 1-759.

[11] Guédria, W. Golnam, A. Naudet, Y. Chen, D. & Wegmann, A. (2011). On the use of an interoperability framework in coopetition context. In the 21st Nordic Workshop on Interorganizational Research.Vaasa, Finland.

[12] Guedria, W. Chen, D. & Naudet, Y. (2009). A Maturity Model for Enterprise Interoperability, in Proc. of the 4th IFAC/IFIP, OTM workshop, EI2N’09 (Enterprise Integration, Interoperability and Networking), Portugal, November 2009.

[13] EIF. (2004). CompTIA: European Industry Association. European Interoperability Framework - ICT Industry Recommendations. (White paper). Retrieved from http://www.comptia.org.

[14] Preda, P. F. (2015). Kick-off meeting of the DECIDE project. Retrieved from <http://predaplus.eu/kick-off-meeting-of-the-decide-project/>. Accessed on January 10, 2015.

[15] Evans, G., Blythe, P., Panou, M., & Bekiaris, E. (2014). Evaluating transport technologies for mitigating the impact of emergency events: findings from the SAVE ME Project. *Transport*, *2*(3).

[16] Frémont, G., Grazzini, S., Sasse, A., & Beeharee, A. (2010). The SafeTRIP project: improving road safety for passenger vehicles using 2-way satellite communications. In *ITS World Congress Busan*.

Apêndice VIII – A Disaster Response Management System Framework based on interoperability requirements assessment approach

Journal Expert systems with applications

A Disaster Response Management System Framework based on interoperability requirements assessment approach

Daniel da Silva Avanzi [a,b], Vanessa Aline dos Santos [a], Anderson Foggiatto [a], Eduardo de Freitas Rocha Loures [a] and Fernando Deschamps [a]

[a] *Industrial and Systems Engineering Graduate Program, Pontifical Catholic University of Parana, Curitiba, Brazil*
[b] *Instituto das Cidades Inteligentes, Curitiba, Brazil*

Abstract

Investments in situations involving Disaster Management (DM) situations are increasingly more common. Research in association to this topic and glimpse improvements in services provided to citizens so that players and systems involved are capable of acting together, thereby improving the outcomes of their actions. For the purpose of enabling information exchange and joint actions by the entities involved, compliance with interoperability requirements becomes a critical factor in promoting a better performance for the actions undertaken in crisis situations. As support, a reference architecture incorporating's that requirements becomes fundamental for the appropriate performance of actions associated to DM. However, the lifecycle of this architecture, linked to its adoption in government or private environments, must take into account the assessment of the entity's organizational maturity level in addressing the requirements of DM from the standpoint of interoperability for the concept of its Disaster Response Management System (DRMS). This is a major gap in existing literature and world initiatives, where emphasis is placed on technology aspects, without taking into account broader scope organizational barriers, of regulations, and of coordination of intra and inter-entity processes for those participating in a disaster scenario. To this end, a DRMS development cycle framework is being proposed as a methodology based on a diagnostics stage performed through a maturity assessment model called Disaster Interoperability Assessment Model (DIAM). The complexity involved in the stages of defining the concept, assessment and decision backed by the framework suggest the use of Multi-criteria Decision Making/Analysis (MCDM/A) methods for support: (i) the analysis of influence dimensions among the requirements involved (DM and Interoperability) by way of relational frameworks (methods QFD and Dematel) backing it (ii) the structuring of DIAM for the purpose of performing a diagnostic analysis of one additional capabilities and maturity levels (methods AHP, ANP), supporting (iii) prioritization of elements of the review of the reference architecture (method PROMETHEE) for the diagnostic achieved. A case study was carried out in an institution related to the DM domain responsible for the technology infrastructure in a state capital in southern Brazil. Results show a rich diagnostic base in identifying areas involved in barriers to better performance in DM, enabling the adoption of a more coherent DM reference architecture and the adoption of a reference architecture more coherent with the organizational capabilities, guiding in the evolution of the level of maturity.

Keywords: Disaster management system; interoperability assessment; disaster response; multi-criteria decision analysis.

1. Introduction

Regardless of its nature, a crisis is considered to be an abnormal situation, usually resulting from an instability that impacts a part of society with unacceptable consequences. Crises situations can emerge in different contexts - political, military, economic, humanitarian, social, technological, environmental or in healthcare [1] [2]. Lately, the increasing efforts by authorities in seeking solutions to improve their crises management performance have become noticeable. Part of this growth is due to increased citizen participation. Through the widespread use of technology, people are both more collaborative in crises moments and demanding more transparency by closely monitoring measures taken by the responsible parties [1].

In this sense, crisis management is becoming more and more relevant. Managing a crisis involves the participation of various entities working together in an action cycle based on four main phases: mitigation, preparedness, response and recovery [3]. The response phase is both relevant for meeting performance requirements and critical for the support that may be provided to any group impacted. Crisis management efficiency is measured by the speed and precision with which information is managed and exchanged among partners (i.e., organizations, people, and devices involved in collaborating). Thus, successful crisis management requires full integration of all parties involved, in particular in response actions, requiring full involvement from all stakeholders in addressing different inter and intra-organizational concern sets [1] [4].

This article presents a framework as a methodological basis to support the development cycle of a Disaster Response Management System (DRMS). The approach uses concepts of interoperability to allow diagnosis and improvement of the architecture and of information systems of institutions acting in disaster management. Interoperability perspectives of should be broader, avoiding disconnection between technology bases (Architecture, DRMS) and organizational dimensions and processes involved in DM, a very common finding in the literature [5] [6]. In this sense, interoperability frameworks such as those proposed by Chen [7] orient adequate integrated visions among business perspectives, processes, services and information taking into account semantic and technological barriers. This extended approach to interoperability draws on Noran's work [8] which associates the phases of disaster management with the GERA Modeling Framework Section under mapping of importance applied to the quadrants of the Chen´s framework.

An initial methodological step (framework) is the identification of the disaster management (DM) scenario through a review of literature and worldwide initiatives, which support the establishment of reference architecture in DRMS. The adoption of this architecture by public or private institutions requires a diagnostic step that the entity's different barriers to good DM performance from the standpoint of interoperability, undertaking the architecture review in a format that is more coherent to the capabilities and maturity level of the organization. The employment of Multi-criteria decision making/analysis (MCDM/A) techniques in solving complex real-world problems has increased exponentially [9]. Thus, the MCM/A methods are applied in supporting the complexity involved in raising the knowledge needed for the diagnostic approach and decisioning process involved in the review and adoption of the reference architecture.

A three-dimensional conceptual model (cube) represents the dimensions involved in the cycle proposed by the framework, supported by specific MCDM/A methods: (i) dimensions of influence analysis among the requirements involved (DM and Interoperability) through relational structures (QFD and Dematel), supporting (ii) the structure of a diagnostic analysis model of the organizational maturity and capabilities (AHP, ANP methods), (iii) prioritization of the reference architecture element review (PROMETHEE method) according to the diagnostic obtained . The organization and integration of the MCDM/A methods characterize the DIAM - Disaster Interoperability Assessment Model, central entity of the framework proposed.

This paper is structured as follows. Section 2 presents the literature review investigating performance perspectives and effectiveness of actions taken in disaster management along with principles of interoperability. The knowledge gained from the main initiatives identified in the area is considered relevant. Also, this section introduces the main multi-criteria decision making/analysis concepts and methods, with emphasis on the AHP, ANP and PROMETHEE methods, as well as relational structures such as Dematel. Section 3 describes the Disaster Interoperability Assessment Model (DIAM) considering all the artifacts used in its development, as well as the support processes. In section 4, DIAM was applied in a company responsible for the municipal technology sector of Curitiba (a state capital of in southern Brazil), enabling the assessment of a certain entity in relation to its capabilities and barriers in interoperability. The conclusion sets out the main results, lessons learned and research perspectives.

2. Scientific scenario

2.1. Disaster Management

Regardless of the type of disaster, achieving an effective and coordinated action is a difficult task for first responders [10]. The different rescue organizations such as the police, the fire department, health services, civil defense and others must be efficient when working in collaboration, considering the inter and intra organizational aspects, in addition to the different hierarchical levels of each team involved [11]. Thus, information exchange becomes an essential prerequisite in dealing with the different types of disasters in a fast and coordinated manner. Proper management and integration of participants is required in enabling the exchange of information targeted at prevention or mitigation of crisis situations [1]. Therefore, the entire operation requires that information be kept as up to date as possible, that, in its turn, requires real-time communication among participants [2].

Thus, in the field of emergencies and disasters, Crisis Information Management Systems (CIMS) or Disaster Management Interoperability Systems (DMIS) have been a part of the prevailing concept currently in use in real cases as proposed in [12] [13]. Their main objective is to provide a complete set of ICT functions to address many needs of crisis management stakeholders. CIMS has been highlighted as a preferred system by entities to meet the main needs of crises situations, in particular, the exchange of information, enabling efficient joint and coordinated actions by the involved [12]. Some actions performed by these types of systems [14]: ongoing assessment throughout the crisis period; initiate, maintain and control communications; identify the incident management strategy; decision-making based on resources available; request additional resources; develop an organizational command structure; continually review action plans; provide call continuation, transfer and termination.

Therefore, it is noticeable that efficient crisis management occurs when the information is exchanged and updated in real time among the organizations involved. Communication is the common basis for execution of emergency response and is best approached from a systems perspective considering all the directional flows of information, instructions, and announcements [15]. These requirements suggest the use of technology tools to control and manage data according to each occurrence [11]. Most often the speed and accuracy with which information can be managed and exchanged between the partners (organizations, people, and devices involved in cooperation) contribute to the response efficiency levels achieved [1].

But this is not the only important part in enabling entities to operate. Organizations must adopt norms and standards established for their domains, thereby contributing to the interoperation of activities. Given syntactic and semantic requirements, aligning organization's business aspects, such as processes and business, with the standards established is essential. Sector rules already address cultural and legislative aspects, different practices and a number of other factors that may contribute to loss of organizational interoperability [16]. It has become possible to notice that previous generation systems lacked this foundation of standards to rely upon. Every time a new system was built, a new communication and networking scheme had to be built. In many cases, interoperability was not taken into account in designing these systems [15].

With the need for better integration and management, organizations have also become concerned about the quality of their participation in the domain of action. Entities seek to evaluate their interoperation capability, aiming to improve the organization's performance and also contributing to a more efficient environment [8]. The assessment of a company's interoperability capability is crucial in identifying its weaknesses. In terms of activities relative to crisis management, every improvement may be even more important, since this domain is directly linked to emergencies involving risks for citizens. Once weaknesses have been identified, these activities can be improved and, in this way, the respective risks reduced, contributing to enhancing process efficiency. Evaluations can be performed in comparison with other entities (*a posteriori*) or with a generic domain (*a priori*) [17].

Among the phases of crisis management, the response step is the most important because this phase does not allow for errors, requiring coordinated and efficient actions, which is even more difficult with the participation of multiple entities. Interoperability aspects and their assessment contribute to the success of these activities [8]. Identifying best practices and technical requirements capable of supporting the development cycle of Disaster Response Management System (DRMS) can be found in existing initiatives in the crisis management domain. Systems are usually characterized as DMSs (Disaster Management Systems) and focus mainly on the response to a specific occurrence type. Some successful worldwide initiatives are: SAFETRIP [18] - Satellite application for emergency handling, traffic alerts, road safety and incident prevention (France); DECIDE [19] - Decision Support System for Disaster Emergency Management (Greece); SAVE ME [20] - System and Actions for Vehicles and transportation hubs to support Disaster Mitigation and Evacuation (United Kingdom); and e-PING [21] - Electronic Government Interoperability Standards (Brazil).

2.2. Interoperability

Interoperability is considered progressive when organizations start to communicate and share information, and together create performance conditions that would be hard to achieve individually [22]. Going beyond people, machines and systems, interoperability is becoming a key success factor in all areas. The concept of interoperable systems therefore requires considerable attention to ongoing assessment and improvement [16]. A broad concept, encompassing the ability of organizations to work together in pursuit of common and mutually beneficial goals, is representative of one of the definitions of interoperability [23]. This ability to interoperate can be affected by conceptual, technological and organizational barriers, which are classified as [17]: Conceptual - concerning different ways to represent and communicate concepts; Technological - in connection with data and systems incompatibility; Organizational - as regards different methods of work.

Enterprise Interoperability Assessment (EIA) allows the degree of interoperation between entities to be measured, which in turn helps in specifying integrated solutions for the domain as well as the adjustments and adaptations required to improve stakeholders' activities [16]. This type of evaluation identifies strengths and weaknesses imposed by interoperability barriers, enabling the prioritization of actions to enhance interoperability performance and maturity levels.

Literature presents several assessment methods and models [24]. Evaluations can be based on Interoperability Maturity Models (IMMs) in order to infer the potential interoperation degree [25]. Assessment approaches should be deployed according to the domain to be assessed and may require a brief survey to identify the attributes and criteria that best characterize the domain from an interoperability perspective [26].

The need to interoperate in crisis management activities determines how operations and services are provided. Responsibilities involved in this scenario can be divided into state, national or even international spheres, represented by different teams from different public or private entities such as civil defense, firefighters, police, etc. According to [8], entities mainly involved in crisis management should work through a life cycle consisting of phases (actions): prevention (Prev), preparation (Prep), response (Resp) and recovery (Recv). The authors seek to identify relationships in each stage of the crisis process, promoting improvement of inefficient points and enhanced performance of Disaster Management Organizations (DMOs).

In [27] the authors propose that the analysis and survey of interoperability requirements focuses on integrating lifecycle approaches applying the Enterprise Architecture approach (EA). A GERA modeling framework section is related to a lifecycle-based formalism, mapping each phase (identification, concept, requirements, design, implementation, operation, decommissioning) into disaster management task forces (DMTF) actions (Prev, Prep, Resp, Recv) [8]. Disaster management project lifecycles are then linked to Chen's Enterprise Interoperability Framework (EIF) [7] in order to highlight the degrees of importance of EIF quadrants in DMTF actions. This approach is closely related to our proposal, differing in the fact that each interoperability concern and barrier in EIF should be equally addressed in order to assess entity and system interoperability capabilities.

2.3. MCDM/A and assessment perspectives

MCDM is a broad term used to describe a set of methods that can be applied to support decision-making processes, taking into account multiple and often conflicting criteria [28]. Many methods exist in literature, with some being used in the field of disasters in specific decision area [28] [29] [30]. In this paper, these methods provide a basis to support different evaluation perspectives, with the decision being understood as the diagnostic positioning the entity at a certain maturity level, supporting the prioritization of actions to improve DRMS architecture in the light of interoperability requirements. To this end, our focus is restricted to exposing AHP/ANP, PROMETHEE and Dematel methods, which are very suitable for modeling the evaluation and analysis space involved in the proposed domain involved - crisis management and associated architecture.

The use of AHP method is appropriate for the evaluation of domains with characteristics of uncertainty, tacit notion and knowledge heterogeneity, as involved in the domain of disaster management. The method represents a structured technique for analyzing problems through pairwise comparison scales, with criteria being compared to each other [31]. The ANP method is a generalization of the AHP method that allows for the existence of interdependencies between criteria, making it possible to expand comparisons between relevant characteristics [32].

Dematel aims to solve complex problems, especially when these involve relations of influence among multiple factors [33]. Contributions through the decision model include explanation of interactions, visualization of cause and effect relationships and of which factors are most influential. As specialists involved in disaster management are understandably limited, the method can be applied to identify causality and influence the strengths of the factors for consideration. This influence factor can also support the generalization of the AHP method in the definition of ANP structure [29].

The PROMETHEE is a ranking method based on positive and negative preference flows for each alternative used to classify them according to defined weightings. An advantage of ranking approaches is that they avoid offsets between criteria and normalization processes, which change the original data [28]. Few methods have been used in the area of emergency management because it generally involves MCDM issues with multiple alternatives and criteria. However, applying ranking methods is advantageous in emergency management: simplicity, in principle without limit to the number of alternatives and no constraints on the size of the evaluation index system [30].

Each method can suit a specific goal in the assessment of a given crisis management scenario. The use of different methods makes it possible for each of them to contribute with their best feature, as can be seen in some papers [29] [28] [30]. In this way, a model may be created to address each purpose in a single evaluation scheme, enabling more accurate results to be obtained. This is explained in Section 3.3.

3. DRMS development cycle framework

The proposed DRMS development cycle framework aims to provide organizations with the opportunity to discover and evaluate their strengths and weaknesses, facilitating the prioritization of actions with a focus on improving their performance and increasing their maturity in disaster management. This appropriation of the method by companies can also contribute to the improvement of the process, providing feedback to the architecture that was initially defined. The idea of the proposal is to use the concepts found along with the aspects that directly reflect domain interoperability issues to achieve objectives in disaster management (DM). A stage of the cycle is completed when the appropriation of the method by companies can also contribute to the improvement of the process, feeding back into the initially defined architecture.

The proposed framework cycle begins with a Disaster Interoperability Assessment Model (DIAM), targeted at evaluating a reference DRMS architecture according to potential interoperability aspects. Therefore, the diagnosis promoted by DIAM enables a granular capability assessment of public or private entities involved in DM. This capability analysis enables the execution of a deeper relational review of the functional and technical requirements of DM attributes in the reference architecture. The main phases, steps and components of the development cycle framework are shown in Fig. 1 and described next.

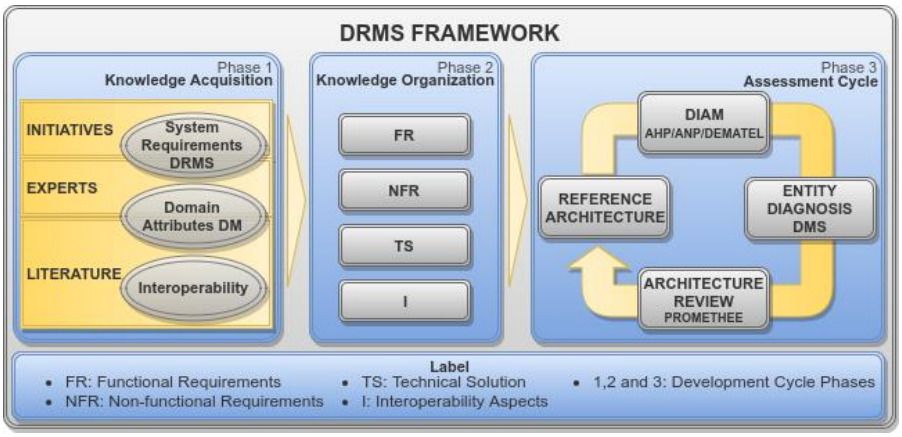


Fig. 1. DRMS development cycle framework.

3.1. Framework phases

Phase 1 (Knowledge Acquisition) involves obtaining the knowledge that serves as background for the development of the research, such as the identification of attributes through the literature, specialists and initiatives found in the crisis management scenario [19] [20] [21] [34] [35] [36]. In this step, a study [35] was also carried out to choose an interoperability framework suited to the scenario.

Thus, the aim of phase 2 (Knowledge Organization) is to separate the knowledge generated into four data sets (perspectives), facilitating the identification and use of the information obtained. First, as illustrated in Fig. 1, the characteristics were classified in three perspectives based on software engineering: Functional requirements (FR), non-functional requirements (NFR) and technical solutions (TS). The fourth, and last perspective, is interoperability knowledge (I), which later serves to submit the related DM attributes identified to interoperability assessment.

The entire knowledge acquisition and organization, as well as the relational modeling processes are illustrated in Fig. 2. The diagram is based on two QFD (Quality Function Deployment) structures – QFD1, QFD2. Shown in two different development routes: (i) requirements identification, analysis and technical solutions mapping acting as input for SysML specifications and analysis of the reference architecture; (ii) requirement identification, analysis and DM attribute mapping across interoperability perspectives in order to support the construction and execution of the DIAM – AHP/ANP/Dematel/PROMETHEE-based method. Both routes will provide inputs for phase 3, which will be further detailed in the following sections.

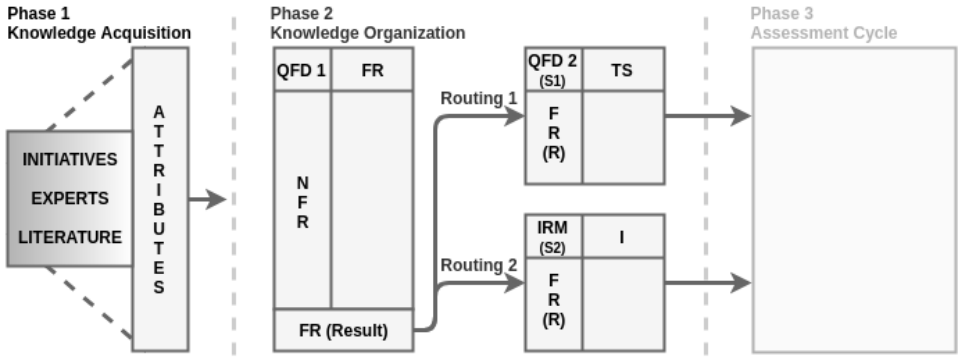


Fig. 2. Phase 1 and 2 - Knowledge Acquisition and Organization.

3.2. Three-dimensional relational model

The scheme presented in Fig. 3 illustrates, using a three-dimensional model (cube), the relationships among the perspectives mentioned (FR, TS and I). The use of the cubic representation facilitates interpretation of the interrelated modeling process described previously as well as the DRMS framework dimensions (Fig. 1). The relational analysis that emerges from each perspective (cube surface) is undertaken applying QFD and IRM (Interoperability Relational Matrix) structures detailed in [35].

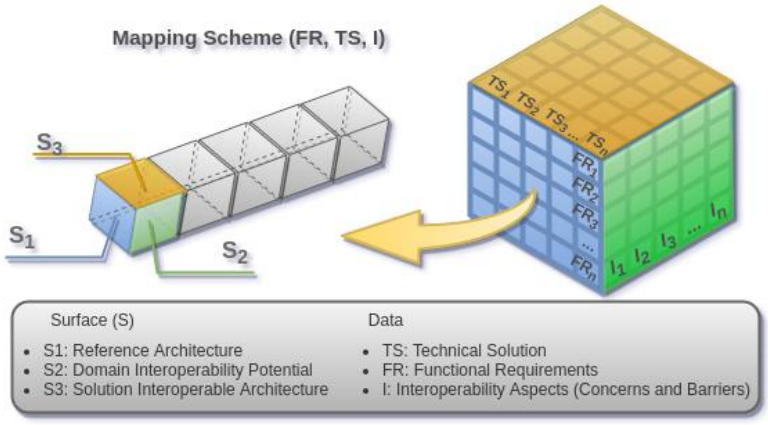


Fig. 3. Mapping through the cube components.

The S1 cube surface relates to QFD2 to identify how DM needs are covered by technical requirements. This matrix calculates improvement needs in technical solution (TS) requirements to address functional requirements (FR-Result). These importance levels can be applied by specialists through brainstorming processes [29]. Cross-matching of data undertaken by QFD2, shows the degree of importance of each functional requirement (FR-Result) for the technical solution (TS).

In relation to the S2 cube surface, the next step consists in an analysis of the interaction between FR-Result and interoperability (I) concerns applying IRM. The aim of this relational analysis, inspired on QFD and Axiomatic Design [37] methods, is to bring to the interoperability perspectives (I) the assessment of achievement of disaster management attributes (FR-Result). The concerns and barriers concepts were applied following Chen's EIF, in which the FR-Result is organized within the aspects of interoperability [26]. A similar approach is proposed in [38] for electronic government (e-government) attributes and interoperability perspectives. In order to facilitate a qualitative reasoning, IRM is process-based as shown in Fig. 4, following the Routes 2 in Fig. 2.

The IRM shows the degree of importance of each attribute in disaster management based on interoperability aspects as shown in the excerpt of Fig 10. This IRM structure acts as a basis for the design of the AHP/ANP/Dematel structure. A diagnosis of the private or public entity capabilities, for each DM FR-Result under I perspectives, applying DIAM relative logic, is then carried out. As a result, the entity's potential interoperability is assessed to infer its capabilities in disaster response management and support the reference DRMS architecture review (coherent with its capabilities).

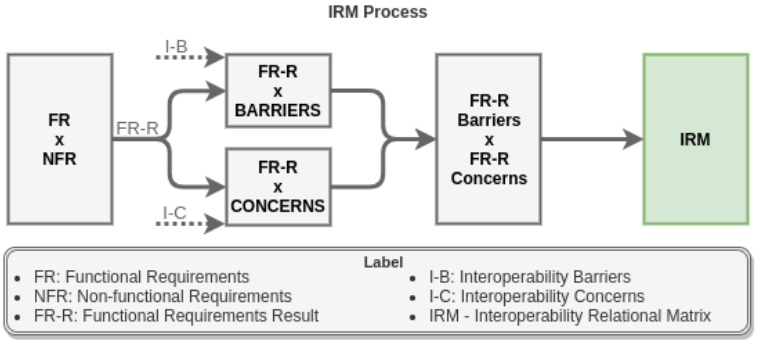


Fig. 4. IRM Process.

Finally, the cube's S3 surface shows a diagnostic perspective of the technical solution (TS) with S2 interoperability aspects. This analysis step, following the same relational analysis as applied to surface S2, will contribute to the review of the reference architecture's specifications, in order to meet system interoperability requirements. But unlike the previous methods, which provided a diagnostic analysis of the degree of maturity of the institution under evaluation, the objective of this stage is to identify and prioritize solutions focused on interoperability voted for the institution. The aforementioned prioritization is accomplished through the application of the PROMETHEE method, once considered appropriate for the ranking of alternatives.

The whole cube can represent the evaluation structure through MCDA methods enabling correlating its surfaces with the applications of the methods as well as the dependencies among them. The dependency relation of the MCDA methods, based on the cubic structure, is presented next.

3.3. MCDM/A structural and rational view

The cube representation serves as a reference structure devoted to guiding the integration of MCDA methods guaranteeing the pertinence of application with respect to the objectives (assessment space) of each method. In this way, it takes advantage of the QFD concepts to structure the architecture and create the source matrix (IRM) for subsequent evaluations. IRM results are used as the main input from the AHP and Dematel methods. The ANP method is supported by the data obtained from the two methods previously mentioned (AHP and Dematel), and its results are directly used in the prioritization of the architecture proposed in the PROMETHEE method. Fig. 5 shows the integration of these methods.

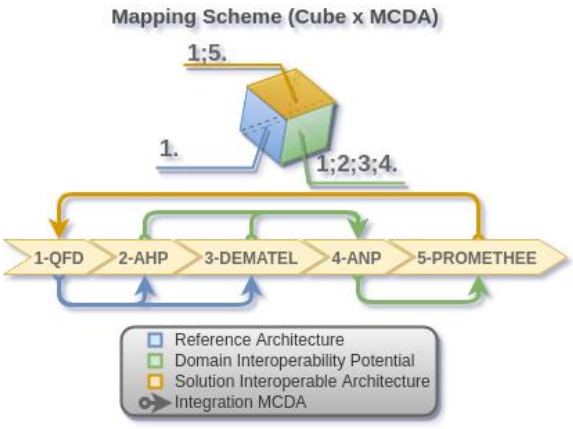


Fig. 5. Mapping Integration MCDA methods in Cube.

QFD is the foundation of the matrix-based framework (IRM) promoting the link of disaster management scenarios to interoperability aspects. In summary, an important data source for the development of the framework, which basically consists of disaster management attributes related to interoperability aspects. This structure will be the basis for applying AHP driving a diagnosis of the company capability to interoperate its activities in the scenario. The AHP structure is assembled respecting the data groups classified in terms of interoperability aspects, limiting comparisons to the same cluster. IRM also provides subsidies for the design of

Dematel, a method aiming to map the degree of influence of each attribute through the whole DM scenario, allowing comparisons between different IRM structures (although also considering their weighting).

These methods (AHP and Dematel) form the basis for deploying the ANP method, given its use of AHP structures and the evaluation in sub-networks according to Dematel's influence mapping. Thus, the problem of structuring comparisons of the ANP method at different levels is solved by the Demantel method. The importance of extending the AHP method to ANP is related to not restricting comparisons to the same level and obtaining a more accurate diagnosis. The diagnosis is the result of the evaluation obtained through the DIAM (IRM/AHP/Dematel/ANP) step, which produces the degree of overcoming in all aspects in the disaster management scenario, making it easy to see the strengths and weaknesses of the institution's performance in the domain. This diagnosis will become the main input component to the PROMETHEE method, which, in turn, will allow the prioritization of the architecture created.

This paper includes an extended version in reference to the execution Phase 3 presented in the previous paper [35]. The add-on was developed to extend the diagnosis (assessment space) and structure the architecture review process. The basis remains the same until the application of the AHP method. The development cycle is centered on the IRM matrix obtained in Phase 2. The implementation of ANP will contribute to validating the results obtained in AHP, using Dematel that returns the degree of influence among attributes. In order to reinforce the reference architecture, the result of the method will be applied in a ranking structure, the PROMETHEE method. The Fig. 6 shows a detailed view of Phase 3.

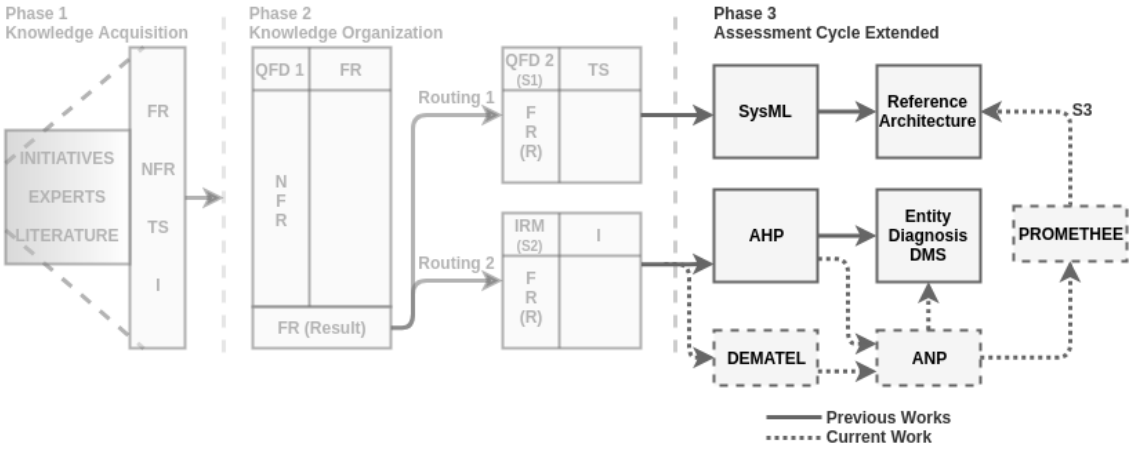


Fig. 6. Relational modeling process – Phase 3 extended.

Fig. 7 represents the IDEF0 [39] model mapping the activities performed in phase 3. This type of representation allows visualizing the inputs and outputs of each activity, as well as the interferences of the external environment that support each execution. The first diagnostic phase (AHP) can be found in detail in a previous paper, which will also serve as a model for the implementation of ANP. The other steps shown in the diagram are described in the following sections.

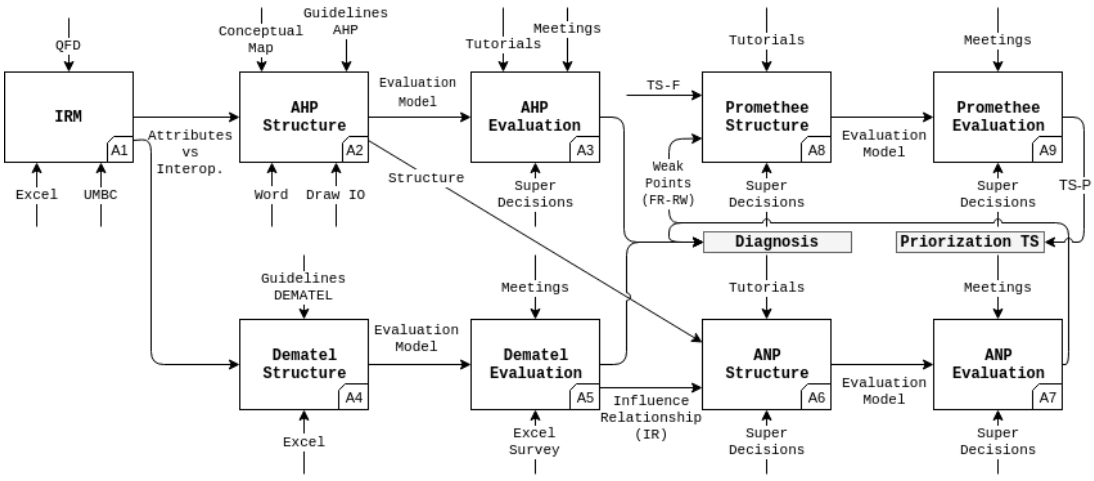


Fig. 7. IDEF0 of integration MCDA methods.

3.3.1. Dematel – ANP Modeling

The Dematel method is applied in this context to evaluate the degree of influence of the attributes resulting from the base matrix obtained through IRM. The method logic applies the graph theory, which presumes that an improvement in a cause factor may have a significant impact on the improvement of related effect factors. Thus, it is possible to graphically show the relations of the factors, their respective intensities and the resulting degree of influence, received and resulting in the system [40]. In order to facilitate implementation, Sumrit's [33] studies present a 6-step method deployment procedure scheme, adapted for the present cycle.

The first step consists essentially in an attribute influence assessment performed by specialists in Disaster Management. A range of values is defined in which lower values mean that the attributes have little to no influence on each other, and higher values are indicative of high levels of influence. A five-level scale of influence among the attributes was adopted in this model: *No Influence (0); Low Influence (1); Moderate Influence (2); High Influence (3);* and *Very High Influence (4)*.

Next, the average of the results given by specialists is calculated. In the second step, the unified results of the experts must be standardized. This process is initiated by the sum of the influences of each attribute, based on the largest value of each dimension (x and y) in the matrix. From these results, the lowest value is taken as the basis for building the normalized matrix, according to the formula provided by [33].

In the third step, multiplication by the identity matrix is carried out, resulting in the total influence among factors, which will allow calculating the inverse matrix. The fourth step calculates the intensity of the effects caused and received in relation to the other factors. When the expression is positive, the factor is influential on the system, if negative, the factor is more influenced by the system. The steps defined so far (1 - 4) allow a threshold to be define to determine the system relevant influences, represented in the last step through a two-dimensional graphic map. Another important step is to set the boundaries for the system's relevant influences, resulting in influences (not relevant) that are not shown on the map. This process depends on the threshold adopted, responsible for defining the effects that will not be displayed based on their intensities, represented in step five of the method. The result of the entire process of the Dematel method allows visualizing different dimensions, such as the *most active*, *most influential* and *most influenced attributes*.

The attributes defined by the Dematel method as the more influential will be used in the construction of the ANP structure, called Influence Relationship (IR). This is a particular and more advanced case of the AHP method, but both aim to evaluate problems through pairwise attribute comparisons using a common logic structure and scale, differing only in their approach. According to [32], AHP carries out pairwise comparisons of elements at an immediately higher level. ANP enables identification of influence flows and establishes comparisons between one element of a group with respect to two or more elements of another group in the structure, regardless of its level - not necessarily having to be above or below the chain being assessed.

Due to ANP making it possible to compare elements of a cluster with at least two of another, some attributes could not be added. In this way, attributes selected from the Matrix (Fig. 8) have influence values equal to or greater than *0.009* (previously normalized), and these attributes must have at least one more attribute influenced in the same cluster. It is possible to notice that attribute J (Cluster B) has a degree of influence greater than *0.009* in relation to attributes K and L, in the same cluster (C).

		Cluster A		Cluster B		Cluster C			
MATRIX OF TOTAL RELATIONS "T"		1	2	3	4	5	6		
ATTRIBUTES		Attribute G	Attribute H	Attribute I	Attribute J	Attribute K	Attribute L		
1	Attribute G	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,0319	INFLUENTIAL
2	Attribute H	0,003	0,000	0,003	0,003	0,005	0,003	0,0544	
3	Attribute I	0,001	0,002	0,000	0,001	0,006	0,000	0,0252	
4	Attribute J	0,007	0,004	0,000	0,000	0,010	0,010	0,1207	
5	Attribute K	0,002	0,002	0,007	0,001	0,000	0,001	0,0276	
6	Attribute L	0,007	0,007	0,003	0,010	0,001	0,000	0,1055	
		0,0647	0,0594	0,0377	0,0484	0,0305	0,0468		
		INFLUENCED							

Fig. 8. Example of Total Relations Matrix.

The total relations matrix enables obtaining the attributes that most influence others. Related attributes are discarded when they do not have at least one other attribute in the same cluster, resulting in the influence

attributes selected for application in ANP. Influenced attributes, which are in isolated clusters, are discarded from the evaluation of the ANP. Attributes that have at least one relation to a pair are selected for the evaluation, even if the cluster is different from the influence attribute's. An interesting detail of this process is that the results obtained through AHP and ANP can be compared and evaluated, and in the event of major divergences in the diagnoses, the prevalence of inter-clusters influence factors by the selected attributes can be inferred, or even suggest the existence of inconsistencies in the modeling process performed (incomplete assignment of attributes to clusters). Some divergence must occur, since ANP extends the pairwise relations of the hierarchical structure of evaluation to the new, more robust, relations suggested by the Dematel method. This should generate a better diagnosis in the face of the disaster management scenario.

ANP allows to diagnose each evaluated attribute's degree of compliance, making it possible to identify the weak and strong points. Thus, it is possible to evaluate the entity's level of interoperability, while providing a mapping of the diagnostic weighting (As Is state) in their different evaluation attributes and interoperability perspectives in the disaster management scenario. The structure of the ANP model is shown in Fig. 9.

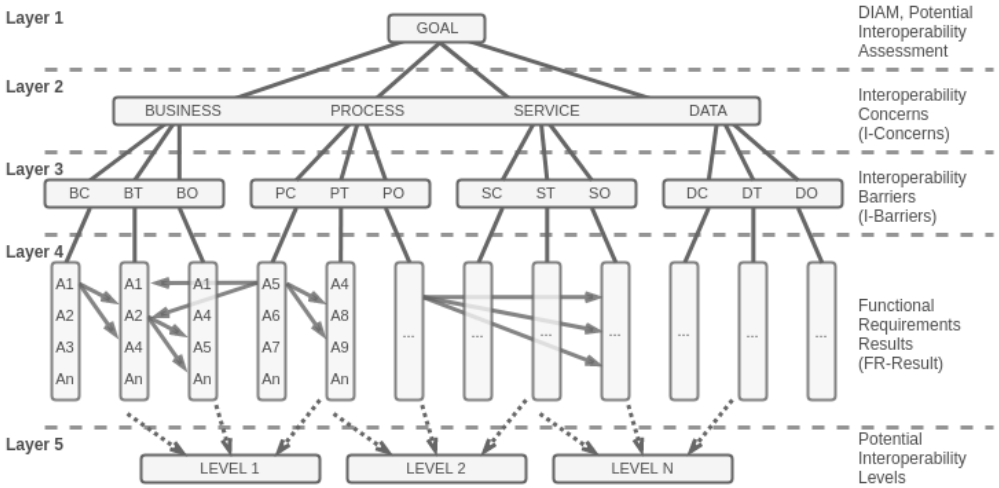


Fig. 9. DIAM ANP Structure.

ANP provides (together with Dematel) an extension of the association space among the attributes (FR-R) and interoperability perspectives (I) represented in the structure in Layers 2 and 3. Layer 4 (also Fig. 9) represents the main changes in the model with respect to the AHP structure used in previous papers. This Layer (4) enables checking the existence of links among attributes of different clusters; the Dematel method points out these relationships. In this way, correlations among important aspects in disaster management, that had not previously been linked, can be established.

The resulting diagnosis can intrinsically guide different decision-making spheres of the institution active in disaster management, such as the establishing areas already acting with a high degree of competence and those with a level of shortfall, serving to align the strategic positioning of organizational actions. In addition, as an object of the scope proposed by DIAM, a review of the reference architecture of the elements diagnosed through the PROMETHEE method may be undertaken, adapting the architecture to the entity's level of maturity. Considering that the entities being evaluated already have capabilities in acting in disaster management, points identified as weak should be reinforced for prioritization of the architecture. This process can also contribute to driving maturity for the model proposed through the important adjustments defined in the design of the reference architecture (TS) required for action in the disaster management scenario.

Integration with PROMETHEE, which makes use of the diagnosis obtained by ANP, is carried out in 4 steps: *select the weak points (1), isolate (2), normalize (3) and reverse (4)*. The model predicts that an institution's successful performances (identified by ANP prioritization vectors) are not important for the next stage that considers only the aspects still leaving something to be desired, that is, the weaknesses (also diagnosed by the ANP prioritization vectors). Thus, 20% of the weaker attributes (such as less service) obtained through the diagnosis will be used, these will be called Functional Requirements Result Weak (FR-RW). The result is then isolated and normalized. Then, the values of attributes of lower relevance are reversed, becoming more representative in terms of the characterization of the PROMETHEE evaluation matrix. That is, the lower the capacity of the institution with respect to a particular attribute, the higher the resulting prioritization of the architecture through the PROMETHEE analysis.

3.3.2. PROMETHEE Modeling

The conclusion of the Evaluation Cycle stage (Fig. 7, IDEFO's actions 8 and 9) is represented by the process of review of the reference architecture to better contemplate the weaknesses identified by the diagnosis. The stage of the cycle is called Architecture Review and basically results in the prioritization of the technical solutions (TS-P) in disaster management based on the possibilities of interoperable services of the institution being evaluated. The PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Evaluation) method is used to support this process and applying it results in prioritizing the main points in the architecture with direct impact on the institution's improvement of the different capabilities and maturity.

The method, when applied in the disaster management scenario, uses part of the reference architecture obtained at the beginning of each process (TS-F, surface S1 cube Fig. 3) and the weaknesses identified in the diagnosis of the previous evaluation (FR-RW, surface S2 cube Fig. 3). Fig. 10 shows the structure used in PROMETHEE for the prioritization of the reference architecture (TS-P) in the disaster management scenario from the standpoint of interoperability requirements.

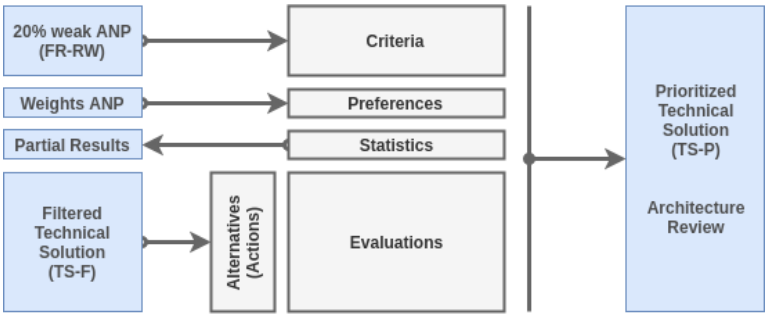


Fig. 10. PROMETHEE Structure Model.

Method inputs include the composition elements of its evaluation matrix as criteria, their weightings and alternatives, as well as the parameters inherent to the method (preference function $P(a,b)$ and preference thresholds p and indifference q). Since the objective is to identify and prioritize solutions to drive growth of environmental interoperability, the attributes selected (Criteria) will be the most negative returned by the ANP method, called Functional Requirements Result Weak (FR-RW). The weighting criteria (Preferences) are distributed according to the classification performed in ANP, where values were inverted. The goal is to address the most fragile elements in the decision of interoperable technologies and thus improve the organization's maturity analysis by proposing an improved architecture. This ensures that the review of architecture will be driven by characteristics not met in a given assessment, mapping these attributes against the existing technical solutions (Alternatives).

For a more pertinent prioritization of the architecture of the company evaluated, TS attributes can be previously filtered in order not to appoint properties unattainable by the institution. This procedure avoids that needs found through FR-RW cannot be met in an architecture that is within the reach of the institution. This filter can be applied through interviews with officials of the institution evaluated, similar to the one carried out in the implementation in the ANP method. If the institution has no restrictions, prioritization must be performed addressing the entire architecture created. This procedure allows attaining solutions of deficiencies that could not be achieved by indicating of an architecture that is not feasible. In the current context, after filtering the architecture's service possibilities, the resulting attributes are called Filtered Technical Solutions (TS-F).

For the other preference functions and levels of preference/indifference, the standard values suggested by the method were applied through some calculations. The evaluation scale applies values between 0-10 where the intervals represent the technology's different levels of influence in developing the attribute evaluated: *No Influence (0); Low Influence (>0 and ≤2); Moderate Influence (>2 and ≤6); High Influence (>6 and ≤8); and Very High Influence (>8 and ≤10)*.

With all input parameters correctly entered, the main result of the PROMETHEE method is the prioritization of the scenario evaluated against the disaster management architecture criteria identified. This prioritization is identified in the framework as Prioritized Technical Solution (TS-P), also considered as the last artifact generated in an execution of the DIAM evaluation model. However, due to being a cycle, the evaluation process proposed in the framework does not establish a limit of iterations. The goal is that with each diagnosis and prioritization of architecture, the institution becomes better able to act in the scenario of disaster management, which in turn is very variable at each crisis event. In section 4, the model is applied in a real interoperability assessment case.

4. Application case

The intent of the application case is to apply DIAM in diagnosing a given entity's interoperability capabilities for disaster management related criteria and prioritize the reference architecture with a view to promoting continuous improvement, following the approach shown in Fig. 6. The results can contribute to identifying its strengths and weaknesses, directing decision-making actions in improving the organization's performance in disaster management by adopting a DRMS architecture. The evaluation was performed with the Super Decision tool that supports the use of AHP/ANP with a spreadsheet editor used to support the application of the Dematel method. The Visual PROMETHEE platform was also used as support for the PROMETHEE method.

4.1. Entity characterization and DIAM application

The entity chosen for the application of the DIAM evaluation model is responsible for the municipal department of technology of Curitiba. This choice is based on the fact that this entity is directly linked to managing information technology and communication at the municipal level. The city of Curitiba leads the ranking of the most digitized municipalities, according to the Digital Cities Brazil Index (DCBI) published by the national Center for Research and Development in Telecommunications (CPqD), covering 100 Brazilian cities. The company selected is responsible for defining and identifying the city's ICT needs, delivering and supporting all city administration departments.

For the assessment, company experts were selected based on their operational and technical backgrounds as well as skills in crisis management. The interviews were conducted in pairs, and the answers were collected considering a consensus achieved through geometric means pursuant to AHP/ANP, addressing Dematel and PROMETHEE requirements. Data collection as well as calculations defined in each of the DIAM methods are supported by tools that facilitate their implementation.

Following the steps of the stipulated DIAM cycle, the first evaluation occurs through the application of the AHP method. To this end, the model must be properly structured according to the scenario of interoperability in disaster management obtained from IRM. Super Decisions is the tool used for support, offering a user-friendly interface for input evaluations. In this way, the company specialists were able to answer the evaluation questionnaire directly in the tool. The AHP assessment is based on pairwise comparison between nodes. Fig. 11 shows an example of this type of comparison, comparing the overall interoperability aspects in the crisis management domain.

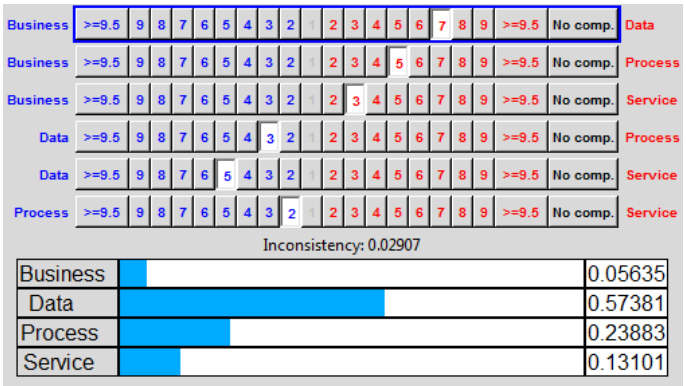


Fig. 11. Layer 1, AHP structure I-concerns cluster pairwise comparisons.

The assessment profile indicates a relative relevance for interoperability data and process concerns in relation to disaster management. This is due to the fact that the capability to extract and exchange data from heterogeneous sources is very important in being aware of the conditions on the ground and avoiding potentially life-threatening situations for all involved. Although the diagnosis obtained with the application of the method, the DIAM model predicts the possibility of thinning the results sustained by the ANP method in consumption of the results indicated by Dematel.

The Dematel assessment begins with an averages matrix of pairwise comparisons from experts. In this step, respondents are asked to indicate the degree of direct influence each element exerts on each element. The basis of the data obtained is the result of IRM applied, using only the attributes with greater relevance for the scenario. This process - as well as the application of all the formulas used, was made through the support of a spreadsheet editor, as shown in the excerpt in Fig. 12.

LABEL	Level Description	Level Number
	No influence	0
	Low Influence	1
	Moderate Influence	2
	High Influence	3
	Very High Influence	4

EXPERT NUMBERS	2
EXPERT 1	
EXPERT 2	

RELATION MATRIX / ATTRIBUTES		1 Aceptable for governme...		2 Corporate technologies		3 Customized user interface		4 Dynamically data update		5 Easy to include new modules		6 Exchange of information ...	
1	Aceptable for governmen...	0	0	2	3	1	1	1	1	2	2	2	3
2	Corporate technologies	1	1	0	0	1	1	1	1	3	3	0	1
3	Customized user interface	1	2	1	1	0	0	2	1	3	3	2	1
4	Dynamically data update	1	1	2	1	1	1	0	0	1	1	2	1
5	Easy to include new mod...	4	4	1	3	2	2	1	1	0	0	3	3
6	Exchange of information ...	3	3	2	3	1	2	2	2	1	2	0	0

Fig. 12. Dematel Expert Assessment excerpt.

After the diagnosis made through the DIAM ANP/Dematel approach, it is possible to take advantage of the information generated to review the reference architecture created in the crisis management scenario. Attributes with greater deficiency obtained in the diagnosis and the Technical Solutions pertinent to the performance of the institution (TS-F) are used as input in this step. The method applied in this case helps to prioritize the attributes capable of generating greater impact in the crisis management process. The type of influence (min, max), the weight (obtained from ANP), the preference function, the preference/indifference values (suggested by PROMETHEE's internal mechanism) and the Filtered Technical Solutions (TS-F) must be defined for each attribute as input data. Fig. 13 shows all such input data together with the expert's evaluation, following the structural components of PROMETHEE shown in Fig. 10.

Disaster Response ...	Mobile netw...	Provide user...	Exchange of...	Mobile netw...	Geographical...	GIS consulta...	Structured ...	Tracking res...	Aceptable fo...	Provide midd...	Provide user...	Provide a...	
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	A
Cluster/Group	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Preferences													
Min/Max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max		B
Weight	25,75	17,87	5,21	5,15	5,14	3,35	3,34	5,25	5,10	2,85	9,98	11,01	
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	
- Q: Indifference	2,709	2,046	2,385	2,648	2,680	2,697	2,714	2,754	2,52	2,14	1,94	2,78	
- P: Preference	6,664	3,472	5,826	6,472	6,489	6,624	6,229	6,533	5,89	4,99	3,71	4,80	
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Statistics													
Minimum	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00		E
Maximum	10,000	7,000	10,000	10,000	10,000	10,000	9,000	9,000	9,00	10,00	7,00	9,00	
Average	4,353	0,882	5,529	4,235	4,706	5,294	2,882	4,059	4,29	5,12	1,24	1,18	
Standard Dev.	3,289	1,711	2,872	3,191	3,195	3,268	3,046	3,208	2,89	2,45	1,80	2,36	
Evaluations													
Attributes based... C	0,000	1,000	5,000	0,000	3,000	7,000	9,000	0,000	0,00	3,00	3,00		D
Common datasets	3,000	0,000	7,000	2,000	7,000	7,000	7,000	5,000	1,00	3,00	1,00	1,00	
Current technolo...	9,000	0,000	5,000	8,000	9,000	9,000	1,000	1,000	7,00	5,00	1,00	0,00	
Data distribution ...	9,000	1,000	9,000	8,000	3,000	5,000	1,000	1,000	7,00	7,00	3,00	3,00	
Digital maps	7,000	0,000	1,000	6,000	10,000	10,000	3,000	5,000	5,00	5,00	1,00	1,00	
Events timestamps	5,000	7,000	7,000	7,000	9,000	9,000	0,000	3,000	0,00	0,00	7,00	9,00	
Integrated data ...	7,000	1,000	9,000	7,000	5,000	5,000	3,000	5,000	5,00	3,00	1,00	0,00	
Modular approach	5,000	0,000	3,000	5,000	0,000	0,000	1,000	3,000	7,00	7,00	0,00	0,00	
Multiple data for...	1,000	0,000	3,000	1,000	3,000	3,000	5,000	3,000	1,00	3,00	0,00	0,00	
Network power s...	0,000	0,000	1,000	0,000	3,000	3,000	0,000	0,000	1,00	3,00	0,00	0,00	
Secure shell	1,000	0,000	3,000	1,000	1,000	1,000	0,000	1,000	7,00	9,00	0,00	0,00	
Specielists encry...	3,000	0,000	5,000	3,000	1,000	0,000	0,000	9,000	5,00	7,00	0,00	0,00	
Standart data sp...	1,000	1,000	3,000	1,000	5,000	7,000	5,000	9,000	7,00	7,00	0,00	0,00	
Systemized repo...	1,000	3,000	5,000	1,000	5,000	3,000	7,000	9,000	5,00	5,00	3,00	5,00	
Unified file forma...	7,000	0,000	9,000	7,000	10,000	9,000	7,000	1,000	9,00	10,00	0,00	0,00	
Uniform emergen...	5,000	0,000	9,000	5,000	5,000	9,000	0,000	5,000	1,00	5,00	0,00	0,00	
Wireless commun...	10,000	1,000	10,000	10,000	1,000	3,000	0,000	9,000	5,00	5,00	1,00	0,00	

Fig. 13. PROMETHEE input data.

The area marked by the letter *A* represents the criteria (FR-RW) selected using the Dematel method. The field labeled *B* contains, in addition to the weightings (also resulting from Dematel and already inverted and normalized), the preference functions and thresholds indicated in the wizard of the tool used. *C* represents the Filtered Technical Solutions (TS-F) used in prioritization. The area marked by the letter *D* shows the expert's assessment regarding the different levels of influence of the technology for the development of the attribute evaluated based on a *0* to *10* scale. The last quadrant (*E*) brings the statistics according to all the parameterizations and will be used in the different perspectives of method prioritization.

4.2. Results and analysis

To start the DIAM application, pairwise assessments are carried out at each level of the AHP structure resulting in partial rankings (priority/eigenvector) that highlight focal diagnosis (degree of importance) relative to entity capabilities. Fig. 11 shows the degree of importance attributed to Data and Process concerns from the resulting priority vector (Data: 0.57381; Process: 0.23883; Service: 0.13101; Business: 0.05635).

The same reasoning is deployed through the AHP levels and criteria resulting in the values indicated in Fig. 14. The structure of the table follows Chen's EIF, closely related to AHP structures, thereby facilitating visualization of the overall priorities and entity capabilities. Each quadrant corresponds to an AHP cluster and its priority vector in FR-Result DM requirements (green bar graph). I-concerns (Layer 1) are indicated by the blue bar graph and I-concerns/barriers (Layer 2) are indicated by the orange bar graph).

		Conceptual		Technological		Organizational	
Business	0,05634	Corporate technologies	0,53956	Corporate technologies	0,45917	Aceptable for governmental services	0,36127
		Easy to include new modules	0,16352	Easy to include new modules	0,32059	Corporate technologies	0,30904
		Run on different types of crisis	0,29692	Exchange of information between ...	0,14726	Exchange of information between ...	0,17550
				Mobile networks	0,02997	Mobile networks	0,04513
				Provide user reports	0,04301	User support	0,10906
		0,29696		0,16342		0,53961	
Process	0,23883	Geographical based data	0,16095	Dynamically data update	0,08517	Exchange of information between ...	0,43017
		Quickly identifying a situation	0,35112	GIS consultation based tools	0,03369	Geographical based data	0,04035
		Report supply points	0,13682	Levels of importance of data	0,12245	Quickly identifying a situation	0,19201
		Single set of rules	0,35112	Owner of data reports	0,24200	Report supply points	0,23583
				Quickly identifying a situation	0,32923	Structured query implementation	0,06212
				Tracking responsible for data	0,18745	Tracking responsible for data	0,03952
		0,57143		0,28572		0,14286	
Service	0,13102	Customized user interface	0,16786	Aceptable for governmental services	0,09671	Aceptable for governmental services	0,53593
		Easy to include new modules	0,36851	Easy to include new modules	0,40367	Exchange of information between ...	0,32967
		Experts provide instant feedback ...	0,23041	Provide access reports	0,04484	Experts provide instant feedback ...	0,07865
		Provide middleware services	0,23322	Provide middleware services	0,17337	Mobile networks	0,05576
				Provide user reports	0,04943		
				Unregistered users receive only ...	0,23198		
		0,30899		0,10945		0,58156	
Data	0,57381	Customized user interface	0,10294	Dynamically data update	0,34769	Geographical based data	0,08575
		Experts provide instant feedback ...	0,11492	Exchange of information between ...	0,35932	Mobile networks	0,05457
		Geographical based data	0,03300	Levels of importance of data	0,07401	Provide middleware services	0,19192
		Report supply points	0,05147	Owner of data reports	0,04078	Reduce the number of vehicles	0,47100
		Single set of rules	0,59562	Provide access reports	0,02586	Report supply points	0,12114
		Structured query implementation	0,10205	Tracking responsible for data	0,15234	Structured query implementation	0,07562
		0,31081		0,49339		0,19580	

Fig. 14. Assessment in Disaster Management domain through I-concerns and barriers.

Deployment of the Dematel method enables visualization of attribute influence aspects. An interesting perspective, capable of promoting understanding for decision making, centered in the visualization of the influence map of each attribute. Such a graphic view enables perception of which attributes are actually influencing others, and can help in deciding how important this may be to the scenario in case in point. In addition to the individual analysis of the attributes, these can be classified into three distinct classes in comparison to each other: more active, more influenced and more influential. The latter class was used to carry out the ANP model evaluation, enabling assessments between attributes in different clusters. Fig. 15 shows the influence map of an attribute.

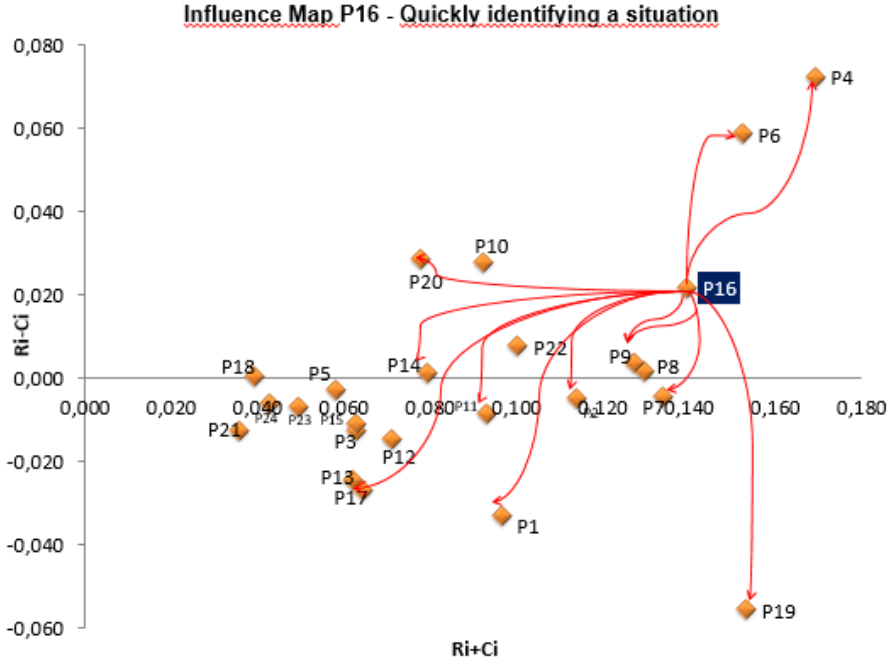


Fig. 15. Influence Map Excerpt.

The graph shows the result for one of the main influencing attributes in the DM scenario. Figure 23 shows that 'Quickly identifying a situation' (P16) is strongly influenced by 'Dynamically data update' (P4) and 'Exchange of information between teams' (P6), but also exerts strong influence on many others attributes such as 'Experts provide instant feedback' (P7), 'Geographical based data' (P8) and 'GIS consultation based tools' (P9). The relations among attributes of the same cluster have already been well defined through the AHP method, resulting in priorities attributed by the Dematel method in identifying the influence perspectives of different clusters.

Based on the influence map, attributes of a given cluster that influence at least two other attributes of another cluster could be identified. In the evaluation, three more influential attributes were identified in the perspective of different clusters that will be used to define the structure of the ANP method, being: Dynamically data update (P4), Exchange of information between teams (P6) and Quickly identifying the situation (P16). Unlike AHP, that works with relationships only in the same hierarchy, ANP allows comparisons between different data groups. In the structure, multi-clustered connections were also considered despite this logic requiring more effort in structuring more complex comparisons, but, on the other hand, leading to more accurate evaluation results.

The Fig. 16 shows the attributes that most influence others, with application of ANP requiring at least two attributes that are influenced in the same cluster. Isolated influence attributes in a given cluster are discarded (marked with ‘x’ in the figure).

4	Dynamically data update	Data Aspect - Technological
6	Exchange of information between teams	Data Aspect - Technological
7	Experts provide instant feedback ...	Data Aspect - Conceptual
8	Geographical based data	Data Aspect - Conceptual
9	GIS consultation based tools	x
19	Run on different types of crisis	x
22	Tracking responsible for data	Data Aspect - Technological

6	Exchange of information between teams	Data Aspect - Technological
4	Dynamically data update	Process Aspect - Organizational
7	Experts provide instant feedback ...	x
16	Quickly identifying a situation	Process Aspect - Organizational
19	Run on different types of crisis	x

16	Quickly identifying a situation	Process Aspect - Organizational
7	Experts provide instant feedback ...	Data Aspect - Conceptual
8	Geographical based data	Data Aspect - Conceptual
19	Run on different types of crisis	x

Fig. 16. Dematel Result to ANP.

The final cluster named ‘Alternatives’, relative to the last AHP/ANP level, corresponds to the maturity level of the entity assessed (interoperability potential). The comparative results of the AHP/ANP evaluation (Fig. 17) show small changes. As can be seen, although the changes are not so expressive, in some cases they can even alter the order of the results depending on the relations of influence established.

RESULTS ANP			RESULTS AHP		
Name	Graphic	Normals	Name	Graphic	Normals
Basic		0,275689	Basic		0,271795
Advanced		0,303746	Advanced		0,30991
Intermediary		0,420566	Intermediary		0,418295

Fig. 17. Comparison Results ANP x AHP.

The final result (ANP) can be seen in the radial chart in Fig. 18 and identifies the organization’s positioning in the intermediary range (0.420566) slightly trending towards advanced (0.303746). This result leads us to infer that the company still has several aspects to improve in increasing efficiency in the scenario discussed. The results can also be analyzed in lesser granularity, providing a relevant support for this analysis and diagnosis, as well as a complete view of the entity’s interoperability capabilities.

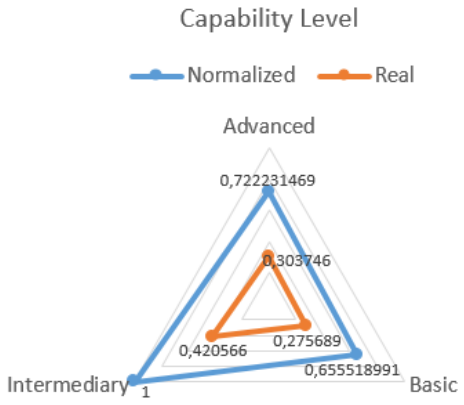


Fig. 18. DIAM Maturity level diagnosis.

Additionally, sensitivity analyses enable to indicate the most adequate criteria for improvement of the organizational disaster management capabilities. For analysis purposes, Fig. 19 shows how FR-Result ‘Report Supply Points’ can influence in changing the final maturity levels. This figure shows that increasing priority levels for this NF-Result leads to a preferred maturity level change towards Level 3 (Advanced). This analysis acts as an important tool in driving enterprise engineering efforts.

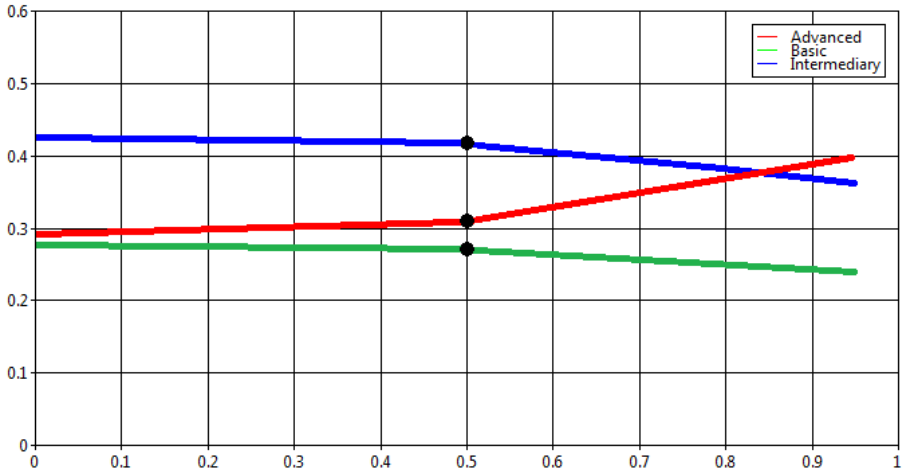


Fig. 19. Sensitivity analysis of 'Report Supply Points' FR-Result.

With the diagnosis phase completed, the architecture review stage can be started. Here the data entered is basically the attributes diagnosed as weak in the institution evaluated (FR-RW) - needing improvement, as well as the selection of experts on the attributes of Technical Solutions (TS) pertinent to the domain of the institution, the Filtered Technical Solutions (TS-F), both shown in the Fig. 20. This last one becomes relevant given that the framework considers that the company evaluated already has minimum requirements for action in the domain.

Technical Solutions Filtered (TS-F) ALTERNATIVES
attributes based query
common datasets
current technologies
data distribution systems based on WEB
digital maps
events timestamps
integrated data repository
modular approach
multiple data formats
network power secured
secure shell
specielists encrypted messages
standart data specification
systemized repository data
unified file format and conversion and UML
uniform emergency signals
wireless communication

Functional Requirements - Results Weak (FR-RW) CRITERIAS
(B2) Mobile networks
(B2) Provide user reports
(S2) Provide access reports
(S2) Provide user reports
(P3) Tracking responsible for data
(B2) Exchange of information between teams
(B3) Mobile networks
(P3) Geographical based data
(S2) Aceptable for governmental services
(P2) GIS consultation based tools
(P3) Structured query implementation
(S2) Provide middleware services

Fig. 20. Data Input PROMETHEE.

Finally, the method needs a matrix relating Alternatives and Criteria to be filled in, a task performed by specialists of the institution evaluated (Matrix in Fig. 13). For each of the relationships, experts fill in the level of influence obtained for the technology for the development of the attribute evaluated. The pattern adopted by the model could be represented in any way that allows converting the result into a numeral priority scale. Like the main result view, Fig. 21 gives a global view of the result obtained, showing the final classification ranking for the scenario evaluated (Phi). Based on the resulting values, the method provided a ranking with the technical solutions that would provide the greatest potential for the organization's development in terms of interoperability, with the three most relevant being: Timestamps (0.4067), Data Distribution (0.1899) and Unified file format and UML conversion (0.1895). In addition to the overall result, with support from the tool, charts can be visualized displaying different perspectives.

PROMETHEE Flow Table

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	Events timestamps	0,4062	0,5027	0,0965
2	Data distribution	0,1899	0,2588	0,0689
3	Unified file format and	0,1895	0,2590	0,0695
4	Wireless communication	0,1879	0,2675	0,0796
5	Current technologies	0,1526	0,2310	0,0785
6	Integrated data	0,1089	0,1713	0,0624
7	Digital maps	0,1033	0,1840	0,0807
8	Systemized repository	0,0885	0,2669	0,1785
9	Uniform emergency	-0,0198	0,1042	0,1239
10	Modular approach	-0,0828	0,0756	0,1584
11	Common datasets	-0,0832	0,0685	0,1517
12	Standart data	-0,1130	0,0836	0,1967
13	Specielists encrypted	-0,1257	0,0564	0,1820
14	Attributes based query	-0,1965	0,0677	0,2643
15	Secure shell	-0,2270	0,0356	0,2626
16	Multiple data formats	-0,2553	0,0120	0,2673
17	Network power secured	-0,3233	0,0011	0,3245

Fig. 21. Case study ranking.

These adjustments will also influence the final outcome of the method, allowing detailed analyzes and ranking the technical solutions. The application of the method allows these results to be visualized from different perspectives, one of which is shown in Fig. 22, displaying the profiles of each attribute in relation to the alternative "Digital Maps".

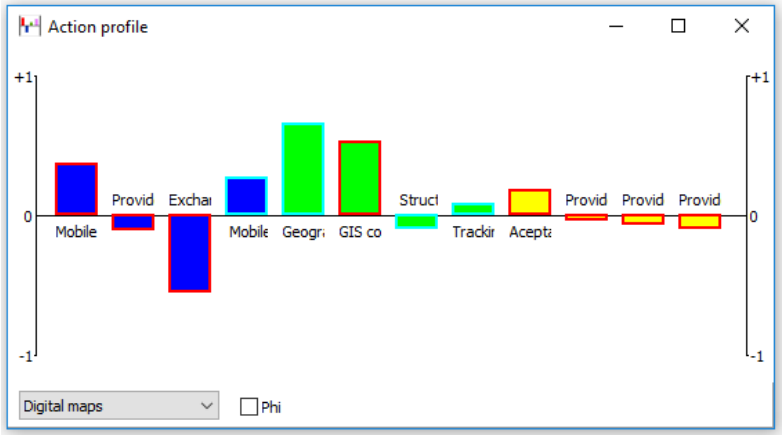


Fig. 22. Action Profile of “Digital Maps”.

The analysis enables identifying the main filtered technical solutions (TS-F) of the architecture that best contribute to servicing the deficient attribute identified in the diagnosis (FR-RW). In this case, study of “Digital Maps” TS will contribute to increasing the capability of: Geographical based data, GIS consultation-based tools and Mobile networks. In this way it is possible to affirm that prioritizing the TS in case in point would be pertinent mainly in improving only three FR-RW.

The method also allows to perform a sensitivity analysis on the result obtained. This allows simulating the impact of changing an attribute's priority on the remainder of the scenario. This type of analysis allows to act with propriety in the improvements to be applied in the institution, enabling decision makers to choose characteristics that can define cost, time, difficulty and etc. Figs. 22 and 23 show a sensitivity adjustment in the attribute “Provide Middleware Services”. We notice that changes (even if small) in FR-RW capabilities can considerably change performance prioritization (TS-F). By comparing Figs. 22 and 23, by leveling the importance of Mobile Network and Provider Middleware Service, attribute prioritization is significantly changed. The small change in prioritization moves attribute TS-F (Events

Timestamps) to the third position, receiving less priority than "Unified file format and conversion and UML" and "Data distribution systems based on WEB".

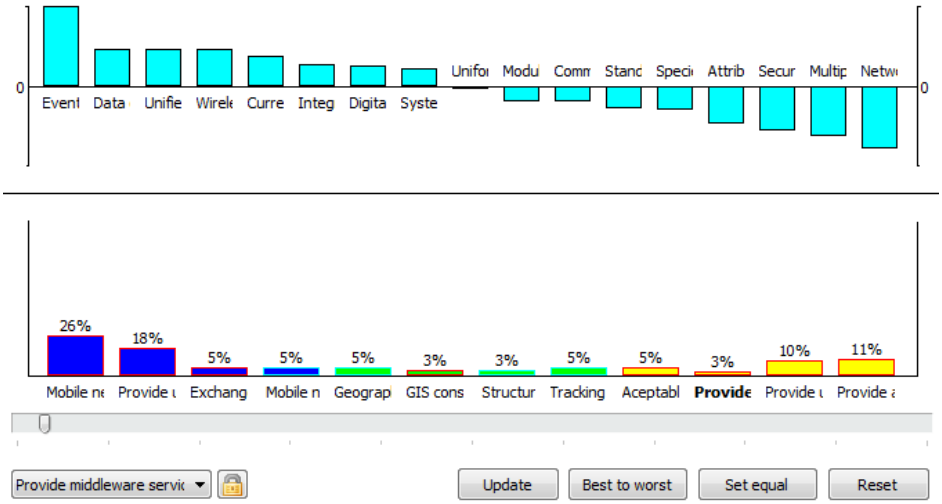


Fig. 23. Rolling Weightings of "Exchange of information between teams".

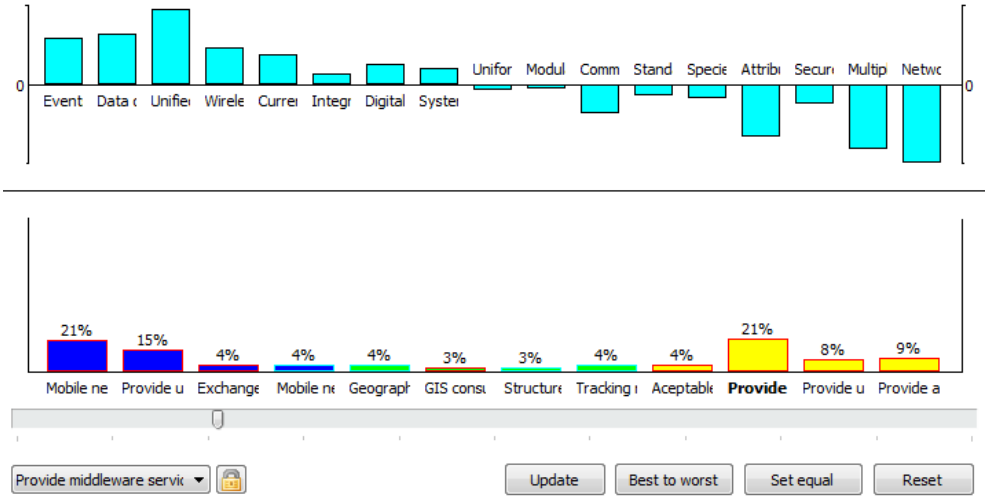


Fig. 24. Rolling Weightings of "Exchange of information between teams" after sensitivity adjustment.

The final results obtained through the prioritization generated by the PROMETHEE method will help to define the technical solutions (TS-P) prioritized for implementation by the institution in order to improve the attributes in which it has a lower maturity. Thus, the institution has all the necessary numbers to support the decisions that will contribute to the best possible performance in the scenario of disaster management.

5. Conclusion

This paper focused on identifying disaster management knowledge and an assessment cycle based on the AHP/ANP/Dematel/PROMETHEE based model called DIAM. The capability to act in the area of disaster management can be analyzed, as well as a review of the architecture created through the prioritization of the technical solution by applying the PROMETHEE method. An in-depth relational analysis was conducted in order to face the complex analysis of disaster management requirements dealing with interoperability barriers. A total of 127 requirements were split into functional, non-functional requirements and technical solutions by means of a two-step QFD design. A new relational method called IRM was conceived to support mapping of the main (filtered) DM requirements (total of 26) into interoperability perspectives based on Chen's EIF. IRM acted as an important tool in designing

the AHP structure of the DIAM, enabling a multi-layer diagnosis of the different organizational views – from the strategic level concerning business, conceptual and process interoperability perspectives down to a granular view of disaster management capabilities.

The same IRM also served as the basis for the application of the Dematel method, which allowed the degree of influence among the attributes to be mapped serving as subsidies for the deployment of the ANP method. The application of Dematel allowed the connection of different clusters from 3 attributes (Influence Relationship - IR). The result of the extension of the ANP method onto the AHP structure allows to improve the previously obtained diagnosis. The final structure of the framework is intended to take advantage of the results obtained in the diagnostic phase to improve the reference file. The process begins with the selection of the least attended attributes of the institution. In this case, 20% of them (12 attributes – FR-RW) were selected, for which calculations were made for the normalization and inversion of values (the weakest attribute having the highest weighting in the architecture). The alternatives were the technical solutions identified at the beginning of the framework after experts selected the attributes pertinent to the company branch of activity (17 technical solutions – TS-F). These attributes (FR-RW and TS-F) are used in the last method of the DIAM proposal to prioritize the architecture of the institution evaluated, in which the result is defined as Prioritized Technical Solutions (TS-P).

An application case based on an important ICT company in southern Brazil, acting as a central entity in control of municipal information and communication technology, enabled relevant results and promising perspectives on the applicability of DIAM in DRMS improvements. Several unknown fragile capabilities are highlighted by the corroboration between DIAM and company experts and directors' perceptions in organizational performance in disaster management scenarios. Moreover, influence (sensitivity) analysis of the DM requirements identified on the company's overall maturity level, gave a preliminary support for a local agenda towards public and private efforts in overcoming municipal barriers.

It has been shown that disaster management should be linked directly to interoperability issues, allowing an integrated operation of all entities involved during an event. An interoperability assessment framework was then proposed in order to identify the potential interoperation in a disaster response management environment. The proposed DRMS development cycle framework was based on a set of reference architecture specifications (relating functional requirements to technical solutions), an interoperability diagnosis model (relating functional requirements to interoperability concerns) of a locality or private or public entity, in order to achieve an interoperable architecture. DRMS promotes review, evaluation and improvement in the reference architecture for the reality of the entity analyzed with respect to its interoperability capabilities in DM scenarios.

About future works, the research will continue towards improving the framework, verifying and validating the results found with other public/private entities (civil defense, firefighters, traffic engineering) involved in disaster response management initiatives. A SysML diagram modeling phase will also be considered with a view to supporting DMIS specifications with special emphasis on DM and interoperability requirement modeling as well as complex behavior analyses relative to disaster response dynamics. A broader picture of disaster management capabilities of Brazilian cities in disaster management situation can then be established.

References

[1] Barthe-Delanoë, A.-M., Carbonnel, S., Bénaben, F., & Pingaud, H. (2012). Event-driven agility of crisis management collaborative processes. In ISCRAM 2012 Conference Proceedings - 9th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management. Retrieved from http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84905569046&partnerID=40&md5=34f1f26435465f324600118f5c466a2c.

[2] Othman, S. H., & Beydoun, G. (2016). A metamodel-based knowledge sharing system for disaster management. Expert Systems with Applications, 63, 49–65. http://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.06.018.

[3] Altay, N., & Green, W. G. (2006). OR/MS research in disaster operations management. European Journal of Operational Research, 175(1), 475–493. http://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.05.016.

[4] Truptil, S. & Bénaben, F. & Couget, P. & Lauras, M. & Vincent, C. & Pingaud, H., Interoperability of Information Systems in Crisis Management: Crisis Modeling and Metamodeling (2008). Enterprise Interoperability Iii: New Challenges Industrial Approaches - Pages 583-594.

[5] Rezaei, R., Chiew, T., & Lee, S. (2013). A review of interoperability assessment models. Journal of Zhejiang University SCIENCE C, 14(9), 663–681. http://doi.org/10.1631/jzus.C1300013.

[6] Rezaei, R., Chiew, T. K., Lee, S. P., & Shams Aliee, Z. (2014). Interoperability evaluation models: A systematic review. Computers in Industry. http://doi.org/10.1016/j.compind.2013.09.001.

[7] Chen, D., & Daclin, N. (2006). Framework for enterprise interoperability. Proc. of IFAC Workshop EI2N, (February), 77–88. http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1002/9780470612200.ch6.

[8] Noran, O. (2013). Towards Improving Information Systems Interoperability in Disaster Management. In Building Sustainable Information Systems (pp. 351–363). http://doi.org/10.1007/978-1-4614-7540-8_27.

[9] Zyoud, S. H., & Fuchs-Hanusch, D. (2017). A bibliometric-based survey on AHP and TOPSIS techniques. Expert Systems with Applications. http://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.02.016.
[10] Mukhopadhyay, B. & Bhattacherjee, B., Use of Information Technology in Emergency and Disaster Management. American Journal of Environmental Protection. vol. 4, No. 2, 2015, pp. 101-104.
[11] Meissner, A., Luckenbach, T., Risse, T., Kirste, T., & Kirchner, H. (2002). Design Challenges for an Integrated Disaster Management Communication and Information System. The First IEEE Workshop on Disaster Recovery Networks (DIREN 2002), 24(Diren), 1–7.
[12] Iannella, R., & Robinson, K. (2010). Towards a Framework for Crisis Information Management Systems (CIMS). Information Systems for Emergency Management, 327–343.
[13] Kim, J. K., Sharman, R., Rao, H. R., & Upadhyaya, S. (2006). Framework for analyzing critical incident management systems (CIMS). Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on System Sciences - 2006, 00(C), 1–8. Retrieved from http://www.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/HICSS.2006.188.
[14] Perry, R. W. (2003). Incident Management Systems in Disaster Management. Disaster Prevention and Management, 12(5), 405–412. http://doi.org/10.1108/09653560310507226.
[15] Badiru, A. B., & Racz, L. (2013). Handbook of Emergency Response: A Human Factors and Systems Engineering Approach. ISBN 9781466514560, August 22, 2013 by CRC Press, pp.57-175.
[16] Guedria, W. (2012). A Contribution to Enterprise Interoperability Maturity Assessment. 2012. 247 p. These: L'Universite Boardeaux 1. Talence, France, 2012.
[17] Guedria, W., Golnam, A., Naudet, Y., Chen, D., & Wegmann, A. (2011). On the use of an interoperability framework in coopetition context. In the 21st Nordic Workshop on Interorganizational Research.Vaasa, Finland, 2011.
[18] Frémont, G., Grazzini, S., Sasse, A., & Beeharee, A. (2010). The SafeTRIP project: improving road safety for passenger vehicles using 2-way satellite communications. In *ITS World Congress Busan, 2010*.
[19] Preda, P. F. (2015). Kick-off meeting of the DECIDE project, 2010. Retrieved from <http://predaplus.eu/kick-off-meeting-of-the-decide-project/>. Accessed on January 10, 2015.
[20] Evans, G., Blythe, P., Panou, M., & Bekiaris, E. (2014). Evaluating transport technologies for mitigating the impact of emergency events: findings from the SAVE ME Project. *Transport*, *2*(3), 2014.
[21] Brazilian Government, Executive Committee of the Electronic Government (2009). e-PING: Electronic Government Interoperability Standards – Version of December 11, 2009. Retrieved from http://eping.governoeletronico.gov.br/.
[22] Yahia, E., Aubry, A., & Panetto, H. (2012). Formal measures for semantic interoperability assessment in cooperative enterprise information systems. Computers in Industry, 63(5), 443–457. http://doi.org/10.1016/j.compind.2012.01.010
[23] European Commission (2010). European Interoperability Framework (EIF) for European public services. Brussels, Belgium, 2010.
[24] Rezaei, R., Chiew, T. K., Lee, S. P., & Shams Aliee, Z. (2014). Interoperability evaluation models: A systematic review. Computers in Industry. http://doi.org/10.1016/j.compind.2013.09.001.
[25] Guédria, W., Chen, D., & Naudet, Y. (2015). A Maturity Model for Enterprise Interoperability. Enterprise Information Systems, 9(1), 1–28. http://doi.org/10.1007/978-3-642-16961-8.
[26] Cestari, J. M. A. P., Loures, E. R., & Santos, E. A. P. (2013). Interoperability Assessment Approaches for Enterprise and Public Administration. In: Demey, Yan Tang; Panetto, Herve (Eds.). (Org.). OTM Industry Case Studies. 1ed.: SPRINGER Lecture Notes in Computer Science, 2013, v. 8186, p. 1-759.
[27] Noran, O. (2011). Integrating environmental and information systems management: An enterprise architecture approach. In Information Systems Development: Asian Experiences (pp. 123–134). http://doi.org/10.1007/978-1-4419-7355-9_11.
[28] De Brito, M. M., & Evers, M. (2016). Multi-criteria decision-making for flood risk management: A survey of the current state of the art. Natural Hazards and Earth System Sciences, 16(4), 1019–1033. http://doi.org/10.5194/nhess-16-1019-2016.
[29] Yang, C. L., Yuan, B. J. C., & Huang, C. Y. (2015). Key determinant derivations for information technology disaster recovery site selection by the multi-criterion decision making method. Sustainability (Switzerland), 7(5), 6149–6188. http://doi.org/10.3390/su7056149.
[30] Zhao, H., Peng, Y., & Li, W. (2013). Revised PROMETHEE II for improving efficiency in emergency response. In Procedia Computer Science (Vol. 17, pp. 181–188). http://doi.org/10.1016/j.procs.2013.05.025.
[31] Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. European Journal of Operational Research. http://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028.
[32] Saaty, R. W. (2013). Decision Making in Complex Environments. Retrieved from: <http://www.croce.ggf.br/dados/Tutorial%20superdecisons.pdf>. Accessed on may 12, 2017.
[33] Sumrit, D., & Anuntavoranich, P. (2013). Using DEMATEL Method to Analyze the Causal Relations on Technological Innovation Capability Evaluation Factors in Thai Technology-Based Firms. International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies, 4(2), 81–103.
[34] Marques dos Santos, E., & Reinhard, N. (2009). The Challenges in Establishing a Government Interoperability Framework : The e-PING Brazilian. In CONF-IRM 2009 Proceedings. Paper 54.
[35] Avanzi, D. da S., Foggiatto, A., dos Santos, V. A., Deschamps, F., & de Freitas Rocha Loures, E. (2017). A framework for interoperability assessment in crisis management. Journal of Industrial Information Integration, 5, 26–38. http://doi.org/10.1016/j.jii.2017.02.004.
[36] Wu, C. I., Kung, H. Y., Chen, C. H., & Kuo, L. C. (2014). An intelligent slope disaster prediction and monitoring system based on WSN and ANP. Expert Systems with Applications, 41(10), 4554–4562. http://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.12.049.
[37] Marchesi, M., Sang-Gook, K., & Matt, D. T. (2013). Application of the Axiomatic Design Approach to the Design of Architectural Systems: a Literature Review. The Seventh International Conference on Axiomatic Design. Worcester – June 27-28, 2013.
[38] Cestari, J. M. A. P. (2015). A Contribution to Interoperability Capability Diagnosis in Public Administration Domain. Curitiba, 2015. 364p. Thesis - Pontifical Catholic University of Parana. Curitiba, Curitiba, December 10, 2015.
[39] NIST, Integration Definition for Functional Modeling (IDEF0) (1993). FIPS Publication 183, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 1993. <http://www.idef.com/idefo>.
[40] Falatoonitoosi, E., Ahmed, S., & Sorooshian, S. (2014). Expanded DEMATEL for determining cause and effect group in bidirectional relations. The Scientific World Journal, 2014. http://doi.org/10.1155/2014/103846.

Apêndice VIII – **Framework for modeling of Disaster Prevention and Management Information System**

To prevent or during a crisis/disaster situation, a correct and rapid communication between the parties involved, whether public entities, specialist volunteers or simply members of the population involved, is of great importance to minimize the effects of the disaster or crisis situation. Over the years DIS (Disaster Information Systems) have been developed. This article proposes a framework to find the main necessary non-functional requirements, functional requirements and Technical Solutions able to implement these requirements and then create a regionally adapted Disaster Prevention Information and Management System (DPMIS). Through the proposed framework all the requirements found will be used to model and create a reference architecture directed related to conditions of the entities involved. Also a new way to represent the relation between the requirements in a SysML requirements diagram will be presented making it easier to build it. Based on the modeling requirements, and on the reference architecture, it was possible to construct a prototype and a hardware for a low cost data acquisition. This proposed framework and reference architecture found is part of a research and development cooperation project of PUCPR - Pontifical Catholic University of Paraná in partnership with ICI - Institute of Intelligent Cities of Curitiba. This partnership is done through the Post-Graduate Program in Production and Systems Engineering - PPGEPS.

Keywords: system, SysML, disaster, information, management, crisis, low cost.

1.Introduction

During a disaster or emergency situation, the better the coordination between the parties involved, the faster the response will be. A response is understood to mean any action or set of actions necessary to minimize the effects of a disaster or crisis. To assist in this process, information management systems during disasters or prevention of these, have been developed around the world. Each system is developed according to local characteristics, needs and budgets. For these and other reasons it is essential to choose the use cases and requirements that each system must meet and the technologies and processes that will be used to support them. In this scenario the perspectives of interoperability must be considered in order to provide a greater performance of the system.

This work presents a framework containing 11 steps that guides the identification of the requirements and modeling of them creating a reference architecture to drive the construction of a Disaster Prevention Management Information Systems (DPMIS), considering a new approach based on the use of the QFD (Quality Function Deployment) tool in conjunction with the SysML (System Modeling Language) created for systems engineering applications.

The proposed framework assists in the identification, selection, modeling and specification of Non-Functional (NFR) , Functional Requirements (FR) and Technical Solutions (TS) required for the development of interoperable DPMISs. The approach involved allows the transformation of qualitative attributes obtained through bibliographic review (scientific contributions and worldwide initiatives) corroborated with expert opinions (survey), in quantitative expressions making possible the evaluation of the degree of importance of each requirement found and its modeling through the diagram requirements of the SysML language.

This transformation and formalization greatly aid the development cycle of DPMISs in order to best meet the needs of the entities or groups involved or required during a disaster or emergency situation in a region. Thus, a new form to represent the relationship between the items of a QFD (attributes) and SysML Requirements Diagram is proposed, facilitating the modeling and reading of the requirements involved. As a final result, reference architecture

and a prototype involving low cost hardware and software components are presented. The reference architecture will feed another project responsible for assessing the interoperability of the entity involved in relation to the proposed architecture. Both projects are being developed within the scope of cooperation between PPGEPS / PUCPR and ICI (Instituto das Cidades Inteligentes de Curitiba).

2. The Problem

Thus, for a DPMIS (Disaster Prevention Management Information System) to meet the needs of the place where it will be deployed, it is very important to develop it with the appropriate characteristics and the technological resources coherent with the reality of the entity or locality. For example, does not make sense to have a complex system with sophisticated snowfall prevention hardware if it is installed in the middle of a desert that has no temperatures records below 20 ° C. Also, there is no sense in a system located next to a river that does not have devices or is not preparation for flood and flood situations.

Therefore the requirements that must be met and the technological resources that will be used to serve them must be chosen in a correct and effective manner, in coherence with the sphere of coverage and service of the DPMIS. It is justified on the one hand to save money (which can be directed to more essential areas) and on the other hand to ensure a robust system that can reduce the side effects of a disaster or emergency situation.

Motivated by this problem space, this work proposes a framework capable of helping during the process of modeling and development of DPMIS (Disaster Prevention and Information Management System) enabling the identification of the most adequate requirements to attend the teams involved and according to the region where it will be used.

3.Related Works Found Around the World

A survey of the initiatives within the crisis management domain collaborates with the identification of best practices and technical requirements capable of supporting the development cycle of Disaster Response Management System

(DRMS). These systems are characterized as DMSs (Disaster Management Systems) and are mainly focused on the response to a particular occurrence. Some successful worldwide initiatives are presented next. They collaborated with the identification of relevant attributes with respect to disaster management scenario assessments, as well as in supporting a relational study between these attributes and ICT interoperability requirements.

3.1 SAFETRIP [1] - Satellite application for emergency handling, traffic alerts, road safety and incident prevention (France)

A noticeable increase can be perceived in driver assistance systems research and development. These systems are based on automated technologies and sensors capable of detecting the traffic situations around the vehicle and either warning the driver or automatically performing some mechanical action. In addition to vehicles, roads have also received significant improvements. Intelligent communications systems that interact with many devices and vehicles are being deployed with good results [1]. Along this line, SAFETRIP is one of these intelligent systems designed to improve the use of the road transport infrastructure generating alerts with many degrees of importance: informative, preventive, promoting actions, etc. This system helps to reduce the number of accidents and deaths as it increases stakeholder mobility and information distribution. Vehicles can be interconnected via different media (called ICT) such as telephone channels, satellite and Wi-Fi, radio, etc. In order to enhance information exchange capabilities, new satellite technologies are being implemented to improve the communication in extreme environments and other problem situations [1].

3.2 DECIDE [2] - Decision Support System for Disaster Emergency Management (Greece)

This project aims to provide assistance during emergencies resulting from natural causes or by human action, targeting improving the capability of resources involved, as well as preventing future events. The development was motivated by the high complexity of the actions required in disaster situations. Quick responses and development of prevention plans are difficult due to this complexity. In minimizing these difficulties, DECIDE proposes an Intelligent

Decision Support System (IDSS) to promote higher efficiency and enhance management capability of local stakeholders and entities responsible for effective response to all types of disasters. The system proposes some goals, encouraging the use of innovative solutions and technology bases in increasing the capability of local authorities in delivering effective and efficient coordination of prevention and response procedures. These procedures should address risks and enhance the capability of society and volunteers to support local disaster control, thus avoiding further losses. The main way of achieving these goals is through an IDDS with the main features shown below:

- allocation of civil protection units;
- routing and guidance in emergency situations;
- network and risk mapping based on geographic information system (GIS);

  viewer roles and responsibilities;
- alerts and warnings;
- management scenarios and users;
- multiple end user interface support (web, phone etc.).

3.3.SAVE ME [3] - System and Actions for Vehicles and transportation hubs to support Disaster Mitigation and Evacuation (United Kingdom)

In recent years, large numbers of people have died due to natural disasters, fires in tunnels and public transport terminals. In addition, governments still have face the difficult task of dealing with the threat of terrorist attacks. Man made or natural disasters always require fast and coordinated response often resulting in mass evacuation scenarios. Project SAVE ME aims to prevent these disasters by developing systems that detect both types of events. The system must support mass evacuation procedures in a very short time protecting the lives of all stakeholders. The system also provides features to handle all kinds of people, including people with disabilities [3]. To achieve its objectives, the project presents an ontological framework capable of recognizing the different types of threats, classifying them and proposing possible solutions for their reduction. The approach is based on a complex and

innovative human behavior based algorithm (under stress, panic and strong emotions, etc.). These behaviors can be indicative of abnormal conditions and serve as alert triggers to be sent to the respective persons/entities responsible.

3.2 e-PING [4] - Electronic Government Interoperability Standards (Brazil)

The e-Ping defines a minimum set of assumptions, policies and technical specifications that drive the use of Information and Communication Technologies (ICT) in the Brazilian federal government, establishing the integration terms with other branches and levels of government as well as society at large. Brazilian entities must be e-Ping compliant in system planning, acquisition of new equipment, implementation of IT services, during system developments or upgrades. Some entities are voluntarily adopting e-Ping through direct changes in their management or by contracting service companies already compliant to the new standards and this way increasing interoperability and security in their communication transactions [5].

In disaster scenarios, the adoption of open e-government [6] standards for all stakeholders involved will help in ensuring information and communication security, given this is one of the underpinning assumptions of e-Ping. Literature reviews corroborate the fact that adopting common standards during the development and implementation of new Disaster Management Systems was a common requirement of many systems currently in operation. Therefore, adopting e-Ping implies in increasing interoperability among entities involved, as well as facilitating the inclusion of new partners and technologies in the future.

3.4 IsyCri [7] - Systems Interoperability In Crisis situation (France)

The IsyCri project began in 2007 and ended in 2010 and defined a MIS (Mediation Information System) devoted to connecting (at cell level) players responsible for the reduction of crisis situations and ensuring their interoperability, supervising their collaborative workflows. The general principle of IsyCri relies on the belief that integration between the parties is a crucial step towards the successful reduction of a crisis. Therefore, interoperability is

IsyCri’s central concern, ensuring integration and communication among partners, as well as defining collaborative maturity levels.

In a crisis context (natural disasters, accidents, conflicts, industrial accidents, etc.) different participants (medical units, police, etc.) have to work simultaneously and very quickly. Cooperation among them and the ability to coordinate their actions is essential in achieving a common goal – reduction of the crisis situation. In this sense, the main point of the ISyCri project was to provide partner organizations, involved in managing the crisis through MIS, capabilities to merge their heterogeneous and autonomous Information Systems (IS) into a global System (SoS - System of Systems). The following tasks were defined for its implementation:

- ontology construct of the system studied including, e.g. people, local nature, goods, and characterization of the crisis by identifying its elements such as type, severity, trigger, etc.;
- logical modeling of MIS (Mediation Information System);
- technical architecture modeling and projection of logical view of the technological vision;
- study of dynamics;
- experimenting acting as a generic part of the project, based on specific use cases in order to verify the described principles.

4. The Proposed Framework

In Figure 1, we have a macro view in a IDEF0 notation of the main phases that make up the proposed framework.

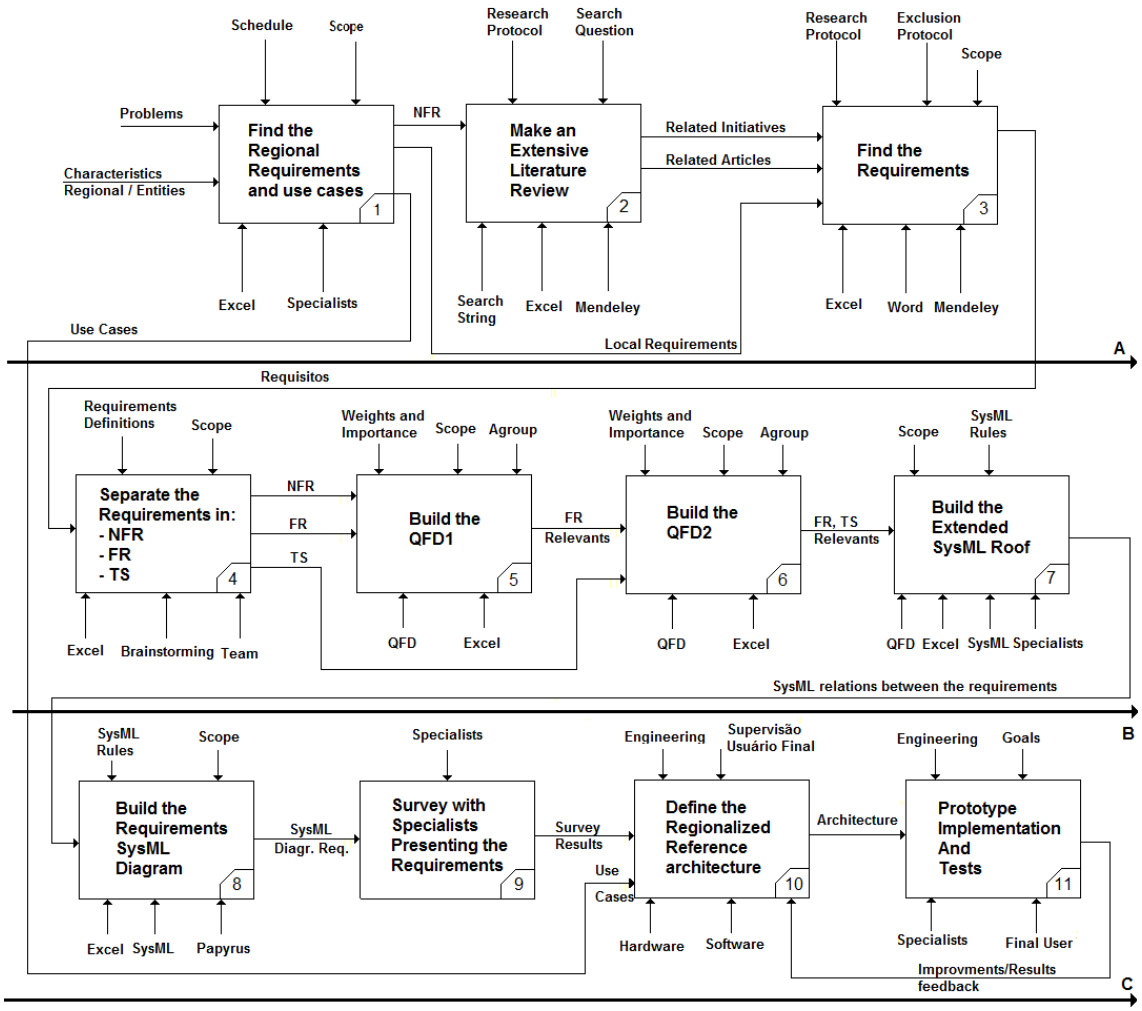


Figure 1 - Methodological Basis.

In this way the main tasks of framework are:

1) After have find some related initiatives around the world and the visit of an Institution where a Disaster Prevention and Information Management System or part of it is necessary, some use cases Non Functional requirements and keywords will be found.
2) With the keywords and use cases requirements a Systematic Literature Review is made.
3) After the analysis of the related articles encountered in the SLR all requirements found (independent of the type - NFR, FR or TS) are listed.
4) All the NFR, FR and TS are separated and organized.

5) A Quality Function Deployment (QFD1) with NFR and FR is created and the most important FR are listed.
6) The results of the QFD1 and the TS are used to create a new Quality Function Deployment (QFD2).
7) In this step, the results of the QFD2 (the FR and most relevant TSs requirements) are used to create a QFD roof extended to SysML (proposed by the Author).
8) In this step of the framework, the relations between the Requirements represented in the extended QFD roof are used to create the complete SysML Requirements Diagram of the Reference Architecture.
9) In this step, all requirements found and details are presented to specialists using a survey for it.
10) Here the final architecture is created and presented to the engineering team.
11) In this last step, the reference architecture will be used to create a prototype and present the main features to the final user. Also it is possible to execute some tests and the results of them together with the specialists and final user recommendations are used again as a parameter to the step 10 of the framework improving the system.

In the Item 5 we will demonstrate how the SRL was made. In the Item 6 we will show the NFR, FR and TS requirements. In the Item 7 we will describe how he QFDs are build. In the item 8 a QFD roof expended for the SysML (technical created by the author) will be presented. Also, parts of the architecture and the prototype will be demonstrated in item 9.

5.Systematic Literature Review

There are several ways to find out the requirements you need to develop a DPMIS. Such requirements can be found through bibliographic reviews, interviews, market research, expert survey, Use Cases survey, etc.

Here we will demonstrate one of the ways to find the "WHAT" that is the necessary requirements that most serve a particular Institution and which will also serve to present reference architecture.

As already mentioned, SRL will be responsible for identifying the NFR, FR and TS that must be present in a regionally adapted reference architecture.

5.1 - The Question

It is necessary to research the SLR question only. In this way, we have the following question to be answered through the works that will be found:

Currently, what are the works and initiatives related to crisis and disaster management and prevention aimed at improving the existing interoperability and mobility in the literature and its functional, non-functional requirements and technical solutions implemented?

5.2 - The Protocol

To execute the SLR the following rules were used:

- Articles in English and Portuguese
- Period: 1970 until today.
- Type: Articles, periodic and congress/workshops.
- Inclusion Rules: Contents related to the theme and indicated by the specialists.
- Exclusion Rules:
    - Abstracts that differ from the subject in question.
    - Works dealing with city planning / architecture projects.
    - Non-technological articles.
    - Hospital articles

5.3 Results Found

The search string was stable after the 10 iteration and arrived at the following numbers:

SCOPUS = 377 works

Science Direct = 474 works

A large number of publications were found between 2009 and 20015. All 851 papers were added in the aid tool called Medeley and were grouped and filtered through their titles by up to 323 papers. During the reading of all the abstracts the exclusion criteria of the research protocol were applied, reaching 63 related works. All of them were classified according to their level of importance and separated into two categories resulting: 21 directly related works (this means that it contains some keywords, but does not mean that they are related to the RSL issues) and 11 very directly related this means that they can respond by submitting answers to the RSL questions. The last 11 articles have been read in full.

All revision and reading resulted in 124 requirements which must be separated into requirements for the first stage of the QFD or requirements for the second step of the QFD.

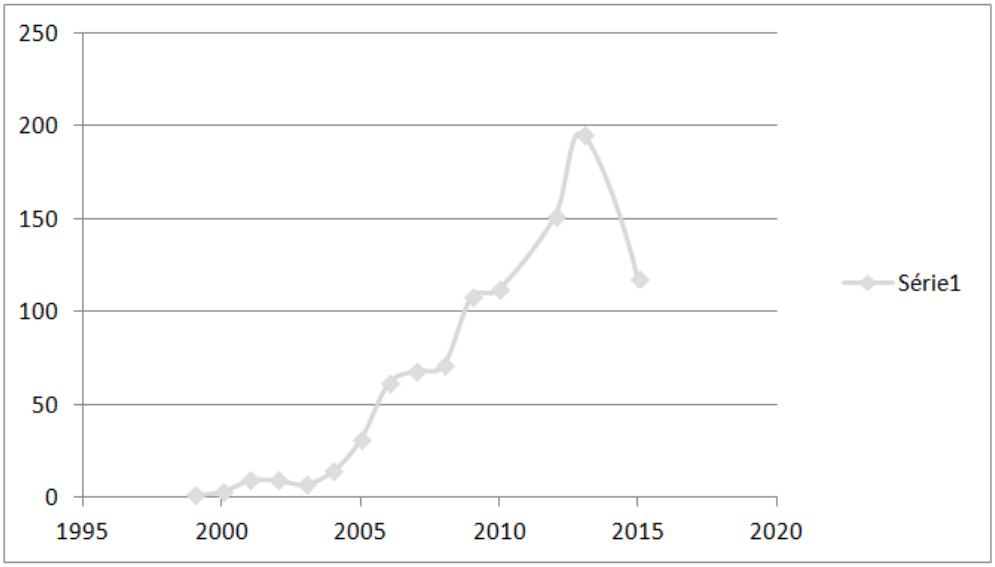


Figure 2 - Number of articles found over the years.

6. Non Functional, Functional and Technical Solutions Requirements

Therefore, after the most important articles have been found, it is time to filter all requirements and separate each in one of the three types: Non-Functional, Functional and Technical solutions where they are:

Non Functional Requirement (NFR): are directly related to the judgment of the functioning of the system and / or how it will behave. In other words, they make direct reference to quality or performance. Examples of non-functional requirements include: Performance, scalability, capacity, availability, retrieval, maintenance, ease of maintenance, regulation, manageability, data integrity, performance, usability, simplicity, reliability, security, availability, interoperability.

Functional Requirement (FR): Define themselves as functional requirements of a system, those will specify a behavior or function in other words, are the characteristics of the system / product. They can also be called defining requirements. Usually include: Fixes, Updates, Cancellations, Business Rules, Administrative Functions, Authorization Levels, Certification Requirements, Reports, History, Laws and Regulations, Interfaces to the Outside Environment, etc.

Technical Solutions (ST): are the requirements directly related to the solution or technical solutions to be used or that can be used to implement a functional requirement. For example: MySQL database, HTL5 inteface, Node.Js server, Litium battery, Intel processor, search with QuickSort, etc. In Table 10 we have the technical solutions found during the literature review.

These requirements were separated through reading, meaning and technical judgment. In this way, through the SLR were found:

FR = 51

NFR = 35

TS = 43

Many requirements when grouped could be merged. Because that, the result was only: FR+NFR+TS = 129 requirements.

7.The QFDs

Having the, functional, non-functional requirements and technical solutions in hand, it becomes possible to assemble the QFD chains [11].

The central objective of a QFD is to separate the requirements and attributes of a system into groups, translating text expressions into quantitative values. Here, the stages of QFD involved are intended to assist in choosing the most relevant requirements for the development of an information management and disaster prevention system (DPMIS) [8].

For the proposed framework, only QFDs 1 and 2 from the common 4 stages product QFD chain will be used (Matrix of Characteristics and Matrix of Parties). QFDs 3 and 4 relate to process engineering and production planning respectively and are not part of the scope of this proposal.

Through a QFD it becomes possible to transform qualitative data into quantitative values or into design requirements which can be used by the engineering team.

In the figure 3 below, we can see that through the QFD1 (NFR x FR) we will find the most relevant Functional Requirements that will be part of the QFD2 (FR x TS).

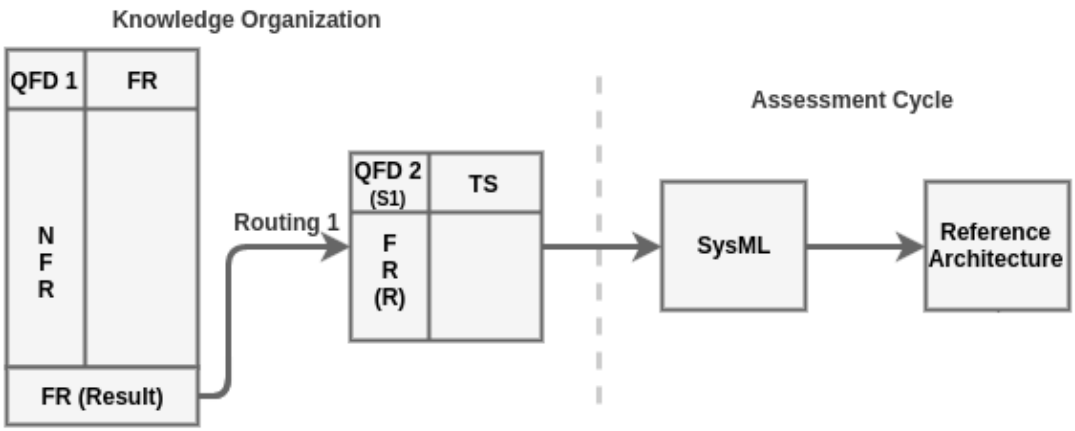


Figure 3 – QFD1 and QFD2 x framework stages.

Therefore, through the QFD1 will be possible to identify the most needed Functional Requirements for the respective entity/location. And through the QFD2 will be possible to identify most important Technical Solution that could be used to satisfy /build a system with the FR needed.

In the figure 4 it is possible to see part of the QFD1 built:

				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
				RF												
		Como ? RF / O Que ? (Demanda da qualidade) RNF	Importancia (0 até 10) Especialistas/evisão da Literatura	Registro do Originador (Owner of data reports)	Especificar a localização da infomação (Loction Identification)	Compartilhemtode Dados (Sharing Data)	Alertas sobre áreas de risco	Informar sobre pontos de controle	Informar sobre transportes alternativos	Informar sobre rotas alternativas	Informar sobre pontos de abastecimento	Reduzir veiculos Acionados	Informação Prioritária para Deficientes	Consultas externas (Outside Consulting)	Usuários não registrados apenas recebem broadcasts	Niveis de acesso
RNF	Baixo Custo	Adaptavel a diferentes realidades financeiras	10	0	1	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3
		de manutenção	8	1	3	3	9	0	1	1	1	3	1	1	3	3
		de Software	9	3	3	9	9	1	1	1	1	3	3	1	3	3
		de Hardware	10	3	3	9	9	1	1	1	1	3	3	1	3	3
		de armazenamento do Banco de Dados	7	9	9	9	9	9	3	9	1	1	3	3	9	9
		de implantação	5	3	3	3	9	3	3	3	3	9	3	9	3	9
		de treinamento	9	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	3
		de integração com o que já existe e novas tecnologias	8	1	3	9	9	1	1	1	1	3	3	9	9	3
	Segurança	Sistema Robusto	5	9	9	9	9	1	1	1	1	1	3	3	9	9
		Confiabilidade	10	9	9	9	9	1	1	1	1	1	3	3	9	9
		Aceitavel para uso no Governo	7	3	3	9	1	1	1	1	1	1	1	3	9	9
		Controle do tráfico de informações (Traffic Control)	4	1	1	3	9	1	1	1	1	1	1	3	9	3
	Histórico	Pesquisas Espaciais (Spatial Queryng)	4	9	9	1	9	3	1	1	0	0	1	1	3	3
		Busca automática de casos anteriores (automatic background Searching)	3	3	9	1	9	3	3	3	1	1	1	1	1	3
		Compartilhamento de Conhecimentos (Knowledge Sharing)	7	9	9	9	9	1	1	1	1	1	1	1	1	3
		Métricas de Performance do sistema (System Performance Metrics)	5	9	9	1	3	1	1	1	1	1	1	1	3	3
		Métricas de Perforance de Usuário (User Performance Metrics)	5	9	9	1	3	1	1	1	1	1	1	1	9	3
		Métricas de Performance Organizacional (Organization Performance Metrics)	5	9	9	1	3	1	1	1	1	1	1	1	3	3
		Network Performance Evaluation	3	3	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	9	1
		Capacity (*)	4	3	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	9	3
	Rapidez	Funcionamento Automático (Automaticaly)	9	9	9	9	9	1	9	9	3	3	3	3	9	9
		Acesso Rápido	9	3	9	9	9	1	9	9	3	3	3	3	9	9
		Identificação rápida de Experts e Supervisores I	10	9	9	9	9	1	1	1	3	3	3	3	1	9
		Facilidades no envio de Mensagens	10	9	9	9	9	3	3	3	3	3	3	0	9	9
		Comunicação Rápida	10	9	9	9	9	9	3	3	3	3	3	3	9	9
		Tempo de resposta rápido (Quick Response Time)	10	9	9	9	9	1	9	9	9	9	9	9	9	9
		Fornecer dados espaciais Instantaneamente (GIS)	2	1	9	9	9	3	9	9	9	9	9	1	9	9
		Agile (good Performance and flexibility)	9	3	9	9	9	1	9	9	9	9	9	9	9	9
	User Friendly	Flexibilidade	8	3	9	9	9	3	9	9	9	9	9	3	9	9
		Qualquer um pode ser capaz de usar	9	3	3	9	9	1	1	1	1	1	1	3	9	9
		Treinamento Rápido	9	3	3	9	3	1	1	1	1	1	1	1	9	9
		Permitir acessos Simultaneos (Multiple Users)	10	1	3	9	9	1	0	1	1	1	1	1	9	9
		Fornecer relatórios Rápidos	10	3	9	9	9	1	1	1	1	1	1	3	9	9
		Identificar as partes envolvidas automaticamente (Identify Parties Automaticaly)	5	9	9	3	1	1	3	1	3	3	3	1	9	9
	Interoperability	Capaz de ser conectado a Sistemas antigos	10	3	3	9	3	3	1	1	1	1	1	3	9	9
		Compartilhamento de dados (Interoperavel com outras arquiteturas)	7	9	9	9	9	3	1	1	1	1	1	3	9	9
	Verificação	Implementação de um protótipo para verificações (Prototypes Implementation)	5	9	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	9	3
		Peso Absoluto (Importância do Requisito):		1382	1658	1904	1944	516	736	778	614	752	736	784	1842	1830
		Peso Relativo (Importância Relativa):		1,97	2,37	2,72	2,78	0,74	1,05	1,11	0,88	1,07	1,05	1,12	2,63	2,61

Figure 4 – part of the QFD1 – Non Functional Requirements x Functional Requirements

Using the QFD is possible to create a graphical where is easy to identify what functional requirement is most important.

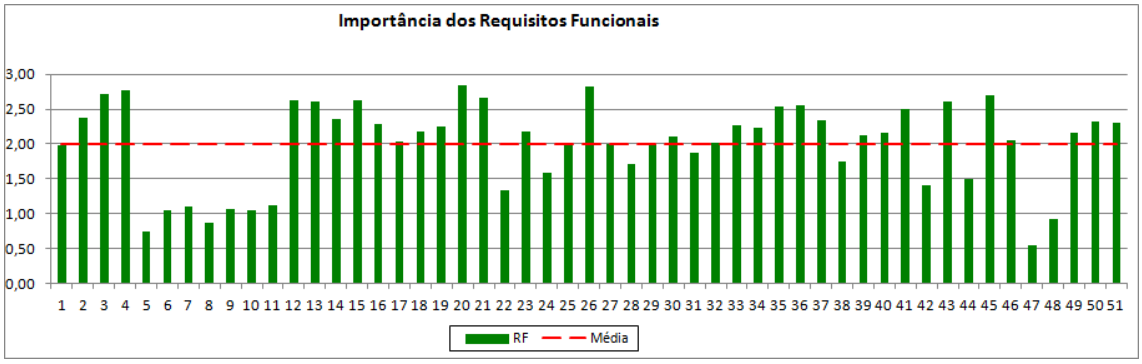


Figure 5 - Importance of the Functional Requirements.

In the Figure 6 we can see part of the QFD2 build.

				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
																ST								
		Como ? ST / O Que ? (Resultado QFD 1) Requisitos Funcionais	Importância Relativa (Origem QFD1)	Data e hora dos Eventos	Banco de dados Relacional	Open SQL data Language	Multiplos Formatos de dados	Padronização das Especificações de Dados	Datasets Comuns	Pesquisas baseadas em Atributos	Banco de dados Distribuidos	Distribuição de dados via WEB	Encriptação de mensagens via SSH	Mensagens de/para Especialistas Encriptadas	Depiction (Physical Representation in a digital format of the	Armazenamento de mapas Digitais	Mensagens tipo Broadcast	Uso de Tecnologis Atuais	Uso de Sistemas não Complexos	Abordagem Modular	Hierarquia de Usuários	Node.Js	Sistema Operacional Linux	Sistema Operacional Windows
RF	1	Registro do Originador	1,97	9	3	1	1	3	3	0	1	3	1	1	1	1	3	9	1	1	3	3	1	1
	2	Especificar a localização da informação	2,37	9	9	3	3	3	3	9	3	9	1	1	9	9	3	9	3	9	9	9	1	1
	3	Compartilhamento de Dados	2,72	3	9	9	9	9	9	9	3	9	1	3	9	9	9	9	3	9	9	9	9	9
	4	Alertas sobre áreas de risco	2,78	3	9	9	9	3	9	9	3	9	1	1	9	9	9	9	3	9	9	9	1	1
	12	Usuários não cadastrados Apenas Recebem Broadcasts.	2,63	1	9	9	3	3	3	9	1	9	9	9	1	1	9	9	9	9	9	9	1	1
	13	Níveis de acesso	2,61	9	9	1	3	3	9	3	3	3	3	9	1	1	9	9	3	9	9	3	3	3
	14	Atualização de dados Dinamicamente	2,36	9	9	9	9	9	9	9	3	9	1	1	3	9	9	9	9	3	3	9	9	9
	15	Geographical based data	2,64	1	1	9	9	9	9	1	1	9	1	1	9	9	1	9	1	9	1	9	1	1
	16	Evitar trotes	2,28	9	3	9	3	3	9	3	1	3	9	9	1	1	9	9	9	9	9	9	1	1
	17	Fornecer serviços de Middleware	2,03	1	3	9	9	9	9	9	3	3	9	9	3	3	3	9	9	9	9	9	1	1
	18	Troca de informações entre times	2,19	3	9	9	9	9	9	3	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	3
	19	Emitir mensagens personalizas	2,25	3	3	1	3	9	9	3	1	3	9	9	1	9	1	9	3	3	9	9	1	1
	20	Permitir uso de aplicações Personalizadas	2,85	3	9	3	3	9	9	3	3	3	1	1	9	9	9	9	9	9	3	9	9	9
	21	Fácil de incluir novos módulos	2,66	9	9	9	9	9	9	9	1	9	1	1	3	9	9	9	9	9	3	9	3	3
	23	Monitoramento Contínuo	2,19	9	3	3	9	3	9	3	3	9	3	1	9	9	9	9	9	3	1	9	9	9
	25	Dispositivos contra invasão	1,98	3	9	9	3	3	3	3	3	3	9	9	1	1	9	9	9	3	9	9	3	3
	26	Níveis de importância dos dados	2,82	9	9	9	1	3	9	3	1	3	9	9	3	1	3	3	9	3	9	9	1	1
	27	Rastreamento de responsáveis pelos dados	1,99	9	3	1	3	3	9	9	3	9	9	9	1	1	1	3	9	1	1	3	1	1
	29	Disponibilizar Relatórios de Acesso.	2,01	9	3	1	3	3	9	9	3	9	9	1	1	1	1	3	3	3	1	3	1	1
	30	Relatórios de Ocorrências	2,11	9	9	1	3	3	9	3	1	1	3	1	9	9	1	3	1	3	1	3	1	1
	32	Relatórios de Usuários	2,01	9	9	9	9	3	3	3	3	1	3	3	9	3	1	3	1	3	9	3	1	1
	33	Acesso a dados Antigos	2,27	3	9	9	9	3	9	9	9	1	9	3	9	9	3	9	3	9	1	9	1	1
	34	Apurar uma situação rapidamente	2,23	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1	1	9	9	9	9	9	9	3	3	3	3
	35	Tomadas de decisão automáticas	2,54	9	9	9	9	9	9	9	3	9	3	1	9	9	9	9	9	9	9	9	1	1
	36	Detecção automática de riscos e Situações de Emergência	2,55	3	9	3	3	9	9	9	9	9	1	3	9	9	9	9	9	9	1	9	1	1
	37	Notificar Grupos e Times Dinamicamente	2,33	3	1	1	9	9	9	9	3	9	3	1	9	3	9	9	3	3	1	9	3	3
	39	Feedback Instantâneo de Especialistas	2,12	9	3	1	3	9	9	3	3	9	9	9	3	9	3	3	3	3	9	9	1	1
	40	Uso de tecnologias corporativas (Ex.: SAP)	2,17	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	9	9	9
	41	Interfaces de acesso e consulta multiplataforma	2,51	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	9	9	1
	43	Multilingual	2,61	1	3	3	9	9	3	9	3	9	3	1	1	3	1	3	9	9	3	9	9	9
	45	Implementação de taxonomia comum entre módulos	2,70	1	3	9	9	9	9	9	3	9	9	1	1	3	3	9	9	9	1	3	1	1
	46	Implantação de níveis de importância para eventos	2,05	3	3	1	1	3	1	3	1	9	9	1	9	3	3	9	9	3	9	9	1	1
	49	Funcionar em diferentes tipos de crise	2,17	3	1	3	9	9	3	3	3	9	1	9	9	9	9	9	3	9	9	9	9	9
	50	Customização da Intercace do Usuário	2,32	3	9	3	9	3	9	9	3	9	1	1	9	9	3	9	3	9	3	9	9	9
	51	Não precisa ser programador para configurar	2,31	1	1	3	3	9	9	1	1	9	1	3	3	3	9	9	9	9	3	3	3	3
		Peso Absoluto (Importância do Requisito):		438	520	469	506	523	630	506	270	577	387	344	471	498	492	647	515	564	431	621	290	270
		Peso Relativo (Importância Relativa):		2,25	2,67	2,41	2,59	2,68	3,23	2,59	1,38	2,96	1,98	1,76	2,41	2,55	2,52	3,32	2,64	2,89	2,21	3,19	1,49	1,38

Figure 6 - part of QFD2 Functional Requirements x Technical Solutions.

As made in the QFD1 here is also possible to construct a graphic displaying the importance level of each Technical solution.

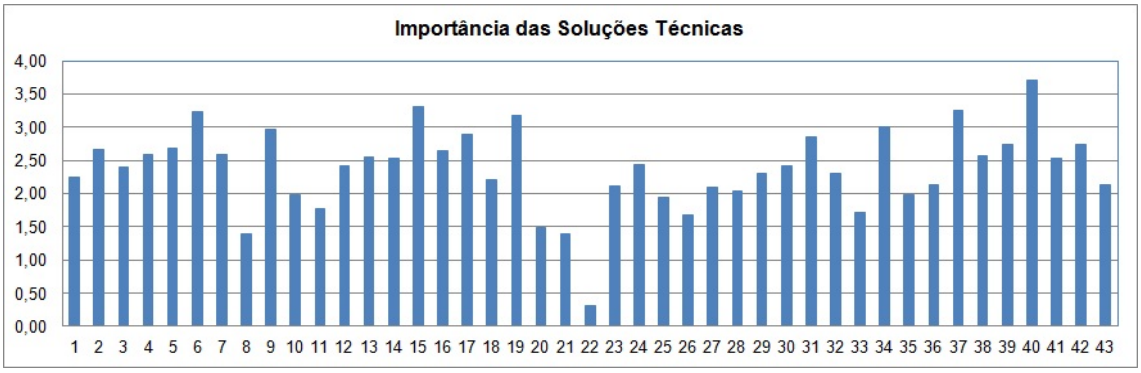


Figure 7 – Technical Solution requirement importance level.

In the QFDs, the relative importance could be found consulting the specialists, engineering discussions, thought use cases or brainstorms between the users, stockholders and engineers.

8. A QFD roof adapted to SysML (new contribution)

There are a few ways to translate the requirements of a given system into a SysML diagram. One way to do this is through a table of relationship between requirements as seen in [14] and (Oliveira, 2013). Normally, a table of relationships between requirements is used. In the table 1 below, we can see the SysML requirements relationship of a hypothetical system.

ID/Requirement Description	Relationship between	Relation ship Type
FR21 – Easy to include new modules	FR34 – Fast Occurrence Answers	Satisfy
ST1 – Events Timestamps	ST7 – Atributes Based Queries	Satisfy
ST9 – Web Distributed data	ST14 – Broadcast Messages	Hierarchy
FR1 – Originator	FR26 – Level of data Importance	Satisfy
FR35 – Automatic Decisions	ST18 – Hierarquia de Usuários	Trace

Table 1 – SysML Relationship between system requirements in an hypothetical system.

However, this method is not clear and using only this table is very difficult to see the scope of all relationships. The problem is that this method (based in a table) does not clearly express the relationship between the requirements making it necessary to navigate within the table (comings and goings) in order to understand which requirement relates to what type and relationship they have. The engineers or developers lost money and time during this process.

Therefore, the author proposes a new way of organizing the requirements so as to prepare them for the construction of a SysML diagram. The author calls this as expanded QFD roof method.

The idea is to dispose al requirements in a table similar to a QFD roof but using symbols like in a SysML diagram as demonstrated in Figure 8. To complement the representation of the hypothetical system, legend could be used where each symbol represents of the SysML possible relationship and the direction of the relation.

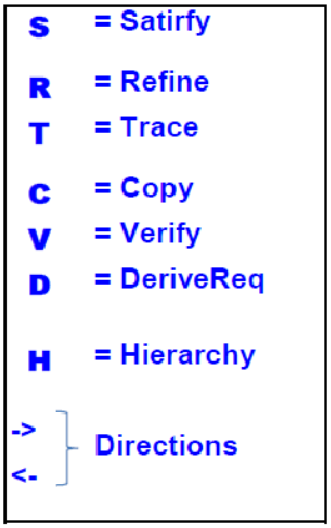


Figure 8 - Legend used in Extended QF Roof for SysML.

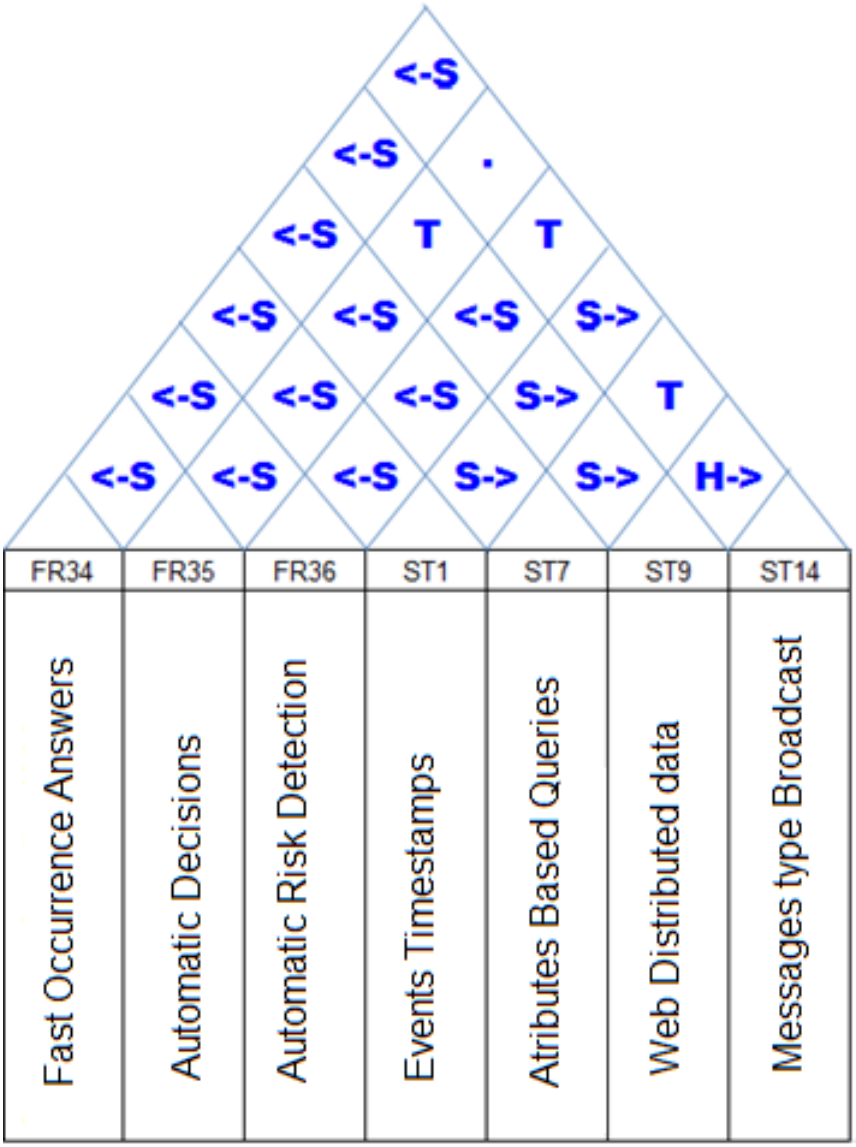


Figure 9 – New Proposed QFD roof adapted to SysML Requirement for an hypothetical system.

With this new QFD roof adapted to SysML, is very easy to see the relationship between many system requirements making development tasks cleaner and faster. Improves the exchange of information between teams and reduces the possibility of misinterpretation as all needed information is displayed in the same place. The documentation quality cold is also increased.

For example, let's say that the engineer or developer needs to know what the relationship between Functional Requirement 36 (Automatic Hazard Detection and Emergency Situations) and Technical Solution 17 (Attribute Based Queries) is. Only by looking at the part of the QFD that contains these

two requirements can it be identified that Requirement ST7 satisfies requirement FR3 as can be seen in figure 10.

It can be noted that obtaining the information is visual and instant, different from the query in table 3 or the classic QFD Roof where in both it is not possible to identify who satisfies whom.

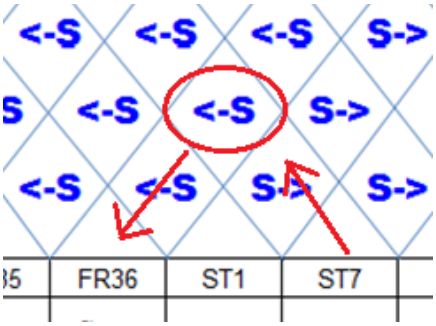


Figure 10 - Relationship between Technical Solution 7 and Functional Requirement 36

This approach can be programmatically implemented if it is necessary what may even be to become a patent.

8.1 SysML diagram based on the QFD roof

Based on the QFD extended roof to SysML it is possible to create the SysML diagram of the hypothetical system described above. The SysML of the hypothetical system is presented in the figure 11.

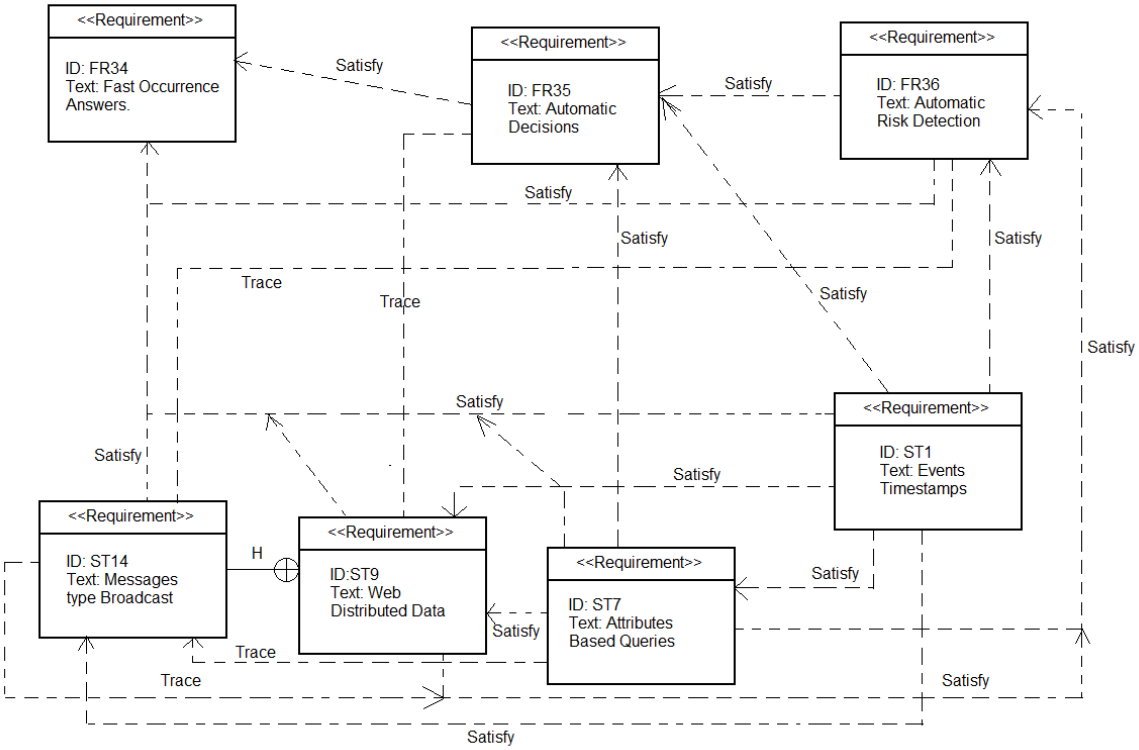


Figure 11 - Requirements SysML diagram of the hypothetical system.

9. The architecture and prototype - ICI Project Scope

Through the proposed framework steps we found the architecture referenced presented in the figure 12.

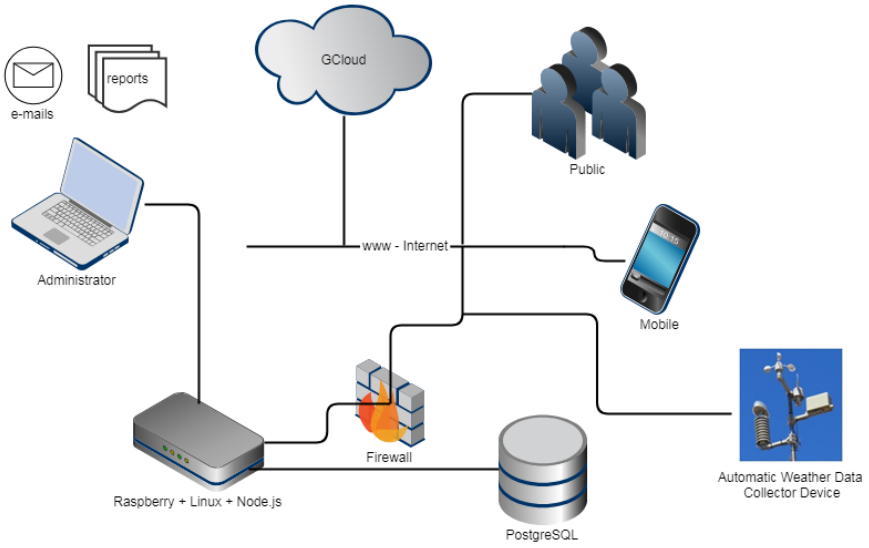


Figure 12 - Reference Architecture.

It is important to clarify that the reference architecture will actually be a template, this is a template to be followed or reused, containing a predefined structure which will facilitate and help in the creation of systems from something built and already tested previously. In software development a template is a structure containing several predefined functions or methods already tested that can be reused by developers for various purposes saving development time and money.

For example, you can have a framework responsible for just doing the connection and activities with a database. It can be mentioned as functions of the framework: create user, edit user, delete user, consult user by name, consult user by phone number, consult user by phone. Therefore, this same framework can be used for a car rental system as well as for a disaster prevention system. These functions can be reused directly because they have specific objectives and have already been tested.

Normally, in software development, a template has several parameters which guarantees the possibility of making customizations depending on the needs. Thus, the reference architecture that will be presented in addition to being the result of the research framework the output of the procedural path represented through IDEF0 will serve or be used with initial template (a software or framework containing basic functions) for the development of other systems.

We can cite as basic functions of the reference architecture:

- Communication with a database.
- User login.
- Sending messages between modules.
- Execution of parameterized queries.
- Web server.
- Data recording.
- Communicate with Google Dialog Flow.
- Presentation of Graphics.
- Communication with automatic data collection systems.
- Generating reports.
- Remote access.

- Hierarchy of users.
- Communication with mobile devices.
- Gateway for data entry and emergency messages.
- Automatic operation.

Following the result of the application of the proposed framework (IDEF0), we can see through Figure 13 the main non-functional, functional requirements and the different technologies used to meet them. For example, to have a low overall cost, hardware, easy of deployment, speed of processing was chosen hardwares like Raspberry and Arduino nano. Meeting the requirement that talks about open source technologies, we chose a Linux operating system, with an event-based server called Node.Js, python language and Java.

To guarantee web access, use of HTML5, and other technologies, we chose the Express module of Node.js. To meet the requirement of database storage, low cost of maintenance and storage, access to old data or everything related to database, queries and reports was chosen PostgreSQL.

Continuous operation, automatic detection of risks, continuous monitoring and generation of automatic alerts and all the system's operation was done by Node.Js which proves threads, timers sending and receiving messages, interface Rest and everything that is necessary to guarantee the system functionality, interoperability with other systems and architectures.

For data entry through the portal and to guarantee low training costs, avoiding trotting, decreasing the number of trotting and false messages Goole APIs were chosen which provided the creation of a Chatbot for occurrence entry, information query, status of devices, etc.

Figure 13 - Technologies used to meet the requirements

This proposed framework is part of a research and development cooperation project of PUCPR - Pontifical Catholic University of Paraná in partnership with ICI - Institute of Intelligent Cities of Curitiba. This partnership is done through the Post-Graduate Program in Production and Systems Engineering - PPGEPS.

This partnership is in the sphere of technological transfer, cooperatively assists the institute in its projects through multidisciplinary scientific support relevant to municipal interests, with a global scope in the solution offered.

Therefore, this proposed framework (part A) will be a tool that could be used by an entity to define DPMIS reference architecture.

In parallel, other project has been developed (Project B) that proposes a diagnostic evaluation of the architecture generated by project A taking into

account the interoperability aspects and characteristics of a locality or entity (in this case the ICI). This project B will use the AHP method to make the evaluation.

Below, in the figure 14 we can see the junction of the both projects.

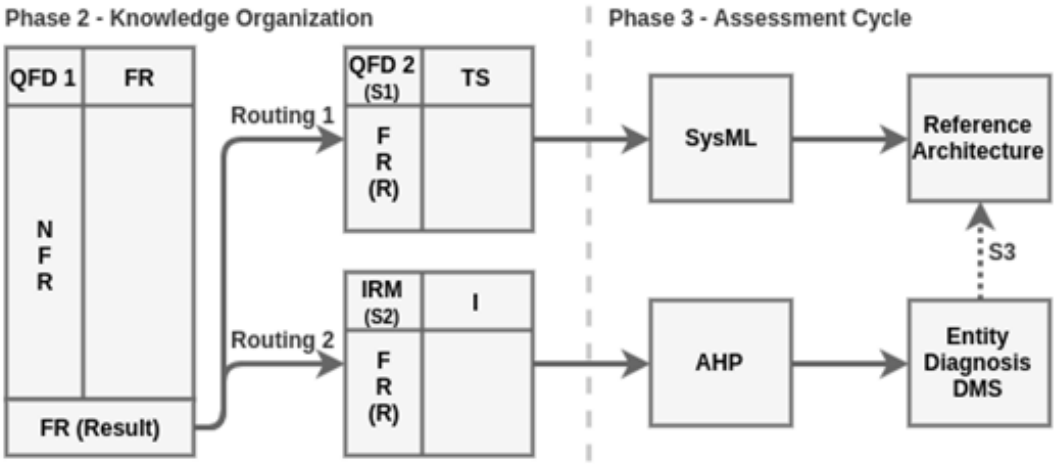


Figure 14 – Stages of the both projects A and B working together.

The generalization of the projects will implies in the applicability, therefore, to any locality and entities involved.

With the both projects working we can see an evaluation cycle as demonstrated in the figure 15.

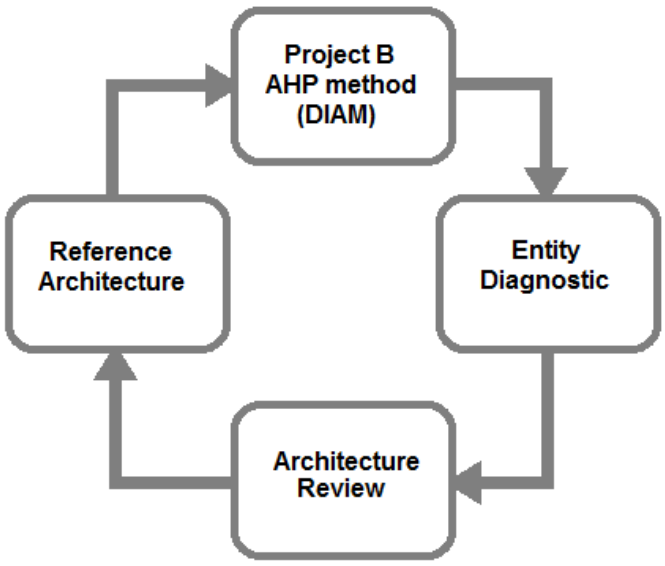


Figure 15 – ICI Project evaluation cycle.

In the figure 16 is another way to represent the interrelation between the both projects showing evaluation surfaces through a cubic shape.

In this three-dimensional model, S1 relates to the reference architecture, S2 relates to the domain of interoperability in relation to the entity where it will be applied (diagnostic evaluation under I), and S3 is the dimension generated through the intersection if S1 and S2, in the evaluation interoperable technologies (TS & I) and suppliers, being the theme for future work.

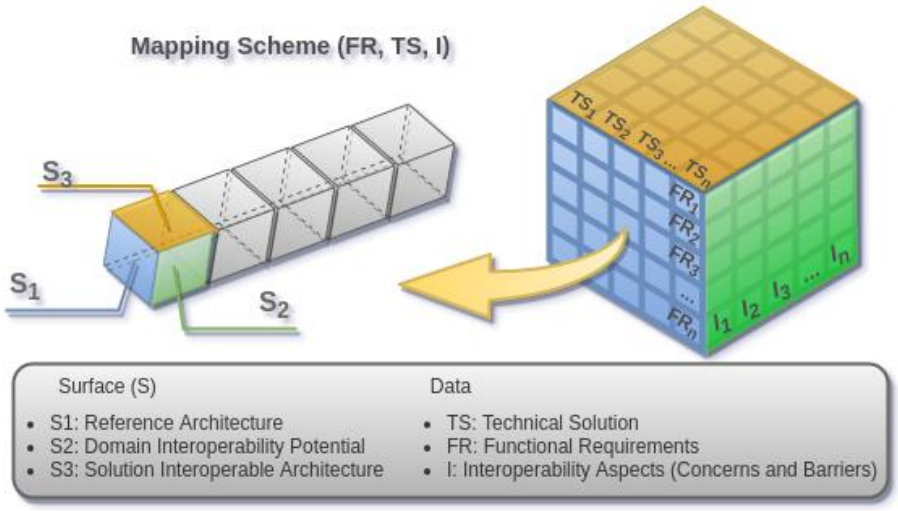


Figura 16 - model of three-dimensional relationship between requirements of the reference architecture and the domain of interoperability.

In phase 2 above (after literature review and study of initiatives around the world), we intend to build QFD1, which will be formed by: non-functional requirements (NFR) and functional requirements (FR). The most important functional requirements found through QFD1 will be used by both projects (A and B). In project A will be used in conjunction with the technical solutions to assemble the QFD2 where the result of this will be modeled through the requirements diagram Sysml giving rise to reference architecture. In project B, the QFD1 result will be combined with the interoperability requirements (I) and using the AHP method and other multicriterial analysis methods, it will be possible to evaluate a particular entity in terms of interoperability in relation to the presented reference architecture by project A. This interrelationship between the two projects (A and B) may give rise to a third project represented in the cube diagram as surface 3 (S3).

10.The architecture prototype V1

As a test, a prototype was developed using open sources software and low cost hardware as Arduino. Integration with the Unify Contact Center System was developed to verify the functionality of the prototype. Below, in figure 17 we can see the basic architecture of the prototype:

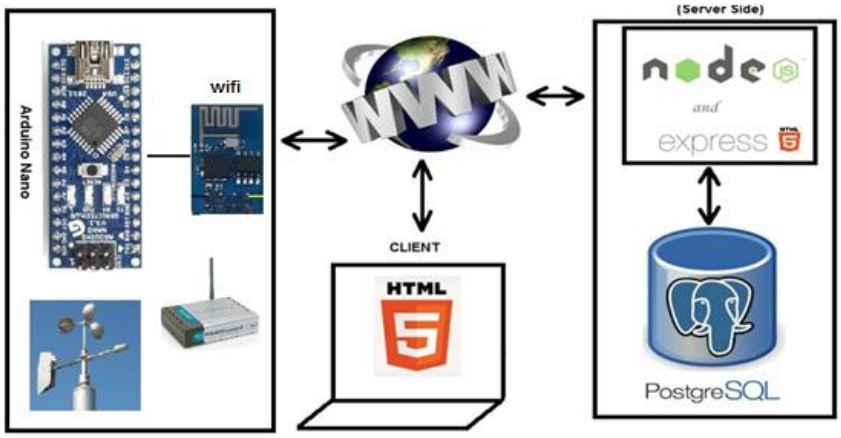


Figure 17 – Prototype architecture.

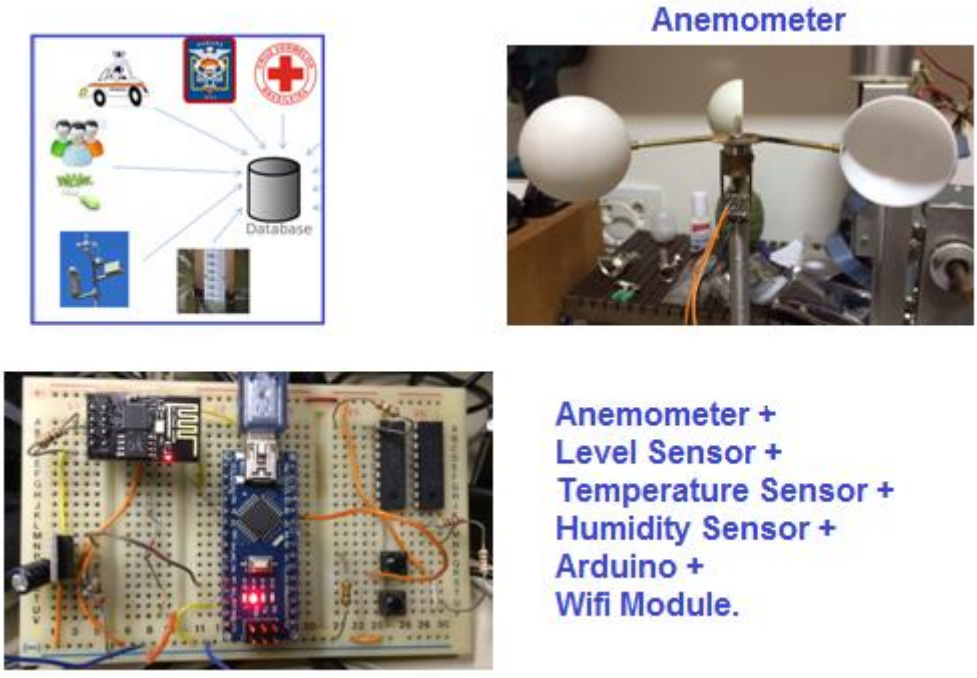


Figure 18 - the hardware prototype.

As s prototype, a simple engine software developed in C# was developed to query the Arduino module thought the wifi network and get the weather data. Some thresholds were configured like the maximum and minimum humidify tolerated. If the humidify was less or over the thresholds an alert was triggered and a call to the contact center was created. The Unify

Contact Center automatically identifies the best agent to handle the alert call and transfer the call to this. The agent receives a resume and a live video about the alert as displayed in figure 19 and can decide the best way to handle the Alert call (contact the respective entities, call the experts or volunteers, trigger other alerts, etc).

In the figure 20, we can see the engine responsible to identify the Emerg^enci situation and we can see the configured thresholds values.

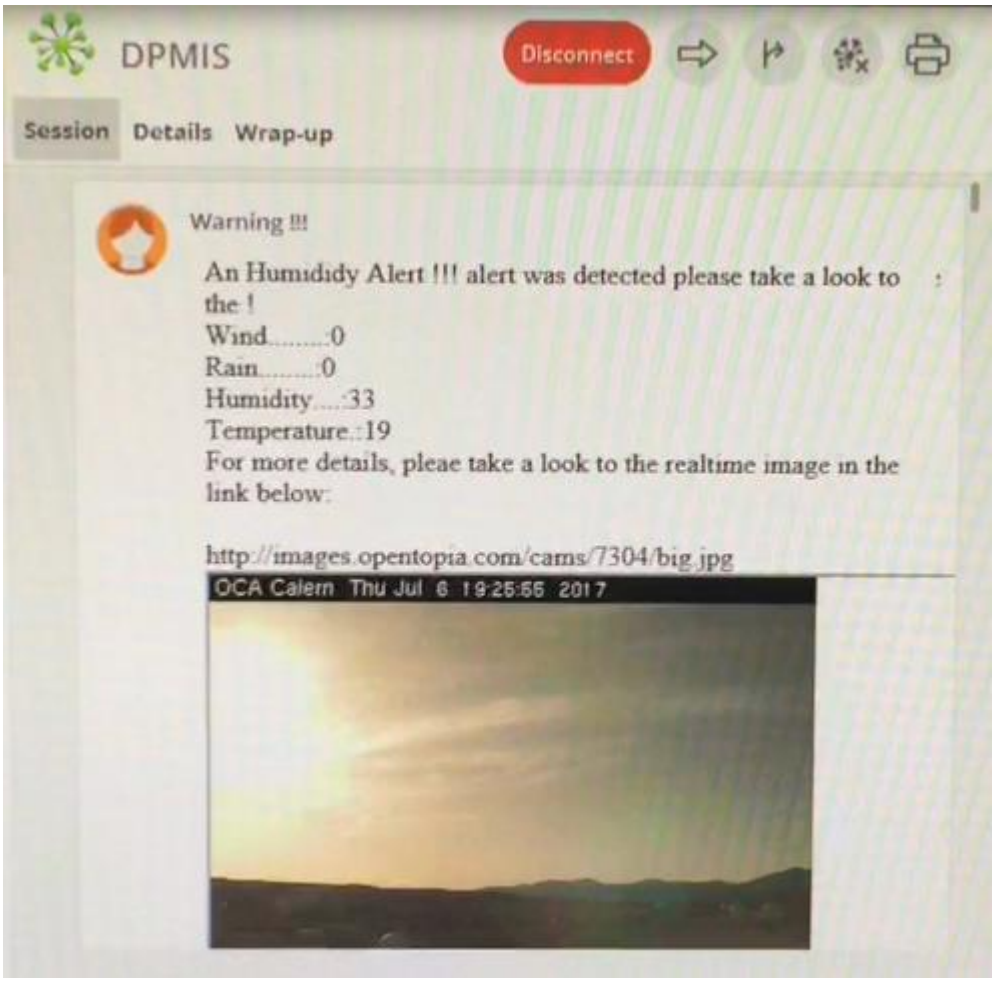


Figure 19 - Unify Contact Center agent handling an Alert call from the prototype.

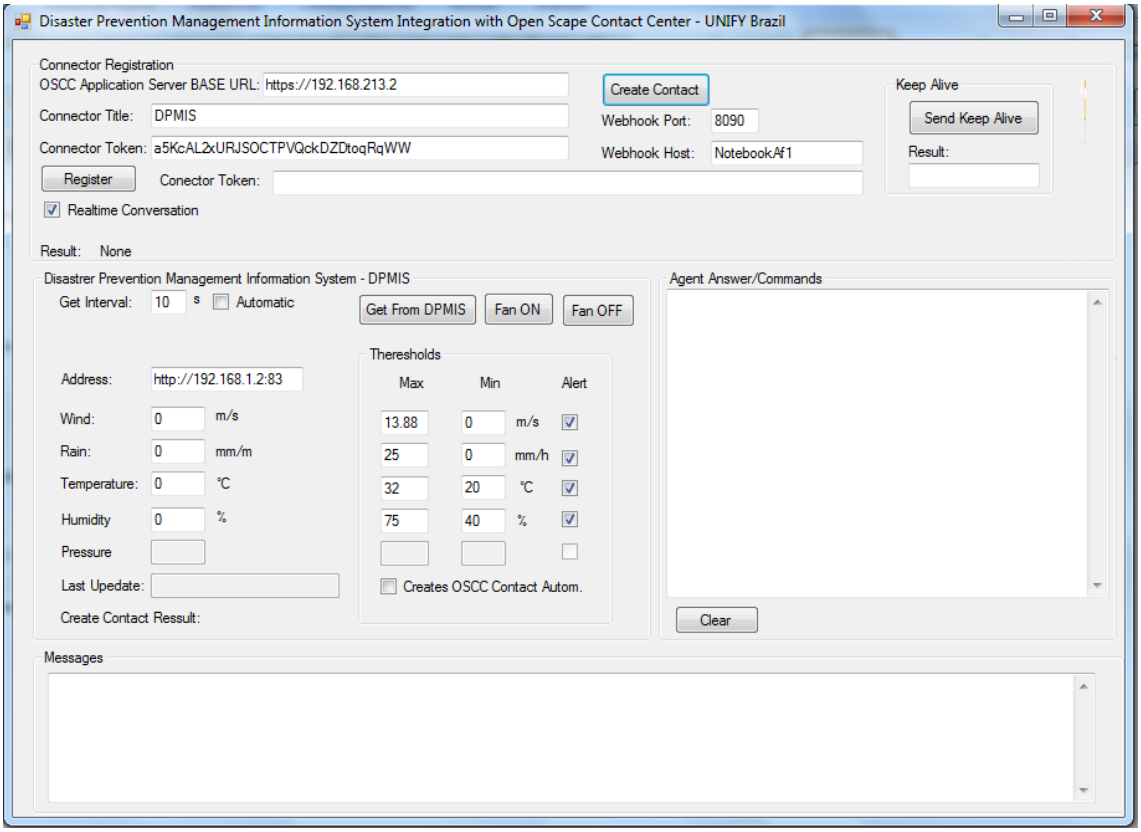


Figure 20 – Engine developed in C#.

In the figure 21, we can see the main page of the web portal. In this page, there is an space were the user can send questions to the Chabot related to the system (for example, can ask the status of the weather device d001 or enter with an ocurrence). There is an area containing graphics of the temperature, humidity, rain and wind. There is an area where the alerts or system messages are displayed. There is another area with last status of the automatic weather data acquisition.

In the figure 22, we can see one example of the report, containing all data collected and stored in the database of the system.

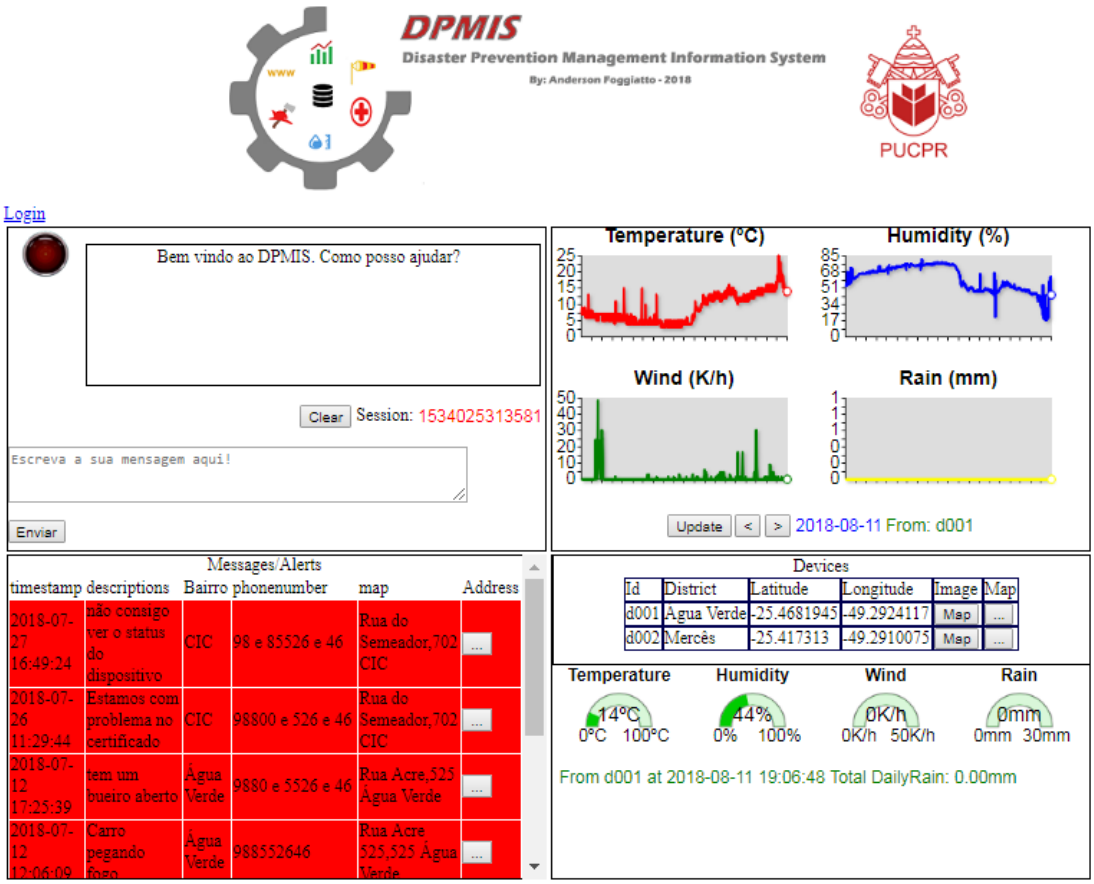
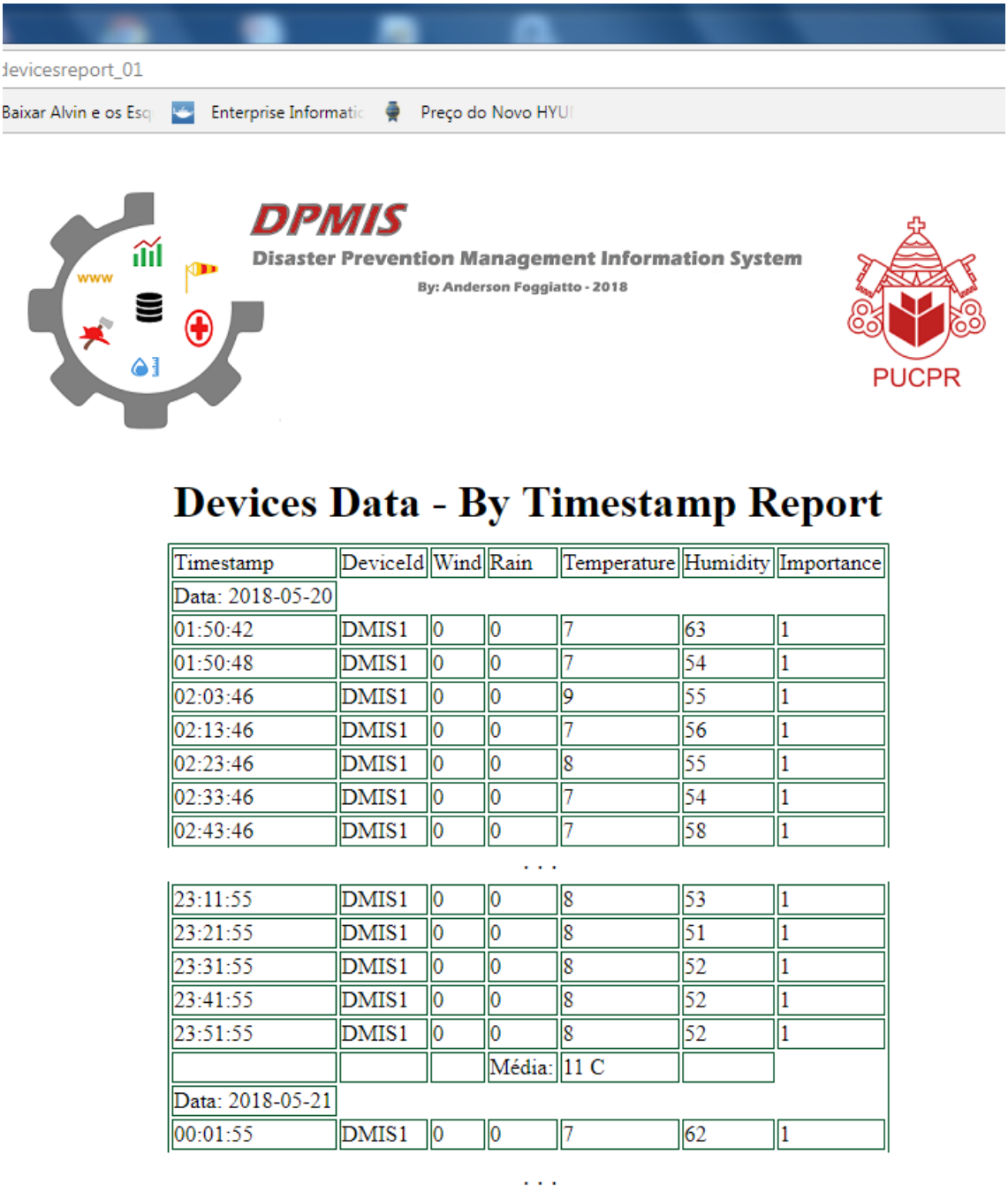


Figure 21 – Web portal main page.



Devices Data - By Timestamp Report

Timestamp	DeviceId	Wind	Rain	Temperature	Humidity	Importance
Data: 2018-05-20						
01:50:42	DMIS1	0	0	7	63	1
01:50:48	DMIS1	0	0	7	54	1
02:03:46	DMIS1	0	0	9	55	1
02:13:46	DMIS1	0	0	7	56	1
02:23:46	DMIS1	0	0	8	55	1
02:33:46	DMIS1	0	0	7	54	1
02:43:46	DMIS1	0	0	7	58	1
. . .						
23:11:55	DMIS1	0	0	8	53	1
23:21:55	DMIS1	0	0	8	51	1
23:31:55	DMIS1	0	0	8	52	1
23:41:55	DMIS1	0	0	8	52	1
23:51:55	DMIS1	0	0	8	52	1
			Média:	11 C		
Data: 2018-05-21						
00:01:55	DMIS1	0	0	7	62	1
. . .						

Figure 22 – Report containing all data collected by the weather low cost hardware.

11.Conclusion

Through this work, it is possible to present a framework to meet the most relevant requirements for the development of a regionally adapted Disaster Prevention Infor- mation and Management System (DPMIS) directed to the respective entity where it can be implemented. It has been shown that through a literature review, it is possible to find the functional, non-functional requirements and technical solutions most used in similar work and initiatives around the world. It was also demonstrated a way to use the QFD to identify the most relevant requirements and presented a new method that was called extended QFD roof to model the requirements found in a SysML requirements diagram for representation of a reference architecture. Through the development of a simple prototype, one can verify the effectiveness of the presented framework which is part of a project in partnership between PUCPR - Pontifical Catholic University of Paraná in partnership with ICI - Institute of Intelligent Cities of Curitiba. Also the possibility of future projects was presented.

References

[41] Frémont, G., Grazzini, S., Sasse, A., and Beeharee, A., The SafeTRIP project: improving road safety for passenger vehicles using 2-way satellite communications. In ITS World Congress Busan, 2010.

[42] Preda, P. F., Kick-off meeting of the DECIDE project, 2010. Retrieved from <http://predaplus.eu/kick-off-meeting-of-the-decide-project/>. Accessed on January 10, 2015.

[43] Evans, G., Blythe, P., Panou, M., and Bekiaris, E., Evaluating transport technologies for mitigating the impact of emergency events: findings from the SAVE ME Project. Transport, 2(3), 2014.

[44] Brazilian Government, Executive Committee of the Electronic Government, e-PING: Electronic Government Interoperability Standards – Version of December 11, 2009. Retrieved from http://eping.governoeletronico.gov.br/.

[45] Santos, E., M. and Reinhard, N., The Challenges in Establishing a Government Interoperability Framework: The e-PING Brazilian Case (2009). CONF-IRM 2009 Proceedings. Paper 54.

[46] Novakouski, M. and Lewis, G. A., Interoperability in the e-Government Context. Research, Technology, and System Solutions Program (2012).

[47] S.Truptil, F. Bénaben, P. Couget et al. Interoperability of Information Systems in Crisis Management:Crisis Modeling and Metamodeling (2008). Enterprise Interoperability Iii: New Challenges Industrial Approaches - Pages 583-594.

[48] Encontro, X., & Engenharia, N. D. E. (2013). DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE - QFD NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS : UMA APLICAÇÃO PRÁTICA.

[49] YouTube. (2015, Ortober 10). QFD - Desdobramento da Função Qualidade 2- Fernando Bersaneti. 2015 [Video file]. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=iPPE87399xM

[50] Quíldare Luchese de ABREU; Guilherme Luís Roehe VACCARO. O uso do QFD em um projeto de engenharia de aplicação para um trator carregador de cana-de-açucar. Espacios. Vol. 34 (11) 2013. Pág. 12. Disponível: http://www.revistaespacios.com/a13v34n11/13341112.html . Acesso em 20 Junho 2016.

[51] CLAUSING, D.: Total quality development: a step-by-step guide to world-class concurrent engineering, New York, ASME, 1993.

[52] Pinto, S. C. C. S. (2000): Composição em WebFrameworks, tese de doutorado, Departamento de Informática PUC-Rio.

[53] YouTube. (2015, Ortober 10). QFD - Desdobramento da Função Qualidade 1- Fernando Bersaneti. 2015 [Video file]. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=saYjkhVI64U

[54] Gonçalves, F., & Ribeiro, C. (2013). TEMPO-REAL USANDO SYSML E MARTE Uberlândia - Minas Gerais.

[55] Oliveira, K. S. De. (2013). Uberlândia - Minas Gerais.

[56] European Commission (2010). European Interoperability Framework (EIF) for European public services. Brussels, Belgium.

[57] Guédria, W. Golnam, A. Naudet, Y. Chen, D. & Wegmann, A. (2011). On the use of an interoperability framework in coopetition context. In the 21st Nordic Workshop on Interorganizational Research.Vaasa, Finland.

[58] Cestari, J. M., Loures, E. R., Santos, E. A. P. (2013). Interoperability Assessment Approaches for Enterprise and Public Administration. OTM Industry Case Studies. 1ed., SPRINGER Lecture Notes in Computer Science, v. 8186, p. 1-759.

[59] Guedria, W. Chen, D. & Naudet, Y. (2009). A Maturity Model for Enterprise Interoperability, in Proc. of the 4th IFAC/IFIP, OTM workshop, EI2N'09 (Enterprise Integration, Interoperability and Networking), Portugal, November 2009.

[60] Mukhopadhyay, B. & Bhattacherjee, B. (2015). Use of Information Technology in Emergency and Disaster Management. American Journal of Environmental Protection. Vol. 4, No. 2, 2015, pp. 101-104.

[61] Meissner, A.; Luckenbach, T.; Risse, T.; Kirste, T. & Kirchner, H. (2002). Design Challenges for an Integrated Disaster Management Communication and Information System. DIREN 2002 - 1st IEEE Workshop on Disaster Recovery Networks. New York, 2002.
[62] Barthe-Delanoë, A., Bénaben, F. Carbonnel, S. Pingaud, H. (2012). Event-Driven Agility of Crisis Management Collaborative Processes, Proceedings of the 9th International ISCRAM Conference – Vancouver, Canada, April 2012.
[63] Bénaben, F.; Touzi, J.; Rajsiri, V.; Truptil, S.; Lorré, J.P. & Pingaud, H. (2008). Mediation Information System Design in a Collaborative SOA Context through a MDD Approach. Proceedings of MDISIS 2008, 89-103.
[64] Iannella, R.; Robinson, K. & Rinta-Koski, O. (2007). Towards a Framework for Crisis Information Management Systems (CIMS). 14th Annual Conference of the International Emergency Management Society (TIEMS). Trogir, Croatia, 2007.
[65] Perry, R. W. (2003). Incident management systems in disaster management. Disaster Prevention and Management: An International Journal. Vol. 12, Iss 5, 2003, pp. 405 – 412.
[66] EIF. (2004). CompTIA: European Industry Association. European Interoperability Framework - ICT Industry Recommendations. (White paper). Retrieved from http://www.comptia.org.
[67] Preda, P. F. (2015). Kick-off meeting of the DECIDE project. Retrieved from <http://predaplus.eu/kick-off-meeting-of-the-decide-project/>. Accessed on January 10, 2015.
[68] Evans, G., Blythe, P., Panou, M., & Bekiaris, E. (2014). Evaluating transport technologies for mitigating the impact of emergency events: findings from the SAVE ME Project. Transport, 2(3).
[69] José, A., & Silva, D. A. (2006). Aspectos da modelagem em sysml ligados à seleção de processador para sistema embutido.
[70] YouTube. (2017, May 10). Capacity Definition | Investopedia. Retrieved from http://www.investopedia.com/terms/c/capacity.asp#ixzz4CijSYzjc
[71] Sysml Forum. (2017, July 23). Commercial, Free & Open Source SysML Tools for MBSE. Retrieved from http://sysmlforum.com/sysml-tools/
[72] AVANZI, DANIEL DA SILVA ; FOGGIATTO, ANDERSON ; ALINE DOS SANTOS, VANESSA ; DESCHAMPS, Fernando ; FREITAS ROCHA LOURES, EDUARDO DE . A framework for interoperability assessment in crisis management. Journal of Industrial Information Integration , v. 1, p. 1, 2017.
[73] Cristina Dietrishs Prado, K., & Estevão dos Santos, P. (2014). SMART CITIES: CONCEITO, INICIATIVAS E O CENÁRIO CARIOCA Kárys. Rio de Janeiro.
[74] Caballero, D. (2005). Orchestra- Developing a Unified Open Architecture for Risk Mana.pdf, (March).
[75] Annoni, A., Bernard, L., Douglas, J., Greenwood, J., Laiz, I., Lloyd, M., … Usländer, T. (2012). Orchestra : Developing a Unified Open Architecture for Risk Management Applications 1 The Current Situation in Risk Management, 1–17.
[76] Noran, O. (2013). Towards Improving Information Systems Interoperability in Disaster Management. Building Sustainable Information Systems, 351–363. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7540-8_27
[77] Daniels, D. J., & Hart, S. V. (2002). Crisis Information Management Software (CIMS) Feature Comparison Report. Office.
[78] Boix, O., Gomis, O., Montesinos, D., Galceran, S., & Sudria, A. (2008). Comparative experiences in remote automation laboratories with real plants. International Journal of Electrical Engineering Education, 45(4), 310–320. https://doi.org/10.7227/IJEEE.45.4.4
[79] Bjelica, M., & Simić-Pejović, M. (2018). Experiences with remote laboratory. International Journal of Electrical Engineering Education, 55(1), 79–87. https://doi.org/10.1177/0020720917750960
[80] Donadel, C. B., Fardin, J. F., & Encarnação, L. F. (2018). Educational tool for radial electrical distribution networks analysis and optimization studies involving distributed generation units. International Journal of Electrical Engineering Education, 55(1). https://doi.org/10.1177/0020720917750953
[81] Cavalcanti, J., Figueredo, L. F. C., Ishihara, J. Y., Bernardes, M. C., Santana, P. H. R. Q. A., Vargas, A. N., & Borges, G. A. (2018). A real-time web-based networked control system education platform. International Journal of Electrical Engineering Education. https://doi.org/10.1177/0020720917750952
[82] Yabanova, I., Taskin, S., & Ekiz, H. (2015). Development of remote monitoring and control system for mechatronics engineering practice: The case of flexible manufacturing system. International Journal of Electrical Engineering Education, 52(3), 264–275. https://doi.org/10.1177/0020720915586421
[83] Cui, T., Carr, J., Brissette, A., & Ragaini, E. (2017). Connecting the Last Mile : Demand Response in Smart Buildings. Energy Procedia, 111(September 2016), 720–729. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.234
[84] Kamsu-foguem, B., & Tiako, P. (2017). Computers in Industry Risk information formalisation with graphs. Computers in Industry, 85, 58–69. https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.12.004