

**PODER EXECUTIVO
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA**

ANDRÉ ALVES NOGUEIRA

**Sistema de Alerta Inteligente para Apoiar a Comunicação e a
Mobilização de Equipes de Emergência na Amazônia**

**Manaus - AM
2014**

ANDRÉ ALVES NOGUEIRA

**Sistema de Alerta Inteligente para Apoiar a Comunicação e a
Mobilização de Equipes de Emergência na Amazônia**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática do Instituto de Computação da Universidade Federal do Amazonas como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Informática.

Orientador: Prof. José Francisco de Magalhães Netto, D.Sc.

**Manaus - AM
2014**

ANDRÉ ALVES NOGUEIRA

**Sistema de Alerta Inteligente para Apoiar a Comunicação e a
Mobilização de Equipes de Emergência na Amazônia**

Manaus, 20 de fevereiro de 2014.

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Informática do Programa de Pós-Graduação em Informática do Instituto de Computação da Universidade Federal do Amazonas, aprovada, em sua forma final, pela Comissão Examinadora composta pelos professores:

Prof. José Francisco de Magalhães Netto, D.Sc. (Orientador)
UFAM – Universidade Federal do Amazonas (PPGI)

Prof. Raimundo da Silva Barreto, D.Sc.
UFAM – Universidade Federal do Amazonas (PPGI)

Profa. Elaine Harada Teixeira de Oliveira, D.Sc.
UFAM – Universidade Federal do Amazonas (PPGI)

Profa. Jaci Maria Bilhalva Saraiva, D.Sc.
UFAM – Universidade Federal do Amazonas (PPGG/SIPAM)

Prof. José Luiz de Souza Pio, D.Sc.
UFAM – Universidade Federal do Amazonas (PPGEE)

**Manaus - AM
2014**

Aos meus pais, Maria Lúcia e Francisco, a quem eu tanto admiro.

A meu irmão Reginaldo, pelo exemplo e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Ao Altíssimo Deus pela força e vida, sem as quais não alcançaria este objetivo.

Ao meu orientador, José Francisco, por acreditar em mim, pela paciência, pelas dicas importantíssimas e pela força nos momentos difíceis.

Ao meu irmão, Reginaldo, pelo exemplo de vida e pelo incentivo a mim concedido desde o ensino médio, técnico, graduação e até agora!

Aos meus pais, Maria Lúcia e Francisco, pela criação e pelos valores a mim ensinados.

Aos meus irmãos pela convivência e por tantos momentos alegres que passamos juntos.

A minha namorada, Nilzângela, pelo amor e paciência nos momentos difíceis e por, muitas vezes, não me deixar desistir.

A minha cunhada, Darluce Baker, pela paciência em revisar o texto e contribuir para uma leitura mais agradável.

A Jaci Saraiva, meteorologista do SIPAM, pelas dicas e sugestões a este trabalho.

A Comissão Examinadora, pelas excelentes contribuições que aumentaram a qualidade deste trabalho.

A todos os professores e colegas do PPGI/UFAM, pelo conhecimento adquirido, que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão desse trabalho.

Ao CNPq pela bolsa de estudos por meio do projeto REMAM II, que possibilitou uma dedicação integral no decorrer do curso.

Foram muitos os que, direta ou indiretamente, contribuíram com este trabalho. Nomeá-los seria uma tarefa quase impossível, além de oferecer o risco de uma omissão absolutamente injusta e imperdoável.

A todos estes, muito obrigado!

*“Confia no Senhor de todo o teu coração e
não te estribes no teu próprio entendimento.”*

(Provérbios 3:5)

RESUMO

NOGUEIRA, André Alves. **Sistema de Alerta Inteligente para Apoiar a Comunicação e a Mobilização de Equipes de Emergência na Amazônia**. 110p. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Informática, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014.

Orientador: Prof. José Francisco de Magalhães Netto, D.Sc.

Defesa: 20/02/2014

Eventos Meteorológicos Extremos (EME) podem gerar desastres naturais, geralmente acompanhados de atividades físicas perigosas que provocam danos significativos a pessoas e propriedades, gerando um grande número de vítimas ou até mesmo mortes. Uma maneira de mitigar os danos causados por estes desastres é a utilização de Sistemas de Alertas Meteorológicos (SAM); sendo detectado um risco iminente, diferentes tipos de alertas podem ser acionados objetivando a mobilização antecipada das equipes de emergência. O presente trabalho visa contribuir com o Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM) ou com órgãos semelhantes para a resolução do problema de comunicação referente à emissão dos alertas e a mobilização, destinando-se principalmente à ação da Defesa Civil e órgãos competentes junto à população em função dos EME ocorridos. Nesta pesquisa foi realizada uma investigação comparativa com dez trabalhos objetivando conhecer e analisar as principais características de um Sistema de Alerta, as quais foram incorporadas neste projeto, destacando-se o apoio de um Sistema Multiagente para auxiliar o SAM, e o uso das tecnologias de *SMS (Short Message Service)* e *E-mail* para o envio do alerta. Testes do sistema evidenciaram que a abordagem adotada mostrou-se promissora, apresentando tempos de envio de alertas menores que os encontrados na literatura e com alta taxa de usuários confirmados, fator de muita importância para a minimização dos efeitos dos EME junto à população atingida.

Palavras-chave: Sistema Multiagente, Sistema de Alerta Meteorológico, Mobilização, Eventos Meteorológicos Extremos.

ABSTRACT

NOGUEIRA, André Alves. **Sistema de Alerta Inteligente para Apoiar a Comunicação e a Mobilização de Equipes de Emergência na Amazônia**. 110p. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Informática, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014.

Orientador: Prof. José Francisco de Magalhães Netto, D.Sc.

Defesa: 20/02/2014

Weather Extreme Events (WEE) can cause natural disasters because they are often accompanied by dangerous physical activities which cause significant damage to people and properties, including some deaths. A way to soften the damage caused by these disasters is to use Weather Warning System (WWS). These kind of systems can detect an imminent risk and, different types of alerts can be triggered in order to mobilize the emergency personnel in advance. This research aims to help the Amazon Protection System (SIPAM) to solve the communication problem with the alert and mobilization. It is intended, primarily, to assist the Civil Defense with the affected population by WEE. A comparative investigation was performed in ten studies aiming to understand and analyze the main characteristics of a Warning System, which were incorporated into this research, highlighting the support of a Multi-Agent System to assist the WWS, and the use of SMS (Short Message Service) technology and E-mail for sending the alert. System Tests showed that the approach proved promising, with shipping times smaller alerts those found in the literature with a high rate of confirmed users. Also the process of sending the alert factor being faster helps to minimize the effects of EME with the affected population.

Keywords: Multi-Agent System, Weather Warning System, Mobilization, Weather Extremes Events.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 - Elementos fundamentais de um Sistema de Alerta.....	17
Figura 2.1 - Diagrama de estados de um alerta.	22
Figura 2.2 - Definição de Agente.	23
Figura 2.3 - Metodologia MaSE.	25
Figura 2.4 - Esquema de um Sistema de Alerta.	28
Figura 2.5 - Fluxo geral de dados no Sistema de Alertas.	31
Figura 2.6 - Arquitetura do Sistema Abacus.	34
Figura 2.7 - Categorias do OK-FIRST.	36
Figura 2.8 - Objetivos do sistema e Funções dos Agentes.	38
Figura 2.9 - Arquitetura Básica do Sistema de Alerta de Inundações.	40
Figura 2.10 - Arquitetura do Sistema de Alerta.....	41
Figura 2.11 - Diagrama dos blocos do Sistema de Alerta de Inundações.	42
Figura 2.12 - Exemplo de um alerta recebido.	43
Figura 2.13 - Infraestrutura do sistema de controle da NSRRC.....	44
Figura 2.14 - Arquitetura do Sistema de Alerta Integrado.	45
Figura 3.1 - Arquitetura Geral do Sistema.	52
Figura 3.2 - Agente <i>Sniffer</i> mostrando a comunicação dos Agentes do SAMAM.....	53
Figura 3.3 - Caso de Uso do ator Administrador.....	54
Figura 3.4 - Diagrama de Sequência do Caso de Uso Editar e Enviar Alertas.	57
Figura 3.5 - Caso de Uso do ator Usuário Comum.	57
Figura 3.6 - Diagrama de Sequência do Caso de Uso Área de Interação (<i>Chat</i>).	58
Figura 3.7 - Caso de Uso do Agente <i>Usuário</i>	59
Figura 3.8 - Diagrama de Sequência do Caso de Uso Gerenciar Usuário.....	60
Figura 3.9 - Caso de Uso do Agente <i>Alerta</i>	61
Figura 3.10 - Diagrama de Sequência do Caso de Uso Montar Esboço.....	62
Figura 3.11 - Caso de Uso do Agente <i>Confirmação</i>	62
Figura 3.12 - Diagrama de Sequência do Caso de Uso Verificar Alertas Enviados.	63
Figura 3.13 - Caso de Uso do Agente <i>Validade</i>	64
Figura 3.14 - Diagrama de Sequência do Caso de Uso Verificar Validade dos Alertas.	65
Figura 3.15 - Caso de Uso do Agente <i>Status</i>	66
Figura 3.16 - Diagrama de Sequência do Caso de Uso Verificar <i>Status</i> dos Alertas.....	67
Figura 3.17 - Diagrama de Hierarquia de Objetivos.	68
Figura 3.18 - Diagrama de Hierarquia de Papéis.....	69
Figura 3.19 - Diagrama de Classes dos Agentes.	70
Figura 3.20 - Diagrama de Desenvolvimento.....	71
Figura 4.1 - Página de Autenticação.....	72
Figura 4.2 - Página inicial/principal - Área de Edição e Envio de Alertas.....	73
Figura 4.3 - Criação de um esboço do alerta pelo Agente <i>Alerta</i>	74
Figura 4.4 - Algoritmo do Agente <i>Alerta</i>	74

Figura 4.5 - Atuação dos Agentes <i>Validade</i> e <i>Status</i>	75
Figura 4.6 - Algoritmo do Agente <i>Confirmação</i>	76
Figura 4.7 - Área de Interação.	77
Figura 4.8 - Cadastro de Usuários.	78
Figura 4.9 - Lista de Usuários Cadastrados.	78
Figura 4.10 - Chat do Agente <i>Usuário</i>	79
Figura 5.1 - Celular com o texto do alerta.	81
Figura 5.2 - Evolução dos usuários confirmados em função do tempo de alerta.	83
Figura 5.3 - Nuvem de pontos e reta de regressão do Tempo de entrega.	86
Figura 5.4 - Formas de acesso ao SAMAM durante o alerta.	86
Figura A1.1 - Casos de Uso do ator Administrador.	94
Figura A1.2 - Casos de Uso do ator Usuário Comum.	102
Figura A3.1 - Nuvem de pontos e reta de regressão.	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Definição das classes de precipitação.	33
Tabela 2.2 - Definição das classes de velocidade.....	33
Tabela 2.3 - Características destacadas nos trabalhos visitados.....	47
Tabela 5.1 - Confirmação do recebimento e Tempo de resposta do alerta.	82
Tabela 5.2 - Resumo dos <i>SMS</i> de alerta.	83
Tabela 5.3 - Métricas do Tempo de entrega (em segundos).....	84
Tabela 5.4 - Resumo dos Grupos de <i>SMS</i>	85
Tabela A2.1 - Dados dos Testes (1º parte).	104
Tabela A2.2 - Dados dos Testes (2º parte).	105
Tabela A2.3 - Termos utilizados.	106
Tabela A2.4 - Confirmação do alerta no decorrer do tempo.	106
Tabela A2.5 - Métricas do Tempo de resposta.	106
Tabela A2.6 - Métricas do Tempo de entrega.	106
Tabela A3.1 - Variáveis “Tempo de entrega” e “Ordem de envio” (1ª parte).	107
Tabela A3.2 - Variáveis “Tempo de entrega” e “Ordem de envio” (2ª parte).	108
Tabela A3.3 - Dois pontos da reta de regressão.	110

LISTA DE SIGLAS

AI	Agente Inteligente
AWS	<i>Automatic Weather Station</i>
BDS	Banco de Dados do Sistema
CASU	Casos de Uso
CBMET	Congresso Brasileiro de Meteorologia
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DS	Diagrama de Sequência
EAS	<i>Emergency Alert System</i>
EME	Eventos Meteorológicos Extremos
EMIS	<i>Environmental Monitoring Information Systems</i>
FIPA	<i>Foundation for Intelligent Physical Agents</i>
FORTRACC	<i>Forecast and Tracking the evolution of Cloud Clusters</i>
GDACS	<i>Global Disaster Alert and Coordination System</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
GTAS	<i>Geo-Targeted Alerting System</i>
GUI	<i>Graphic User Interface</i>
IAD	Inteligência Artificial Distribuída
IMAP	<i>Internet Mail Access Protocol</i>
IPAWS	<i>Integrated Public Alert and Warning System</i>
ISDR	<i>International Strategy for Disaster Reduction</i>
JADE	<i>Java Agent DEvelopment Framework</i>
MaSE	<i>Methodology Multiagent Systems Engineering</i>
MMS	<i>Multimedia Messaging Service</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
NSRRC	<i>National Synchrotron Radiation Research Center</i>
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
POO	Programação Orientada à Objeto
POP	<i>Post Office Protocol</i>

PPGEE	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
PPGG	Programa de Pós-Graduação em Geografia
PPGI	Programa de Pós-Graduação em Informática
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
RSS	<i>Really Simple Syndication</i>
SAMAM	Sistema de Alerta Meteorológico da Amazônia
SIM	Sistema de Informações Meteorológicas
SIPAM	Sistema de Proteção da Amazônia
SMA	Sistema Multiagente
SMS	<i>Short Message Service</i>
SMTP	<i>Simple Mail Transfer Protocol</i>
TAF	<i>Terminal Aerodrome Forecasts</i>
UFAM	Universidade Federal do Amazonas
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
UN	<i>United Nations</i>
VAAC	<i>Volcanic Ash Advisory Centre</i>
WEA	<i>Wireless Emergency Alerts</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Definição do Problema.....	16
1.2	Objetivos	18
1.3	Justificativa.....	18
1.4	Questões de Pesquisa.....	19
1.5	Metodologia	19
1.6	Organização do Trabalho.....	20
2	REVISÃO TEÓRICA.....	21
2.1	Conceitos, Ferramentas e Tecnologias Utilizadas	21
2.1.1	Sistema de Alerta	21
2.1.2	Agentes Inteligentes e Sistemas Multiagente	23
2.1.3	<i>MaSE</i>	24
2.1.4	<i>JADE</i>	26
2.1.5	<i>E-mail</i>	26
2.1.6	<i>SMS</i>	27
2.2	Trabalhos Correlatos	29
2.2.1	Sistema Multiagente para Alertas Meteorológicos	30
2.2.2	Sistema Automático de Monitoramento Meteorológico	32
2.2.3	Sistema Abacus	33
2.2.4	Sistema OK-FIRST	35
2.2.5	Sistema O ₃ RTAA	37
2.2.6	Sistema de Alerta de Inundações.....	40
2.2.7	Sistema de Alerta para Deslizamentos de Terra.....	41
2.2.8	Sistema de Alerta de Inundação	42
2.2.9	Sistema de Alerta para a <i>NSRRC</i>	44
2.2.10	<i>Wireless Emergency Alerts</i>	45
2.2.11	Análise das Contribuições	46
2.3	Conclusões do capítulo.....	48
3	ANÁLISE E PROJETO DO SISTEMA.....	51
3.1	Casos de Uso e Diagramas de Sequência do Sistema de Alerta	54

3.1.1	Ator envolvido: o Administrador	54
3.1.2	Ator envolvido: o Usuário Comum.....	57
3.1.3	Ator envolvido: o Agente <i>Usuário</i>	59
3.1.4	Ator envolvido: o Agente <i>Alerta</i>	60
3.1.5	Ator envolvido: o Agente <i>Confirmação</i>	62
3.1.6	Ator envolvido: o Agente <i>Validade</i>	64
3.1.7	Ator envolvido: o Agente <i>Status</i>	65
3.2	Modelagem do SMA Utilizando a MaSE	67
3.2.1	Fase de Análise	67
3.2.2	Fase de Projeto	69
4	SISTEMA DE ALERTA APOIADO POR UM SMA	72
4.1	Área de Edição e Envio de Alertas	73
4.2	Área de Interação.....	76
4.3	Funcionalidades Básicas	77
4.4	Chat – Agente Usuário.....	79
5	TESTES E AVALIAÇÕES	80
5.1	Descrição dos testes	80
5.2	Resultados obtidos.....	81
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	87
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
	APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DOS CASOS DE USO.....	94
	APÊNDICE B – DADOS DOS TESTES	104
	APÊNDICE C – ANÁLISE DE CORRELAÇÃO.....	107

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Na última década a incidência de Eventos Meteorológicos Extremos (EMEs) na Amazônia tem aumentado significativamente conforme relatado em FBDS (2013) e BARCELLOS *et al* (2009). Os EMEs podem ser definidos em duas escalas. Na escala de tempo de curto prazo podemos citar rajadas de vento, chuva de granizo, tempestades com descargas elétricas, chuvas torrenciais; geralmente ocorrem em uma faixa horizontal de 10 a 200 km. Na escala de tempo de longo prazo podemos citar inundações, enchentes, estiagens e secas; ocorrem em grandes áreas superiores a 200 km (SARAIVA 2008).

Os EMEs podem gerar desastres naturais. Desastre natural é um evento que ocorre espontaneamente pela natureza ou induzido pelo homem, acompanhado de grandes atividades físicas perigosas que provocam danos significativos a pessoas e propriedades, gerando um grande número de vítimas ou até mesmo mortes.

Segundo a UN/ISDR (2006) um desastre é uma significativa perturbação ao cotidiano de uma comunidade que causa perdas econômicas, ambientais, materiais e humanas; estes impactos excedem a capacidade da sociedade ou comunidade afetada de conviver ou arcar com os prejuízos por meio do seu próprio recurso. Ultimamente a sua recorrência tem aumentado e os impactos são considerados cada vez mais intensos, fato este que os cientistas sugerem já ser resultado das mudanças climáticas globais (TOMINAGA 2009).

A Amazônia, por suas dimensões geográficas/territoriais, apresenta grande dificuldade de comunicação. Quando um EME é detectado pelo SIPAM (Sistema de Proteção da Amazônia), existe uma dificuldade na comunicação e mobilização das diversas instituições envolvidas na prevenção e/ou mitigação dos efeitos, tais como Defesa Civil, Corpo de Bombeiros, entre outras.

Uma maneira de mitigar os danos causados por esses desastres é a utilização de Sistemas de Alertas. Um Sistema de Alerta é um sistema que observa as condições de uma determinada localidade e, quando os indicadores detectam uma alteração perigosa, emitem

alertas para pessoas responsáveis ou, em casos específicos, diretamente para as populações em perigo.

A importância de um Sistema de Alerta Meteorológico para a Amazônia é visto com maior relevância nas ações e atuações de órgãos envolvidos diretamente com a segurança e proteção da população, como por exemplo, Defesa Civil, e outros órgãos atuantes junto às comunidades em função dos EMEs ocorridos. Por meio de alertas antecipados, uma série de ações podem ser planejadas e executadas de forma que os efeitos dos EMEs sejam minimizados junto à população atingida.

1.1 Definição do Problema

O problema abordado nesta pesquisa se resume a três deficiências relacionadas a Eventos Meteorológicos Extremos (EMEs) na Amazônia:

- 1) Deficiência na comunicação e disseminação referente aos EMEs ocorridos na Amazônia, focado na emissão de alertas;
- 2) Deficiência na cooperação entre pesquisadores e técnicos durante o EME;
- 3) Deficiência na coordenação de equipes de emergência (questão logística).

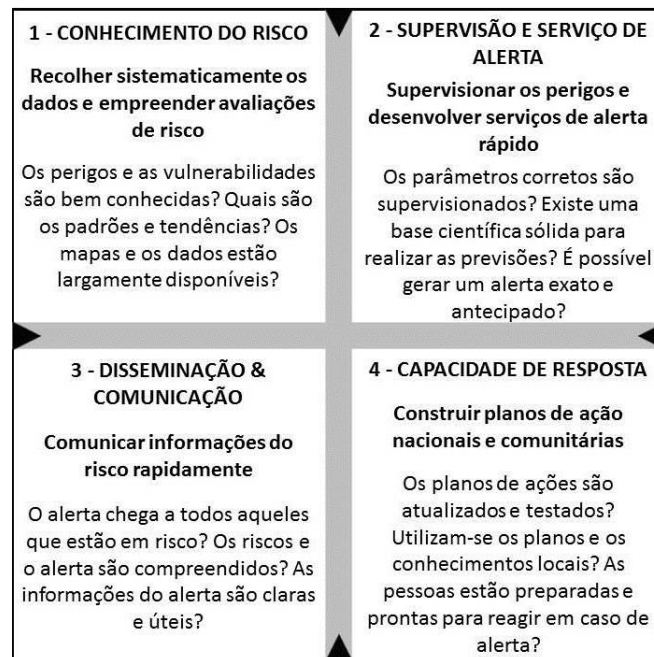
A primeira deficiência diz respeito a uma necessidade de comunicação. Em alguns casos, o SIPAM emitiu um alerta sobre o acontecimento de um EME, mas o alerta não foi devidamente recebido pelos órgãos competentes, como aponta o trecho da reportagem a seguir, extraída do site de notícias do G1 Amazonas¹:

A Divisão de Meteorologia do SIPAM, através do seu plantão, emitiu um alerta às Defesas Cívicas do estado e do município e à concessionária de energia às 20h15, comunicando a chegada do evento prevista para o intervalo correspondente ao horário entre 20h45 e 21h local, garantiu o SIPAM. Entretanto, a coordenação da Defesa Civil em Manaus rebateu a versão do órgão meteorológico. Ela não teria recebido alerta do Sistema de Proteção da Amazônia sobre a possibilidade de ocorrência de temporal na intensidade do ocorrido na noite de terça.

¹ Fonte: <http://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2012/10/temporal-que-atingiu-manaus-teve-ventos-de-85-kmh-segundo-sipam.html>

Segundo a UN/ISDR (2006) existem quatro elementos fundamentais que devem ser implementados para uma gerência eficaz de desastres, conforme apresentado na Figura 1.1. Este trabalho procura contribuir diretamente para o terceiro elemento fundamental que corresponde à “Disseminação & Comunicação”.

Figura 1.1 - Elementos fundamentais de um Sistema de Alerta.



Fonte: adaptado de UN/ISDR (2006).

Logo, observa-se que a comunicação é um problema real que deve ser minimizado, principalmente quando se refere a alertas meteorológicos, tendo em vista que pessoas estão envolvidas e podem ser atingidas pelos eventos extremos.

A segunda deficiência diz respeito à outra necessidade de comunicação, desta vez relacionada aos pesquisadores e técnicos envolvidos durante o acontecimento do EME. Tanto os pesquisadores como os técnicos envolvidos em um acontecimento podem trocar informações e até mesmo experiências sobre o EME, inclusive de Municípios ou Estados diferentes. Um técnico ou um pesquisador que, porventura, esteja no local atingido por um EME poderia dar maiores informações ao SIPAM e vice-versa.

A terceira deficiência refere-se à coordenação das equipes de emergência. Apesar de existir planos de ações nas equipes de emergência, essa tarefa poderia ser melhorada se fosse

integrada ao Sistema de Alerta. Por exemplo, o próprio Sistema de Alerta, baseado nas informações do EME, poderia coordenar as equipes de emergência e tornar mais eficiente o planejamento das ações, relacionado à questão logística. Apesar da importância desta deficiência, neste trabalho não é abordada a sua solução, ficando para trabalhos futuros a sua concepção.

1.2 Objetivos

O Objetivo Geral deste trabalho é aprimorar a comunicação e a mobilização das equipes de emergência na ocorrência de Eventos Meteorológicos Extremos, por meio de um Sistema de Alerta Meteorológico apoiado por um Sistema Multiagente.

Os Objetivos Específicos deste trabalho são:

- a) demonstrar quais são os meios computacionais mais eficiente para a mobilização de equipes de emergência;
- b) demonstrar quais são as características fundamentais de Sistema de Alerta;
- c) desenvolver uma abordagem para Sistemas de Alerta Meteorológico apoiado por um Sistema Multiagente;
- d) comprovar experimentalmente a efetividade do sistema proposto.

1.3 Justificativa

O Sistema de Alerta possibilitará uma rápida divulgação dos Alertas Meteorológicos para os membros dos órgãos competentes; atualmente esta comunicação tem sido realizada por meio de *E-mail* ou telefone, entretanto, de forma manual e tediosa.

A aproximação de pesquisadores e técnicos com necessidades semelhantes e a troca de experiências é outro fator que justifica esta pesquisa, pois proporciona um aumento na

colaboração e construção de conhecimento sobre os EMEs que ocorrem na Amazônia Legal, contribuindo para o avanço nas pesquisas sobre esta área.

Enfim, a importância da concepção de um Sistema de Alerta Meteorológico apoiado por um Sistema Multiagente se refere principalmente à ação da Defesa Civil e órgãos competentes junto à população em função dos EMEs que tem ocorrido nessa região. Por meio de alertas antecipados, uma série de ações podem ser planejadas e executadas de forma a minimizar os efeitos dos eventos extremos junto à população das áreas atingidas. Uma ação precisa e antecipada proporciona toda uma estrutura e movimentação de pessoas e recursos, de forma que vidas podem ser salvas por meio dessas ações.

1.4 Questões de Pesquisa

As questões de pesquisa que orientam esta proposta são:

- a) Quais são os meios de realizar a divulgação de alertas meteorológicos de forma eficiente?
- b) Como promover a comunicação e a cooperação entre os técnicos e os pesquisadores envolvidos nos EMEs, utilizando a computação?
- c) Como auxiliar e aliviar a sobrecarga dos operadores de um Sistema de Alerta?

1.5 Metodologia

A metodologia utilizada para a elaboração desta pesquisa utilizou os procedimentos típicos de projetos de pesquisa desta natureza, que consiste nas seguintes etapas:

- a) revisão bibliográfica em Sistemas voltados para Meteorologia, Prevenção de Acidentes e Eventos Meteorológicos Extremos – foi investigado o funcionamento de Sistemas de Alerta e realizada uma comparação entre ambos, objetivando conhecer o estado da arte e adquirir contribuições para este projeto;
- b) revisão bibliográfica sobre Sistemas Multiagente – foram investigados os conceitos, aplicações e as formas de modelagem e construção deste conceito;

- c) levantamento de Requisitos e Projeto do Sistema de Alerta – se refere ao levantamento de requisitos e à confecção de toda documentação do sistema por meio de técnicas de Engenharia de Software;
- d) levantamento de Requisitos e Projeto do Sistema Multiagente – se refere à aplicação da Metodologia MaSE para a Análise, Projeto e Implementação dos Agentes Inteligentes;
- e) implementação de Protótipos do Sistema de Alerta apoiado por um Sistema Multiagente – nesta etapa o Sistema foi construído utilizando o método de prototipação, onde cada versão é refinada e testada com relação a sua funcionalidade e objetivos;
- f) avaliação do Sistema – Nesta fase foram realizadas simulações do protótipo e os resultados obtidos foram analisados, obtendo-se uma avaliação quantitativa e qualitativa do protótipo, onde foi possível definir o alcance, a eficiência, os desdobramentos e a possibilidade de continuidade (trabalhos futuros).

1.6 Organização do Trabalho

O capítulo 1 apresenta o contexto, a definição do problema, as motivações e os objetivos que compõem a introdução desta dissertação. No capítulo 2 é feita a Revisão Teórica, composta pelos conceitos, tecnologias e ferramentas utilizadas, onde serão discutidos sobre Sistemas de Alerta, Agentes Inteligentes e Sistema Multiagente, metodologia *MaSE*, *JADE*, *E-mail* e *SMS*; e pelos Trabalhos Correlatos, onde é realizada uma investigação em alguns Sistemas de Alerta objetivando a comparação e extração de algumas contribuições. O capítulo 3 versa sobre a Análise e o Projeto que foram elaborados para o sistema, utilizando a *UML* e a *MaSE*. O capítulo 4 apresenta a Interface Gráfica e a Dinâmica do Funcionamento do sistema, onde são abordadas as principais funcionalidades e a atuação dos Agentes Inteligentes. No capítulo 5 são mostrados os Testes e Avaliações que foram elaboradas para testar a efetividade da abordagem. No capítulo 6 são apresentadas as conclusões finais, além dos trabalhos futuros. Finalizando, apresentam-se as referências que foram utilizadas na elaboração e formatação (FURASTÉ 2012) deste projeto.

CAPÍTULO 2

REVISÃO TEÓRICA

Este capítulo tem por objetivo apresentar a revisão teórica dos principais conceitos, definições e os trabalhos visitados ao longo desta pesquisa, visando contextualizar o leitor a respeito do estado da arte do tema abordado.

A primeira parte do capítulo expõe sobre alguns dos principais conceitos, ferramentas e tecnologias: Sistema de Alerta, Agentes Inteligentes e Sistemas Multiagente, metodologia *MaSE*, *JADE*, *E-mail* e *SMS*. A segunda parte apresenta os trabalhos correlatos, onde é feita uma análise e comparação de dez trabalhos relacionados e são extraídas algumas contribuições importantes para este projeto. Por fim, na terceira parte temos as considerações finais e as conclusões do capítulo.

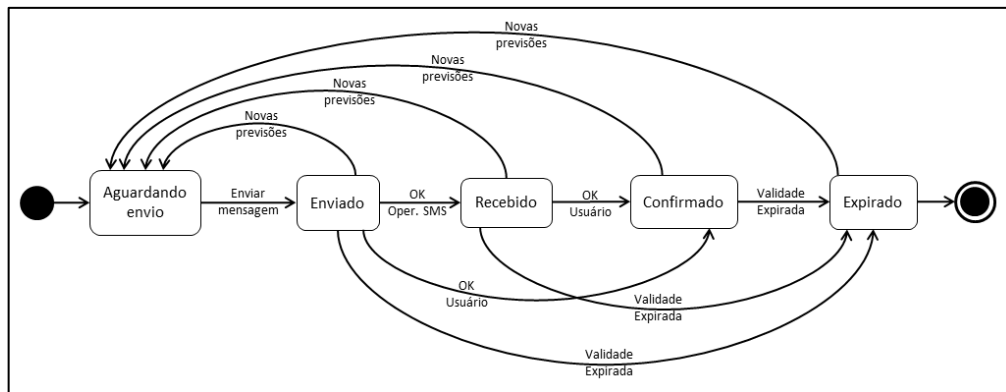
2.1 Conceitos, Ferramentas e Tecnologias Utilizadas

Nesta seção apresenta-se uma revisão da literatura a respeito dos principais conceitos, ferramentas e tecnologias que foram utilizadas neste trabalho.

2.1.1 Sistema de Alerta

Antes de definir o que é um Sistema de Alerta é importante conceituar o que é um alerta. Não foi encontrada a definição formal do que seria um alerta; nos dicionários convencionais, é definido como “um aviso” que possui a finalidade de advertir ou prevenir alguém, ou um grupo de pessoas, acerca de algum perigo iminente. Nesta proposta, o alerta segue essa definição e possui alguns estágios considerados essenciais para que cumpra este objetivo, quando se considera um alerta emitido via *SMS* (detalhado na subseção 2.1.6), conforme descrito no diagrama de estados apresentado na Figura 2.1.

Figura 2.1 - Diagrama de estados de um alerta.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após o alerta ser elaborado com todas as informações necessárias para a prevenção, ele se encontra no estado “Aguardando envio”; no momento em que é enviado ao destinatário passa para a situação “Enviado”; se a operadora de telefonia celular confirmar o recebimento do *SMS*, passa para a condição “Recebido”; quando o usuário confirma o recebimento, o alerta passa para a posição “Confirmado” e por fim quando a validade do alerta termina ele passa para o estado “Expirado”. Conforme observado no diagrama, podem ocorrer outras situações, como por exemplo, o alerta encontra-se na situação “Enviado” e é confirmado diretamente pelo usuário, passando para a posição “Confirmado”. Temos também a situação em que novas previsões são realizadas e o alerta retorna para o estado “Aguardando envio”. Por fim, temos a situação em que o alerta não é confirmado e, vencido o prazo, passa diretamente para a posição “Expirado”.

Um Sistema de Alerta é um sistema que observa as condições de uma determinada localidade e, quando os indicadores detectam uma alteração perigosa, emitem alertas para pessoas responsáveis ou, em casos específicos, diretamente para as populações em perigo. Vale salientar que em muitos casos, um alerta emitido diretamente para a população causa pânico e dificulta os serviços de emergências, gerando maiores perdas.

Segundo Davis (1999), os Sistemas de Alerta estão presentes em várias áreas do conhecimento e possuem várias aplicações práticas, como em cabines de aeronaves (DEATON 1999) e salas de cirurgia médica (BATES 2001). Eles geralmente são utilizados para monitorar um conjunto de parâmetros e alertar os responsáveis, caso estes critérios sejam violados. Sendo detectado um risco iminente, diferentes tipos de alertas podem ser acionados:

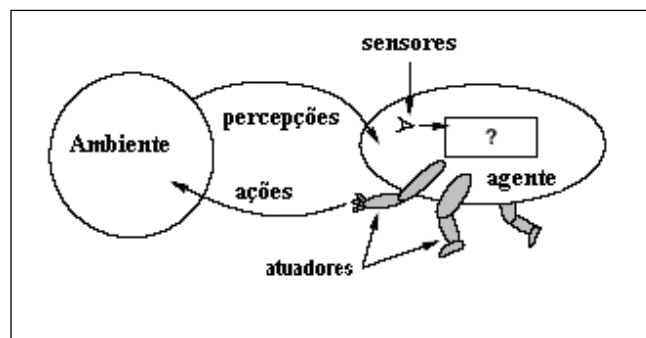
alertas de precaução, havendo possibilidade de perigo; alertas médios, quando os riscos são prováveis e alertas máximos, quando o perigo requer uma resposta imediata. Outros exemplos de aplicações utilizando Sistemas de Alerta serão mais detalhados na seção 2.2.

2.1.2 Agentes Inteligentes e Sistemas Multiagente

Os estudos abordando Agentes Inteligentes (AIs) e Sistemas Multiagente (SMAs) começaram a aparecer por volta dos anos 80, mas tiveram mais destaque somente em meados da década de 90 com o foco para a Inteligência Artificial Distribuída (IAD).

Segundo Russell e Norvig (2004), um Agente pode ser definido como “qualquer coisa que pode ser vista percebendo um ambiente por meio de sensores e atuando no mesmo por meio de atuadores”, conforme mostrado na Figura 2.2.

Figura 2.2 - Definição de Agente.



Fonte: Russel e Norvig (2004).

Na visão de Wooldridge (2009), um SMA possui objetivos bem definidos que são distribuídos entre os AIs. Os Agentes são responsáveis por desempenharem um trabalho de colaboração na execução de uma determinada tarefa.

Segundo Jack Krupansky (AGTIVITY 2013), Sistema Multiagente é “uma coleção de Agentes de software que trabalham em conjunto. Eles podem cooperar ou podem competir, ou empreender alguma combinação de cooperação e competição, mas a infraestrutura resultante é um sistema, em oposição a simplesmente um conjunto disjunto de Agentes autônomos”. Logo, o conceito de SMA se refere a um conjunto de Agentes Inteligentes trabalhando autonomamente em conjunto, para alcançar objetivos individuais ou coletivos.

A utilização de SMA neste trabalho justifica-se pela praticidade do paradigma de AIs e pelas melhorias no desempenho do sistema devido a comunicação e a cooperação que ocorre entre eles (NETTO 2006). Um SMA exercendo tarefas autônomas libera os operadores do Sistema de Alerta para realizarem outras atividades, no momento de um alerta o tempo é considerado fundamental. Além disso, esta abordagem possui a característica da modularidade, ou seja, os AIs são independentes e possuem a facilidade de alteração, exclusão ou inclusão de novos Agentes.

A criação de SMA não é um trabalho trivial, exige uma metodologia própria e uma coordenação dos diversos Agentes e suas respectivas tarefas e formas de comunicação. Como exemplo de metodologias para a criação de SMA podemos citar a *MaSE*, GAIA e TROPOS (JIA 2009). Como forma de facilitar a construção de SMA, foram desenvolvidos *frameworks* que simplificam a sua construção, conforme descrito por Netto (2006). Nas subseções a seguir apresentaremos a *MaSE* e o *framework JADE*, que foram utilizados nesta pesquisa.

2.1.3 *MaSE*

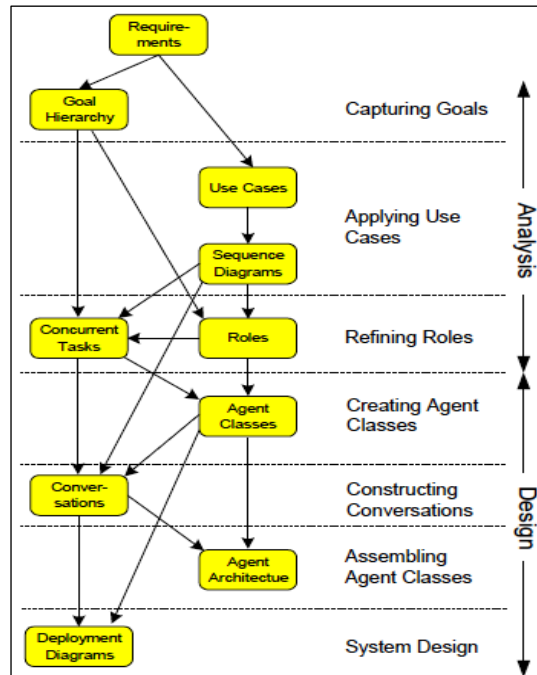
A *Methodology Multiagent Systems Engineering (MaSE)* é uma metodologia que foi proposta por DeLoach e Wood (2001) e é muito utilizada para descrever as fases de análise e projeto de Agentes Inteligentes. Esta metodologia é utilizada no desenvolvimento de sistemas heterogêneos que abrange a parte de análise e projeto aplicado ao ciclo de vida completo de um sistema. A *MaSE* amplia as possibilidades para que os Agentes Inteligentes sejam construídos com base nos princípios da Engenharia de Software.

O objetivo principal da *MaSE* permite ao desenvolvedor de Agentes Inteligentes construir detalhadamente um sistema partindo de um conjunto inicial de requisitos até chegar às fases de análise, projeto e implementação. O desenvolvedor é livre para selecionar os diagramas que irá utilizar e em que ordem eles serão descritos, visando garantir uma consistência entre os modelos, conforme ilustrado na Figura 2.3.

Estes modelos gráficos foram baseados na *UML (Unified Modeling Language)* e servem para descrever os tipos de Agentes, mostrando as interfaces da interação entre os mesmos, além de definir com detalhes a arquitetura do sistema, independente do projeto

individual desenvolvido para cada Agente. A *MaSE* considera ainda que os Agentes são uma especialização dos objetos, tornando possível aplicar as técnicas utilizadas na Programação Orientada à Objeto (POO) nos modelos de especificação e de projeto dos AIs.

Figura 2.3 - Metodologia MaSE.



Fonte: DeLoach e Wood (2001).

O funcionamento geral da *MaSE*, mostrado na Figura 2.3, obedece às seguintes fases e etapas que possibilitam a um Agente Inteligente ser desenvolvido de várias formas, tendo como base o mesmo projeto. O uso dos retângulos com formato arredondado aponta a captura da saída de cada etapa e o uso das setas mostra a interligação entre estas etapas com a possibilidade de haver influência entre elas. Isto permite que os objetos criados sejam rastreados para frente ou para trás, durante as fases de análise e projeto através de diferentes etapas de outros objetos relacionados.

O *MaSE* é importante para este trabalho pois oferece uma metodologia para a criação de Agentes Inteligentes, e foi utilizada para a modelagem dos Agentes Inteligentes propostos neste trabalho, garantindo uma confiabilidade aos SMA.

2.1.4 JADE

JADE (Java Agent **D**evelopment Framework) é um *framework* totalmente implementado em linguagem JAVA, que simplifica a implementação de SMAs através de um *middleware* que cumpre com as especificações FIPA, e através de um conjunto de ferramentas gráficas permite o gerenciamento das fases de depuração e implantação. A plataforma de Agentes pode ser distribuída através das máquinas e a configuração pode ser controlada através de uma única interface gráfica remota. A configuração pode ser alterada mesmo em tempo de execução, e os Agentes movimentam-se de uma máquina para outra, conforme o necessário (JADE 2011).

A ferramenta *JADE* funciona como um facilitador na criação de SMA, permitindo uma rápida construção, coordenação da comunicação entre Agentes e um gerenciamento de todo o sistema. Vale destacar que existem diferentes formas de executar os Agentes implementados neste *framework*, dentre elas, configurar e efetuar a compilação e execução através de linhas de comando ou integrar o *JADE* a *IDE* Eclipse para utilizar o mesmo como plataforma de desenvolvimento e execução dos Agentes.

Neste trabalho optamos por utilizar o *JADE*, pois facilita a criação do SMA que auxilia o Sistema de Alerta proposto, além disso, simplifica a comunicação dos AIs, pois cumpre as especificações *FIPA* (*Foundation for Intelligent Physical Agents*).

2.1.5 E-mail

Chama-se de *E-mail*, ou correio eletrônico, a troca assimétrica de mensagens entre pessoas. Este serviço é disponibilizado através de dois protocolos, um para o envio das mensagens (*SMTP* - *Simple Mail Transfer Protocol*) e outro para o recebimento das mesmas (*POP* - *Post Office Protocol* ou *IMAP* - *Internet Mail Access Protocol*).

Segundo Albuquerque (2001), o *SMTP* define como se dá a entrega das mensagens, mas não define as facilidades providas pelos programas de interface com o usuário. O *SMTP* define controles para identificar quem originou a mensagem, identificar os destinatários e entregar a mensagem. Quando uma mensagem é transferida pelo *SMTP*, uma conexão é

estabelecida pela máquina na origem com o servidor de correio eletrônico no destino ou com uma máquina operando como Agente transferidor.

Já sobre o *POP*, Albuquerque (2001) comenta que o *POP* não define aspectos relativos à interface com o usuário nem analisa o conteúdo das mensagens. Apenas permite que as mensagens sejam transferidas de uma caixa postal em um servidor de correio eletrônico para a máquina do usuário.

E sobre o *IMAP*, o mesmo autor explica que quando um usuário se conecta a um servidor *IMAP* através de um cliente *IMAP*, o usuário pode solicitar informações sobre as mensagens, partes das mensagens ou as próprias mensagens. Por exemplo, o usuário pode verificar o tamanho de uma mensagem antes de solicitar a sua transferência. Cópias das mensagens transferidas do servidor para a máquina do usuário são mantidas no servidor até que o usuário solicite a sua remoção.

A linguagem de programação *PHP* (*Hypertext Preprocessor*) foi utilizada neste trabalho e possui uma função padrão que é utilizada para o envio de *E-mail*, a função `mail()`. Entretanto, esta função é muito rudimentar e o programador geralmente enfrenta muitos problemas ao tentar utilizá-la em seu site. Por este motivo foi criado o *PHPMailer*. O *PHPMailer* é uma classe pronta para envio de *E-mails* através do *PHP* via conexão *SMTP* ou *POP3* muito utilizado por todo o mundo. Seu método de envio é largamente recomendado e é considerado melhor do que o envio do `mail()` que é a função padrão do *PHP*.

O *E-mail* foi utilizado neste trabalho por se tratar de um canal de comunicação muito utilizado pelos usuários do sistema proposto, tornando-se uma boa alternativa para o envio dos alertas meteorológicos, além disso, é uma opção sem custos adicionais.

2.1.6 SMS

O serviço de mensagens curtas (em inglês: *Short Message Service, SMS*) é um serviço disponível em telefones celulares (telemóveis) digitais que permite o envio de mensagens curtas (até 160 caracteres) entre estes equipamentos e entre outros dispositivos de mão (*handhelds*), e até entre telefones fixos (linha-fixa), conhecidas popularmente como

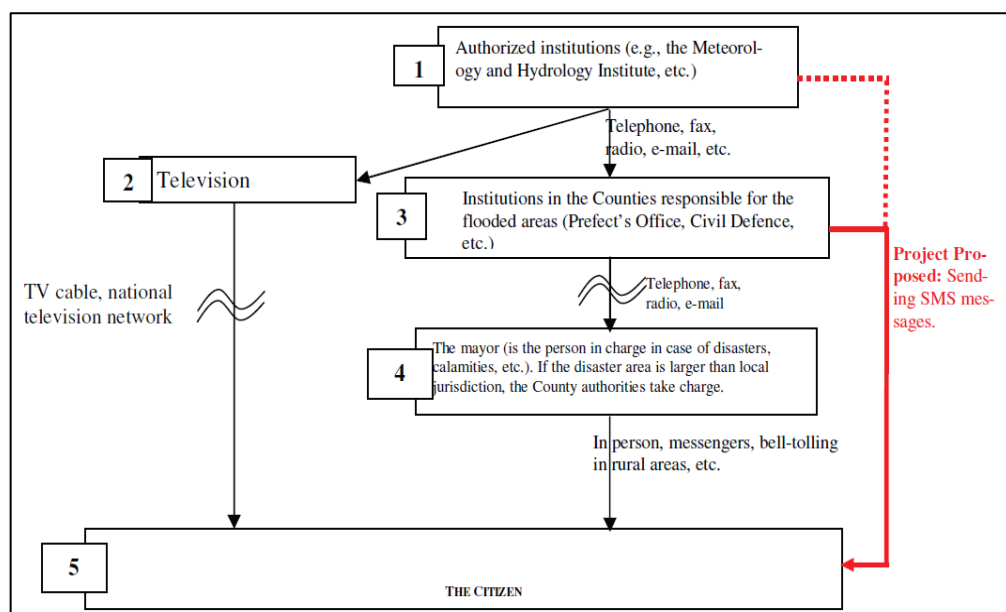
mensagens de texto. Este serviço pode ser tarifado ou não, dependendo da operadora de telefonia e do plano associado.

O *SMS* originalmente foi projetado como parte do *GSM (Global System for Mobile Communications)* padrão digital de telefone celular, mas agora está disponível num vasto leque de redes, incluindo redes 3G. O termo “torpedo” é utilizado no Brasil, por conta da velocidade com que chega ao celular, designa o nome das mensagens que são enviadas para o celular, como *SMS* e *MMS (Multimedia Messaging Service)*.

O conceito foi inventado pelo engenheiro finlandês Matti Makkonen, em meados da década de 1980. A ideia surgiu na conversa informal com dois colegas, em uma pizzaria em Copenhaga, em 1984. O primeiro *SMS* foi enviado em 3 de dezembro de 1992 de um computador pessoal (PC) a um telefone celular pela rede *GSM Vodafone* no Reino Unido.

O trabalho de Cioca (2008) apresenta o *SMS* como um dos melhores canais para comunicação em caso de EME. Segundo o autor, no caso de uma situação de emergência, os primeiros canais a falhar seriam: TV a cabo, a rede de fornecimento de energia, rede de telefonia fixa, *E-mail*, fax, radio. A rede de telefonia móvel, particularmente a tecnologia de *SMS*, seria um dos últimos canais a falhar, constituindo-se uma excelente escolha para se enviar alerta, conforme apresentado na Figura 2.4.

Figura 2.4 - Esquema de um Sistema de Alerta.



Fonte: Cioca (2008).

A utilização da tecnologia de *SMS* foi empregada, neste trabalho, por permitir uma rápida divulgação dos alertas. Uma vez que os usuários estão devidamente cadastrados com os seus números de celulares, os alertas são enviados em um tempo relativamente pequeno, além disso, é um canal de comunicação seguro e de custo baixo.

2.2 Trabalhos Correlatos

Apresentam-se nesta seção os trabalhos correlatos que serviram de base para a proposta deste trabalho. Foram investigados Sistemas de Alerta que possuem uma arquitetura que correspondesse ao pretendido neste trabalho, ou seja, que trabalhem com o envio de *SMS*, *E-mail* e que, de preferência, fossem apoiados por um SMA. A busca, portanto, foi direcionada ao que se pretende nesta dissertação. Ao final, é realizado um resumo das contribuições e reflexões que estes trabalhos proporcionaram a este projeto.

Escopo da pesquisa

O produto deste trabalho refere-se a um sistema computacional que objetiva alertar as autoridades competentes em relação a um EME iminente, para que os mesmos possam tomar as medidas necessárias visando minimizar os danos, sejam materiais ou humanos. A redundância nos meios do envio do alerta, neste sentido, é benéfica. Por exemplo, se um alerta for emitido somente via *E-mail*, é possível que alguns usuários não acessem seus *E-mails* a tempo e não sejam alertados, por outro lado, se o alerta foi emitido via *E-mail* e via *SMS*, a probabilidade do alerta alcançar seus objetivos aumenta consideravelmente, tornando-o um instrumento de grande utilidade para a sociedade.

Outra questão é a utilização de um SMA para apoiar o Sistema de Alerta. O momento do envio do alerta e os minutos seguintes são cruciais para que os responsáveis sejam avisados, e as medidas cabíveis sejam tomadas; estes instantes são marcados por preocupação e euforia. Os AIs tem o objetivo de dar um suporte, especialmente, a este momento. Dentre várias funções que os AIs podem desempenhar, podem ser citadas a elaboração preliminar do alerta (permitindo um rápido envio) e a confirmação do recebimento do alerta (obtendo uma maior segurança na entrega).

Partindo destes pressupostos, foi realizada a busca de trabalhos relacionados, objetivando conhecer e analisar as características acima descritas e, além destas, estudar novos atributos que foram incorporados à presente proposta.

Nesta seção, espera-se responder as seguintes questões: Quais são os elementos básicos de um Sistema de Alerta? Quais as funcionalidades que estão contempladas em cada abordagem? Qual o comportamento dos Agentes? Que novas funcionalidades poderiam ser adicionadas? A investigação traz à tona outras perguntas de interesse.

O restante desta seção está dividido da seguinte maneira: da subseção 2.2.1 até a subseção 2.2.10 são relatados os trabalhos visitados, a subseção 2.2.11 apresenta uma comparação e a análise das contribuições dos trabalhos visitados a esta proposta.

2.2.1 Sistema Multiagente para Alertas Meteorológicos

Este trabalho descreve a utilização de um SMA que vem sendo utilizado no Centro Australiano de Meteorologia (DANCE 2003). Segundo os autores, para gerir a previsão de tempo existe uma forte necessidade de complexos sistemas computacionais e uma constante evolução destes sistemas, de forma que o monitoramento e alertas estejam sempre atualizados e funcionais. A tecnologia de AIs é um excelente candidato para esta funcionalidade, pois suporta processos distribuídos e complexos.

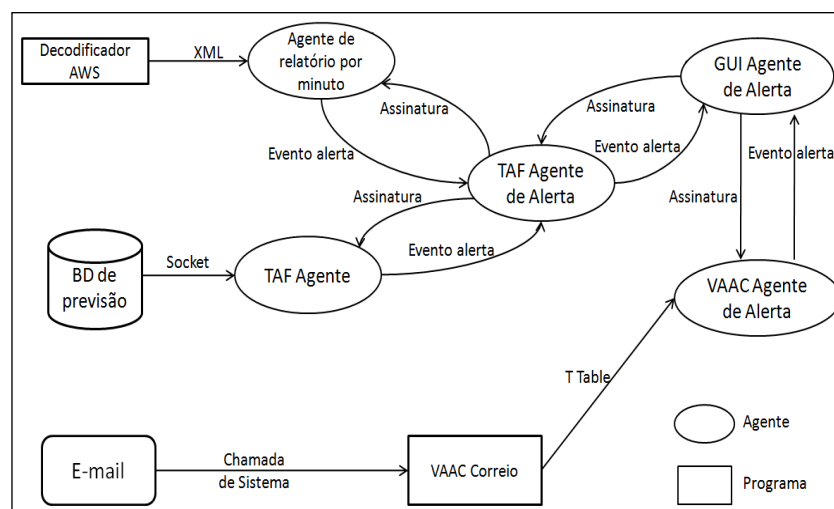
Este projeto é baseado na interação entre um SMA e um sistema de previsão de aviação. Quando algum risco é detectado, o sistema envia um alerta para os meteorologistas e cabe aos meteorologistas responder aos alertas conforme a necessidade e importância. O sistema lida com uma série de questões, como:

- a) se esse alerta já havia sido previamente emitido;
- b) qual é a importância do alerta;
- c) se os alertas estão sendo respondidos;
- d) tolerância e recuperação de falhas;
- e) constante evolução e fácil manutenção.

Este sistema também exige uma interface gráfica para se comunicar com os meteorologistas. Em última análise, esta interface ficará sob o controle de um ou mais Agentes. A arquitetura do sistema contém um número significativo de Agentes e componentes, incluindo a entrada de dados e uma camada de gerenciamento, que é fundamental para a arquitetura. Esses componentes podem ser executados em uma máquina local ou podem ser executados em máquinas por toda a rede.

O “Agente de relatório por minuto” verifica as informações das estações meteorológicas (*Automatic Weather Station - AWS*) e pode enviar notificações ao Agente *TAF* de Alerta (*Terminal Aerodrome Forecasts*), este pode indicar ao Agente GUI as condições de perigo; o Agente GUI (*Graphic User Interface*) repassa a informação aos meteorologistas que, depois de avaliarem as condições, decidem se emitem o alerta ou não; este alerta pode ser emitido via *E-mail* por meio do subsistema *VAAC* (*Volcanic Ash Advisory Centre*), conforme a Figura 2.5.

Figura 2.5 - Fluxo geral de dados no Sistema de Alertas.



Fonte: Adaptado de Mathieson (2004).

O SMA foi construído utilizando o *framework JACK Intelligent Agents* (2013), devido ao *framework* atender as necessidades e as características que o sistema exige. Embora o escopo do sistema seja relativamente pequeno, o sistema previsto deve fornecer um protótipo base para uma demonstração da utilidade do conceito de SMA.

2.2.2 Sistema Automático de Monitoramento Meteorológico

Este trabalho foi apresentado no XVI CBMET - Congresso Brasileiro de Meteorologia (VENDRASCO 2010). Os autores apresentam um Sistema de Informações Meteorológicas (SIM) que é resultado de um projeto desenvolvido na Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), em parceria com a AES-Eletropaulo. Este sistema surgiu de uma necessidade da AES Eletropaulo que se refere a monitorar e prever grandes sistemas climáticos que operam na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) a fim de gerir mais eficazmente as suas equipes e mobilizar recursos com antecedência, para agilizar o restabelecimento da eletricidade.

O SIM consiste em um sistema integrado composto por dados de radar, satélite e modelos atmosféricos de previsão de tempo, e uma rede de estações meteorológicas que monitoram as principais variáveis meteorológicas e transmitem em tempo real para o SIM. Esta informação é constantemente analisada por um sistema automático que emite alerta em casos de eventos severos que coloquem em perigo o fornecimento de energia elétrica na área de operação da AES-Eletropaulo.

O sistema mantém duas páginas *Web* que funcionam como interface para os usuários verificarem a situação atual do clima, previsões para as próximas horas e um mecanismo que, uma vez determinada uma série de condições, enviam alertas de acordo com a intensidade do evento. Também é possível registrar números de celular para receber alertas via *SMS*.

O sistema é composto por dois subsistemas principais. O primeiro é composto pelas previsões dos modelos climáticos *BRAMS* e da ferramenta *Fortracc-Radar* que utiliza o *Fortracc (Forecast and Tracking the evolution of Cloud Clusters)* aplicado aos dados de refletividade do radar, gerando previsões de curtíssimo prazo do deslocamento e intensidade do sistema. O segundo subsistema consiste na página de alerta: um conjunto de variáveis são monitoradas e, quando algum limite é ultrapassado as classificações são alteradas e os devidos alertas são acionados, conforme pode ser observado nas Tabelas 2.1 e 2.2.

Tabela 2.1 - Definição das classes de precipitação.

Precipitação (mm)	Classificação
$10 < P \leq 20$	Moderada - Verde
$20 < P \leq 50$	Forte - Amarelo
$P > 50$	Intensa - Vermelho

Fonte: Adaptado de Vendrasco (2010).

Tabela 2.2 - Definição das classes de velocidade.

Velocidade do vento (ms^{-1})	Classificação
$5 < V \leq 8$	Moderada - Verde
$8 < V \leq 15$	Forte - Amarelo
$V > 15$	Intensa - Vermelho

Fonte: Adaptado de Vendrasco (2010).

Segundo Vendrasco (2010):

“Quando algum pixel ultrapassa os limites estabelecidos, nesta posição começará a piscar com cores vermelho, amarelo e/ou verde representando intenso, forte e moderado, respectivamente. Se em um determinado pixel o valor de vento para a próxima hora é 10 ms^{-1} , então este pixel irá piscar com a cor amarela e se neste mesmo pixel a previsão de duas horas for de 18 ms^{-1} , o pixel irá piscar entre amarelo e vermelho e, ao passar o mouse sobre o ponto piscante, aparecerá um texto descrevendo o valor exato da previsão e qual horário irá ocorrer.”

É apresentada uma importante opção para órgãos e instituições que necessitam diariamente de previsões de tempo confiáveis e com altíssima resolução, tanto temporal como espacial. O sistema oferece ao usuário somente aquilo que é necessário, permitindo a clara visualização das regiões com altas precipitações e vento, por meio de um modelo numérico é capaz de realizar previsões com até 48 horas de antecedência.

2.2.3 Sistema Abacus

O sistema denominado Abacus (ATHANASIADIS 2009) foi desenvolvido para o Serviço Meteorológico do Chipre e funciona como um *middleware* que fornece uma interface dos dados do radar “Kykkos” para os meteorologistas. A arquitetura do sistema funciona como uma plataforma autônoma onde Agentes artificiais gerenciam os dados do radar e

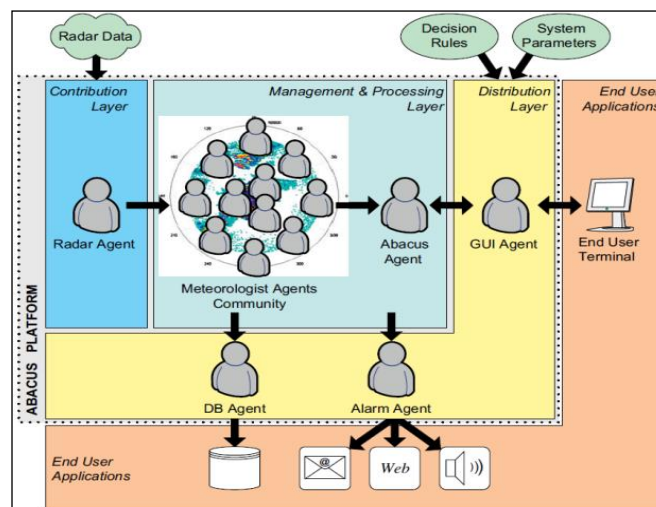
monitoram adequadamente todas as informações produzidas. O sistema possui os seguintes objetivos principais:

- transformação, análise e pré-processamento dos dados do radar;
- monitoramento das condições meteorológicas e sua evolução no tempo;
- distribuição dos serviços meteorológicos ao público autorizado e emissão de alertas por meio de *E-mail* ou diretamente na *Web*.

Para alcançar os objetivos o sistema precisa capturar os valores produzidos pelo radar; realizar os cálculos dos indicadores quantitativos e qualitativos; representar os dados, métricas e índices em gráficos e apresentar os dados, com as devidas informações secundárias. Havendo atividades anormais, o sistema poderá divulgar as informações por meio de três formas: enviando um *E-mail* para uma lista predeterminada, contendo as informações relevantes; emitir um sinal sonoro que avisa os cientistas em operação; postar uma mensagem de aviso em uma página *Web* contendo o local, tempo e as condições que ativaram a alarme.

Apesar de haver a possibilidade da divulgação pública dos alertas, atualmente este serviço não está disponível por gerar conclusões precipitadas para usuários não profissionais. Por este motivo a emissão de um alerta só pode ser realizada pelos meteorologistas, que utilizam outras técnicas e ferramentas, e emitem os alertas com mais precisão. A arquitetura é composta por três camadas, conforme a Figura 2.6.

Figura 2.6 - Arquitetura do Sistema Abacus.



Fonte: Athanasiadis (2009).

A camada 1 corresponde a parte de Contribuição que é responsável pela aquisição dos dados do radar e pré-processamento. Esta camada é composta pelo Agente Radar, que recupera os dados do radar com as devidas correções.

A camada 2 corresponde a parte de Gerenciamento e Processamento, os indicadores são calculados, as regras de decisão são aplicadas e identificados os possíveis incidentes. Esta camada é composta pelos Agentes Meteorologistas, que correspondem a uma comunidade de Agentes cooperantes, onde cada Agente é responsável por um setor do radar; nesta camada, o Agente Abacus é responsável por resumir as informações dos Agentes Meteorologistas, emitir avisos e alertas globais.

A camada 3 corresponde a parte de Distribuição onde é implementada a interface com o operador e divulgação dos avisos. Esta camada é composta pelo Agente *GUI*, que implementa a interface com o operador; Agente *BD*, que faz a conexão com o banco de dados e armazena os dados dos radar; e pelo Agente *Alarme*, responsável por divulgar os alarmes locais e globais.

Os Agentes do Sistema Abacus foram implementados em JAVA utilizando o *framework JADE* (BELLIFEMINE 2003), em conformidade com as especificações FIPA – *IEEE Society Computer* – para comunicação e roteamento de mensagens entre Agentes (FIPA 1999-2002). Segundo os autores, este trabalho é o primeiro a apresentar uma abordagem de Agentes para enriquecer os dados de um radar meteorológico.

2.2.4 Sistema OK-FIRST

O Sistema OK-FIRST foi desenvolvido no Centro de Pesquisas Climatológicas de Oklahoma (EUA) e tem como objetivo apoiar agências de segurança pública local como Corpo de Bombeiros, Polícia e Agências de Emergências (MORRIS 2001).

Os autores relatam que o vínculo entre o serviço meteorológico e os usuários ainda é deficiente. Muitas falhas de comunicação entre a comunidade meteorológica e as equipes de emergência têm ocorrido, gerando graves perdas. Na maioria das vezes o Serviço

- 1) conteúdo do Serviço de Disseminação de Informação (*Radar*), que abrange toda a coleção dos produtos meteorológicos;
- 2) área de dados (*Mesonet*), que são apresentados na forma de mapas e gráficos de séries temporais: temperatura, índice de ventos, umidade, chuvas, entre outros;
- 3) produtos de texto do Serviço Meteorológico Nacional (*NWS*), que é conseguido através de *links* para vários servidores ao redor dos Estados Unidos;
- 4) outras fontes de dados (*Other*), como o monitoramento em tempo real da seca, informações do uso do solo e condições climáticas, perigos de incêndios, taxa de propagação do fogo, entre outros.

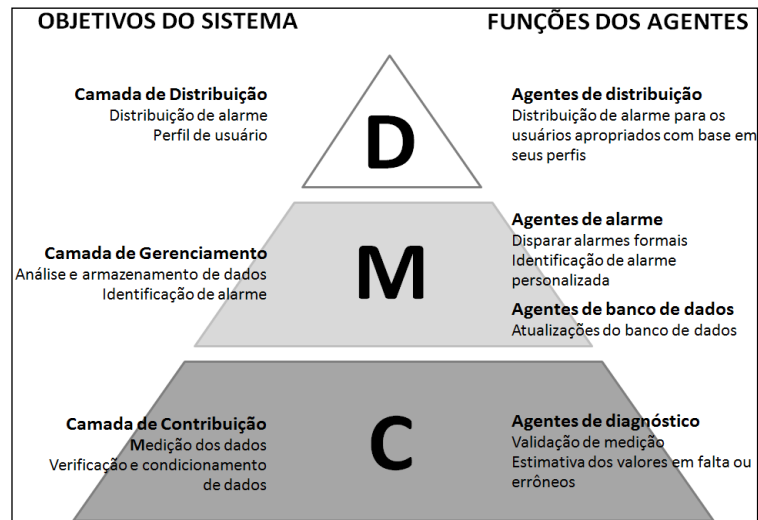
Um componente adicional do sistema é a ferramenta de apoio à decisão. Esses produtos são organizados por sua utilidade antes ou durante um evento, fornecendo informações suficientes para decisões rápidas, caso ocorram fenômenos perigosos.

2.2.5 Sistema O₃RTAA

O sistema apresentado nesta seção diferencia-se dos demais pelo fato de empregar técnicas de mineração de dados para adicionar inteligência em um Sistema de Monitoramento de Informações Ambientais (*EMIS - Environmental Monitoring Information Systems*). O sistema chamado de O₃RTAA é um SMA onde uma sociedade de Agentes distribuídos coopera a fim de monitorar e avaliar a qualidade do ar e disparar alarmes (ATHANASIADIS 2004).

O sistema intervém entre os sensores de medição e os especialistas a fim de ajudar os seres humanos em sua avaliação. Além da tarefa de atualização do banco de dados com as medições dos sensores, o sistema inclui a tarefa de validação das medições, estimativa de valores em falta e emissão de alarmes. O sistema opera visando atingir três objetivos específicos, e o sucesso dos objetivos superiores depende da realização dos objetivos inferiores, conforme mostrado na Figura 2.8.

Figura 2.8 - Objetivos do sistema e Funções dos Agentes.



Fonte: Adaptado de Athanasiadis (2004).

A Camada de Contribuição objetiva realizar o pré-processamento e verificação das medições, além de identificação e restauração de possíveis erros; estas tarefas estão associadas aos Agentes de diagnóstico. A Camada de Gerenciamento possui como entrada as informações da Camada de Contribuição e realiza a manipulação e arquivamento desses valores a fim de identificar possíveis alarmes; os Agentes de Alarme e os Agentes de Banco de Dados são responsáveis por esta camada. A Camada de Distribuição realiza a classificação dos alarmes e os distribuem aos destinatários apropriados segundo os seus perfis; os Agentes de Distribuição são responsáveis por esta camada.

Quando os Agentes de Diagnóstico recebem uma mensagem, atuam de duas formas: se for um pedido de medição por outro Agente, responde enviando o valor de sua atual medição; se uma nova medição chegou, é verificado a sua validade. A entrada de uma nova medição compreende um procedimento de validação que envolve a aplicação de um motor de inferência correspondente. O motor funciona a partir de uma decisão extraída de um modelo com o uso de mineração de dados históricos. O resultado deste modelo de decisão é a classificação da medição de entrada como “Válido” ou “Inválido”.

Os Agentes de Alarme são responsáveis por desencadear alarmes formais e alarmes personalizados. Os alarmes formais são aqueles definidos pelas regras, indicando situações

perigosas na atmosfera que excedam os limites legais. Alarmes personalizados são alertas para os usuários do sistema, conforme o seu interesse.

Na implementação atual, alguns alertas costumam avisar os ambientalistas para eventos com base em seu interesse científico, relacionados com a poluição do ozônio. O autor sugere que em outras versões do sistema poderão incluir outros tipos de alarmes personalizados para pacientes, administração pública, indústria, defesa civil, entre outros.

Os Agentes de Banco de Dados são responsáveis pela atualização das bases de dados ambientais com dados coletados a partir de sensores de campo. Esta tarefa, embora trivial, é vital para o desempenho do sistema, porque alivia os seres humanos de manipular grandes quantidades de informações. Os Agentes de Banco de Dados recebem uma mensagem do Agente de Alarme, estabelece uma conexão com bancos de dados e armazena todas as informações no formato adequado.

Os Agentes de Distribuição enviam os alarmes indicados, pelos Agentes de Alarme, para os usuários apropriados. Quando uma mensagem de alarme é recebida, os Agentes de Distribuição realizam consultas aos perfis de usuários interessados naquele alarme e seleciona um meio adequado de notificação: por *E-mail* ou *SMS*.

Os Agentes citados acima foram desenvolvidos utilizando a plataforma *Agent Academy* (MITKAS 2003), que é um *framework* utilizado para o desenvolvimento de Agentes capacitados para explorar técnicas de mineração de dados, que seguem um procedimento que envolve a definição dos tipos de funções dos Agentes, a ontologia de domínio, as interações dos Agentes e linguagem de comunicação.

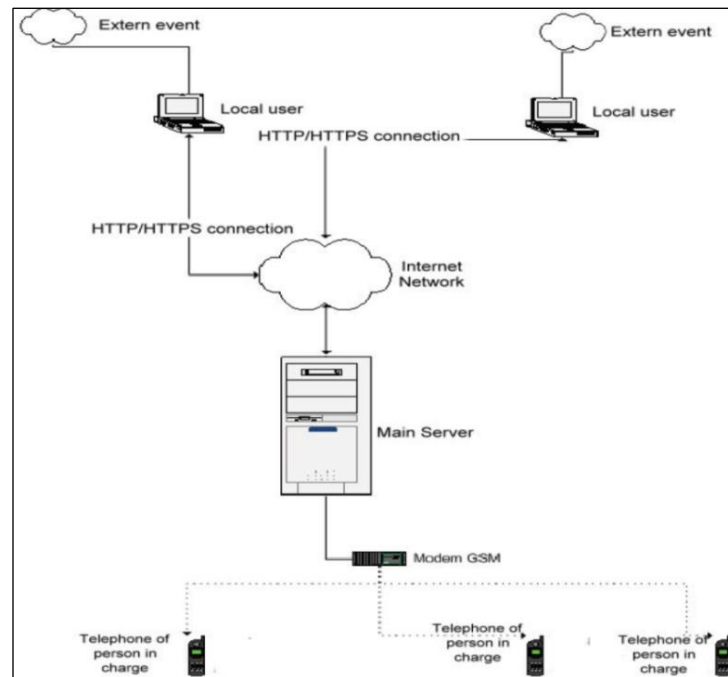
O trabalho apresenta um exemplo bem sucedido de um *EMIS* desenvolvido com Agentes, que utiliza técnicas de mineração de dados para adicionar inteligência personalizada a estes. Os Agentes atuam como mediadores entre os sensores e os usuários interessados, fornecendo as informações personalizadas para cada usuário. Os autores indicam que o sistema será instalado no Centro de Estudos Ambientais do Mediterrâneo, Valencia, Espanha.

2.2.6 Sistema de Alerta de Inundações

Este trabalho foi apresentado no *IEEE DEST 2008 (Second IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies)* e mostra um Sistema de Alerta de Inundações que emite os alertas por meio de *SMS*, com um *Modem GSM (Global System for Mobile Communications)* próprio.

Segundo os autores (CIOCA 2008), na circunstância de um desastre, os primeiros sistemas a falhar seriam: TV a cabo, Rede de Energia, Telefonia Fixa, Internet, entre outros. A proposta apresenta a tecnologia de *SMS* como uma forma alternativa e mais segura que os meios convencionais de envio do alerta. A Figura 2.9 mostra a arquitetura básica do sistema:

Figura 2.9 - Arquitetura Básica do Sistema de Alerta de Inundações.



Fonte: Cioca (2008).

O Sistema funciona da seguinte maneira: havendo a iminência de ocorrer um Evento Externo (*Extern event*), ou seja, um evento que requer um aviso de alerta (inundação), um Usuário Local (*Local user*) reconhece o evento externo e envia o pedido de alerta para os responsáveis por meio da *Internet (Internet Network)*; o pedido será processado no Servidor Principal (*Main Server*) e se necessário o alerta será enviado via *SMS* por meio de um *Modem GSM* para os telefones das pessoas responsáveis (prefeito, defesa civil, bombeiros, etc.).

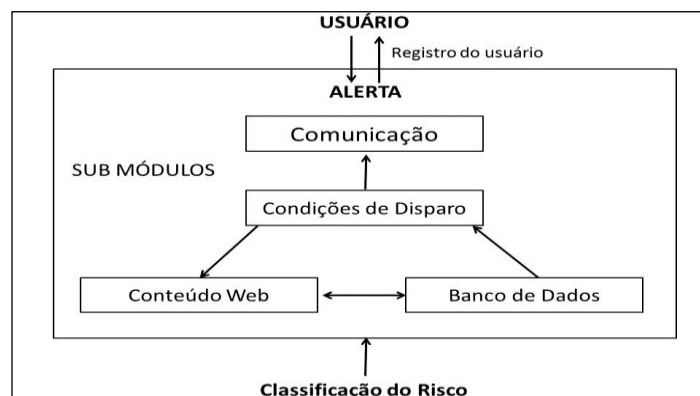
Finalizando, os autores apontam para algumas melhoras que estão sendo implementadas como a inclusão de sensores para que o sistema tenha a possibilidade de enviar alertas automaticamente, ou por uma forma assistida.

2.2.7 Sistema de Alerta para Deslizamentos de Terra

Este trabalho apresenta um sistema de alerta contra riscos de deslizamentos de terra que tem o objetivo de ser independente, rápido e eficaz. É concebido para ser um sistema generalizado que pode ser implantado em qualquer região. Tem a característica da modularidade e sua estrutura é composta de quatro unidades funcionais que são ativadas quando ele é alimentado com informações de ameaça com geo-localização.

É utilizada a rede de celular para disseminar os alertas sobre os perigos por meio de mensagens de texto curta (*SMS*). Segundo os autores (GHOSH 2010), a mensagem do alerta é virtualmente instantânea, com um tempo máximo de 50 segundos e no mínimo de 10 segundos para chegar ao destinatário. Em média a mensagem atinge o usuário móvel dentro de 30 segundos. A Figura 2.10 apresenta a arquitetura do sistema.

Figura 2.10 - Arquitetura do Sistema de Alerta.



Fonte: Adaptado de Ghosh (2010).

O módulo do Conteúdo *Web* exibe o Aplicativo de interface com os operadores, utiliza as informações tanto do Banco de Dados como as Condições de Disparo. O Módulo de Condições de Disparo utiliza a lógica para disparar os alertas por meio das informações contidas no Banco de Dados, uma vez que existe uma condição de alerta o módulo de

Comunicação é acionado. O módulo de Comunicação recebe os alertas e dispara as mensagens via *SMS* para todos os usuários próximos a área afetada.

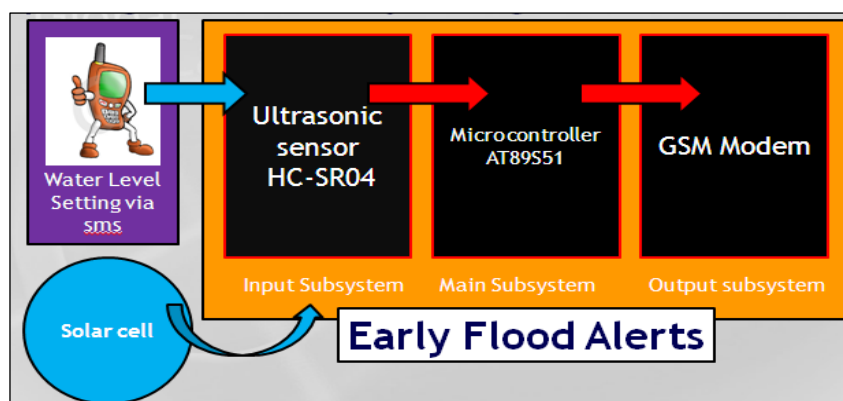
Finalizando, este trabalho reflete sobre a importância de tornar as pessoas afetadas conscientes do perigo. Segundo os autores, o sistema é leve e demanda poucos recursos para a sua implantação. Como trabalhos futuros sugere-se que o sistema seja expandido para outras situações de alerta, como tempestades, descargas elétricas, entre outros fenômenos.

2.2.8 Sistema de Alerta de Inundação

Este trabalho apresenta um sistema de alerta para inundações. Segundo o relato dos autores (KUANTAMA 2012), um desastre não pode ser evitado, mas os danos causados pelo mesmo podem ser minimizados por meio de um alerta antecipado. Não somente a população pode se preparar para a vinda do desastre, como o governo local pode tomar decisões apropriadas para resolver os problemas decorrentes.

O sistema pode ser dividido em três blocos principais: o bloco de entrada, por meio de um sensor ultrassônico; o processamento dos dados, por meio de um microcontrolador e o bloco de saída, por meio de um *Modem GSM* que enviará os alertas por meio de *SMS*. A Figura 2.11 apresenta o diagrama do sistema.

Figura 2.11 - Diagrama dos blocos do Sistema de Alerta de Inundações.

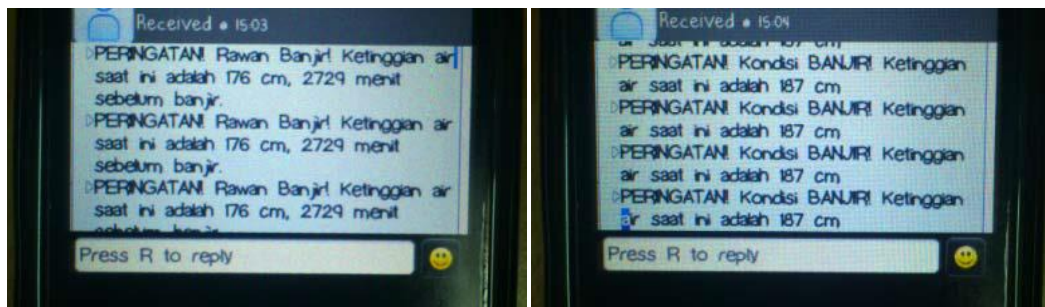


Fonte: Kuantama (2012).

O sensor ultrassônico é usado para medir a altura da água. Essa medida é processada pelo microcontrolador, que realiza os cálculos necessários para determinar a altura da água. O microcontrolador é responsável pelo controle de todo o sistema, é ele quem envia os dados do nível da água para o *Modem GSM*, que é responsável de enviar os alertas por meio de *SMS*. Os painéis solares são utilizados como fonte de energia, de modo que o sistema é independente e pode ser facilmente colocado na margem do rio.

O sistema enviará um aviso antecipado quando o nível da água atingir 480 centímetros e fará uma previsão da ocorrência da inundação; quando a inundação ocorrer, o sistema enviará outro aviso e após a inundação; em condições seguras, o sistema novamente enviará o terceiro aviso. Para evitar que os *SMSs* não sejam entregues, para cada aviso são enviados três *SMSs* a cada utilizador. A Figura 2.12 apresenta um exemplo de um aviso recebido.

Figura 2.12 - Exemplo de um alerta recebido.



Fonte: Kuantama (2012).

Este sistema de alertas de inundação também foi projetado para transmitir a altura da água no caso de alguém querer saber o nível de água no ponto específico. Pedido de nível da água pode ser feito por qualquer um, sem registrar o número de telefone. Para solicitar informações sobre o nível de água, basta enviar um *SMS* com um texto padrão que o sistema responderá com o nível da água naquele ponto.

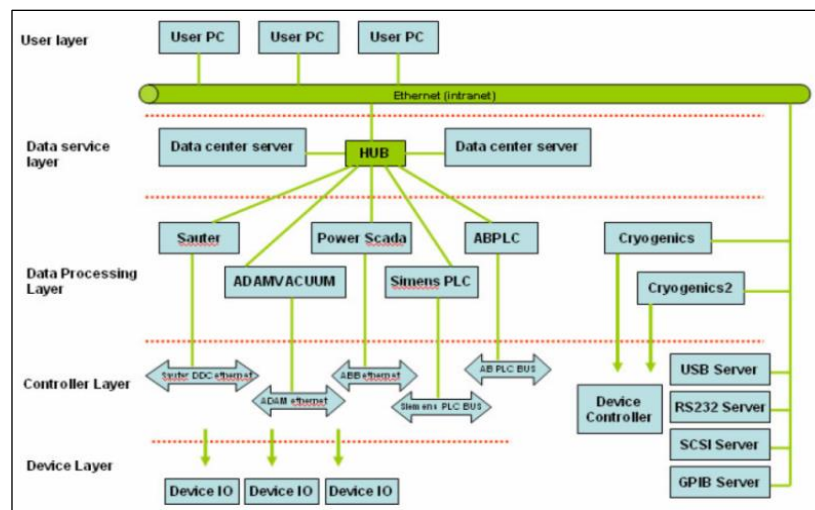
Finalizando, este trabalho apresenta um sistema de alerta simples que pode ser utilizado em qualquer lugar propenso a enchentes. Outra vantagem do sistema é que o mesmo pode enviar o nível da água para quem solicitar esta medição, além disso, o sistema está disponível 24 horas e possui independência quanto à utilização de energia.

2.2.9 Sistema de Alerta para a NSRRC

Este trabalho apresenta um sistema de alerta desenvolvido pelo *Utility Group* da *NSRRC - National Synchrotron Radiation Research Center*. O *NSRRC* é um centro de pesquisa que trabalha com a radiação *synchrotron*, que tornou-se uma importante ferramenta para o uso em diversos campos de pesquisa, como a Física, Química, Biologia, Engenharia Química, Engenharia Ambiental, Recursos Energéticos, Engenharia Mecânica e Eletrônica.

Segundo os autores (UENG 2007) o *NSRRC* trabalha com dispositivos e instrumentos que geram a radiação *synchrotron*, que é utilizada por várias empresas e pesquisadores. O sistema de alerta criado faz o monitoramento desses dispositivos e, caso ocorra algum sinal crítico, uma breve mensagem de texto (*SMS*) é enviada imediatamente para os técnicos responsáveis. O *NSRRC* possui um sistema de controle composto por cinco camadas, conforme apresentado na Figura 2.13.

Figura 2.13 - Infraestrutura do sistema de controle da NSRRC.



Fonte: Ueng (2007).

As duas camadas inferiores são basicamente camadas de hardware. Os dispositivos de Entrada e Saída (*Input Output - IO*) são responsáveis pela aquisição dos valores. Os Controladores fornecem as funções básicas de controle da máquina. A camada de processamento de dados é responsável por recolher todos os dados das camadas inferiores e utilizar algoritmos complexos para o processamento dos dados. A camada de serviço fornece o armazenamento dos dados adquiridos e prover funções de acesso para outros programas. No nível do usuário existe uma interface amigável e flexível que é usada para monitorar, comparar e analisar todos os sinais disponíveis.

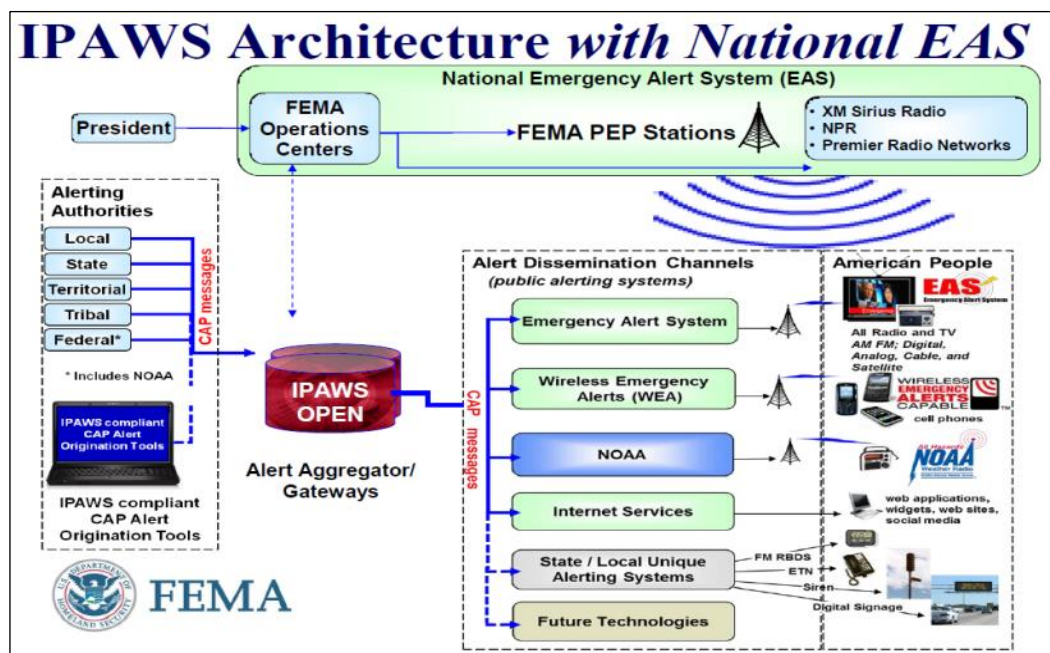
O sistema de alerta atua na camada de processamento dos dados. O sistema verifica o arquivo de dados com os sinais em tempo real dos dispositivos e compara com os limites superiores e inferiores. Se o valor estiver fora dos limites estipulados, irá ocorrer o disparo de um *SMS* para os técnicos responsáveis por aquele dispositivo.

Finalizando, este trabalho apresenta mais um significativo exemplo da utilização de um sistema de alerta que objetiva, em linhas gerais, evitar danos e prejuízos; neste caso, trata-se do monitoramento de instrumentos que geram radiação *synchrotron*. Sistemas de alerta podem ser utilizados em várias áreas, entretanto observa-se que a tecnologia empregada é semelhante, neste caso, o uso dos *SMS*.

2.2.10 Wireless Emergency Alerts

O sistema de alerta descrito nessa subseção trata-se de um módulo do complexo sistema de alerta atuante nos *EUA*, o *IPAWS - Integrated Public Alert and Warning System* (FEMA 2013). Este sistema integrado é composto por vários sistemas de alerta, entre eles encontra-se o sistema *WEA - Wireless Emergency Alerts*, que trabalha com a divulgação dos alertas via *Wireless*. A arquitetura geral do *IPAWS* é apresentada na Figura 2.14.

Figura 2.14 - Arquitetura do Sistema de Alerta Integrado.



Fonte: FEMA (2013).

Observa-se que existem seis canais de distribuição do alerta: o *Emergency Alert System (EAS)* divulga os alertas por meio das rádios a televisão AM FM, seja digital, analógica, a cabo ou via satélite; o *WEA* por meios sem fio, como celulares; o *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* via *Weather Radio*; a *Internet Services* por meio de aplicações *Web*; o *State/Local Unique Alerting Systems* por meio dos telefones convencionais, sirenes e Sinais Digitais nas estradas e o canal *Future Technologies* se preocupa em pesquisar e agregar novos meios de divulgação.

O *WEA* é o único canal que o *IPAWS* utiliza para enviar o alerta de emergência via *Wireless* (meio sem fio). Permite que as autoridades de segurança pública enviem uma mensagem com 90 caracteres para todos os celulares em uma zona de perigo e utiliza a tecnologia “*cell broadcast*”, utilizada para evitar o congestionamento da rede, além disso, os cidadãos podem optar por não receber os alertas.

Finalizando, este Sistema de Alerta utiliza praticamente todos os meios possíveis para enviar a mensagem, confirmando a afirmativa inicial do capítulo que “a redundância, neste caso, é benéfica”. O diferencial neste sistema é que ele não se baseia em um banco de dados de números de telefones, o alerta é enviado a todos os cidadãos que optaram por recebê-lo.

2.2.11 Análise das Contribuições

Os sistemas visitados possuem finalidades diversas e arquiteturas distintas. Observa-se que um Sistema de Alerta é utilizado para os mais variados fins, seja no comércio, em órgãos do governo ou em indústrias diversas. A partir dos trabalhos analisados verificou-se algumas características pertinentes, dentre elas:

- a) sistema inteligente – Utiliza alguma forma de Inteligência Artificial para auxiliar no envio do alerta ou até mesmo enviar o alerta automaticamente;
- b) envio por *SMS* – Um canal ou meio de comunicação que utiliza a tecnologia sem fio e envia mensagens de texto curta para os celulares dos usuários;

- c) envio por *E-mail* – Outro canal que utiliza o Correio Eletrônico (*E-mail*) como forma de divulgação do alerta;
- d) recibo da entrega – Exige um recibo de entrega por parte da operadora do canal;
- e) confirmação da entrega – Exige que os usuários confirmem o recebimento do alerta de alguma forma.

Entre o recibo da entrega e a confirmação da entrega existe uma diferença sutil. Por exemplo, em relação ao *SMS*, o recibo da entrega deve ser confirmado pela operadora que enviou o *SMS*, indicando que o alerta foi recebido no celular do destinatário; a confirmação da entrega apresenta uma confirmação do próprio usuário indicando que recebeu o alerta e está informado sobre o seu conteúdo. Um usuário pode receber um alerta em seu celular, mas por algum motivo não o ler, encontrando-se desavisado do seu conteúdo.

Na Tabela 2.3 são relacionadas as características destacadas com os respectivos trabalhos. Na tabela os números de 1 a 10 referem-se aos trabalhos visitados, sendo: (1) Sistema Multiagente para Alertas Meteorológicos; (2) Sistema Automático de Monitoramento Meteorológico; (3) Sistema Abacus; (4) Sistema Ok-First; (5) Sistema O₃RTAA; (6) Sistema de Alerta de Inundações; (7) Sistema de alerta para deslizamentos de terra; (8) Sistema de alerta de inundação; (9) Sistema de alerta para a NSRRC; e (10) *Wireless Emergency Alerts*.

Tabela 2.3 - Características destacadas nos trabalhos visitados.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sistema Inteligente	X		X		X					
Envio por SMS		X			X	X	X	X	X	X
Envio por E-mail	X		X		X					X
Recibo da Entrega				X						
Confirmação da Entrega	X			X				X	X	X

Fonte: Elaborado pelo autor.

A marcação X indica que foram encontradas, dentro dos artigos analisados, evidências da presença da característica. Os espaços em branco não significam necessariamente que o ambiente não contempla o aspecto, mas que não foi identificado na investigação realizada.

2.3 Conclusões do capítulo

Embora não haja uma homogeneidade entre os trabalhos analisados, observa-se que algumas características são mais utilizadas do que outras. O envio do alerta por *SMS* tem sido largamente utilizado (70% dos trabalhos investigados), enquanto o recibo da entrega foi utilizado apenas no trabalho Morris (2001). Outras características importantes são a utilização de outro canal para o envio do alerta, neste caso e *E-mail*, e a confirmação da entrega (utilizado em 50% dos trabalhos investigados).

A união de um SMA com o Sistema de Alerta é proveitosa porque combina a praticidade que os Agentes oferecem com a agilidade que o alerta necessita. Os Agentes podem desempenhar várias funções automaticamente, algumas triviais, mas que em conjunto sobrecarregam os operadores do Sistema de Alerta. Com o apoio do SMA os operadores são liberados para realizar outras tarefas com mais tranquilidade, tendo em vista que o momento do envio do alerta e os minutos que o sucedem são cruciais para que os responsáveis sejam avisados e que as medidas cabíveis sejam tomadas.

Existem outros trabalhos investigados que não foram detalhados pelo motivo de não abordarem especificamente o objetivo desta pesquisa, e, além disso, por questão de espaço e para não tornar a leitura cansativa. Entretanto possuem alguns elementos que são relevantes conhecer. Por este motivo serão apresentados resumidamente estes trabalhos com o objetivo de esclarecer mais o estado da arte em Sistemas de Alerta e suas aplicações.

O trabalho de Choi (2007) apresenta uma taxonomia de serviços de radiodifusão em Sistemas de Alerta; o trabalho contribui no sentido de servir como referência para o desenvolvimento de alertas de emergência e padrões de serviços para sistemas de transmissão.

A pesquisa de Arrue (2000) descreve uma abordagem alternativa para aumentar a confiabilidade na detecção de incêndios florestais. O sistema aplica o processamento de imagens em dados captados por sensores infravermelhos juntamente com técnicas de Redes Neurais Artificiais, que adicionam informações aos sensores meteorológicos por meio da redundância de informações, desta forma, desenvolvem uma função de decisão mais precisa.

O monitoramento remoto das condições costeiras em locais de uso público é uma aplicação em crescimento na área da Tecnologia da Informação. Pesquisas de Browne (2005) apresenta um sistema que utiliza câmeras e fornece uma fonte relativamente barata e potencialmente rica de informações.

A difusão via *SMS* está cada vez mais sendo utilizada para disseminar informações críticas durante emergências. Uma pesquisa realizada por Traynor (2011) apresenta uma extensa investigação e caracterização das limitações de um sistema de alerta que utiliza *SMS* como mecanismo de resposta a incidentes de segurança. O trabalho de Farnham (2006) também apresenta um estudo sobre a utilização de *SMS*.

O tempo desempenha um papel importante em muitas áreas, como por exemplo, a agricultura. O trabalho de Mateo (2008) apresenta o desenvolvimento de um protótipo de um sistema de detecção de observações meteorológicas que controla a qualidade dos dados e garante dados agro-meteorológicos livres de erros, além disso, o sistema tem a capacidade de estimar valores para parâmetros meteorológicos.

Uma resposta rápida e eficiente a uma emergência é de suma importância para uma população em perigo. A pesquisa de NG (2006) apresenta um modelo conceitual para uma rede de transportes de respostas de emergência. A rede considera a integração de diversas informações dos departamentos governamentais e dos serviços públicos através da *Web*. O desafio é encontrar um caminho eficiente para a mensagem, considerando o custo-benefício, de forma inteligente.

Devido às várias limitações das formas de disseminação dos alertas, o trabalho de Gioachin (2007) explora a ideia da divulgação de alertas por meio de fonte *RSS - Really Simple Syndication* (GREGORIO 2013). Os experimentos mostraram que esta tecnologia obtém um rendimento aceitável, mesmo com políticas de acesso complexas e diversificadas.

Levando em consideração a crescente tendência para o uso da *Internet*, o trabalho de Verma (2005) descreve as várias opções para a concepção de um Sistema de Alerta de Emergência para os usuários da *Internet* considerando os desafios técnicos associados com cada opção.

Há ainda outros Sistemas de Alerta para os quais não se encontraram as descrições formais. Podemos citar o *Global Disaster Alert and Coordination System – GDACS* (GROEVE 2006) e o *Geo-Targeted Alerting System – GTAS* (DORHOUT 2008), que correspondem a Sistemas de Alerta que consideram informações de desastres biológicos e ações terroristas.

Como era possível antever, não foi encontrado um Sistema de Alerta que contemplasse todas as funcionalidades requeridas neste projeto. Entretanto, é bom salientar que os sistemas visitados contêm as características que combinadas podem formar a base da solução do sistema pretendido nesta dissertação. Um diferencial, que é necessário na nova concepção, é a necessidade de prover o Sistema de Alerta de proatividade, uma vez que é desejável que algumas tarefas básicas sejam realizadas automaticamente. No capítulo seguinte é apresentada uma estrutura que concilia todas as características mencionadas em um único projeto.

CAPÍTULO 3

ANÁLISE E PROJETO DO SISTEMA

Neste capítulo serão apresentadas a Análise e o Projeto que foram elaborados para a concepção deste trabalho. Foram realizados dois tipos de modelagem: a página *Web* do Sistema de Alerta foi modelada utilizando técnicas de Engenharia de Software e diagramas da *UML*, conforme apresentado na seção 3.1; o Sistema Multiagente (SMA), que apoia o Sistema de Alerta, foi modelado utilizando a metodologia *MaSE*, conforme apresentado na seção 3.2.

Este trabalho não pretende substituir os meios tradicionais de envio de alerta e mobilização. O presente Sistema de Alerta Meteorológico da Amazônia (SAMAM) tem por finalidade prestar um serviço de apoio ao envio maciço de alertas em decorrência de algum EME, além de contribuir para uma melhor comunicação e mobilização das equipes de emergência.

Vale salientar que este sistema auxilia apenas na parte do envio do alerta em si. A coleta das informações e a análise das variáveis referentes aos eventos meteorológicos é um processo que é elaborado antes da atuação deste sistema. Este sistema é alimentado por estas conclusões e auxilia na parte de envio do alerta.

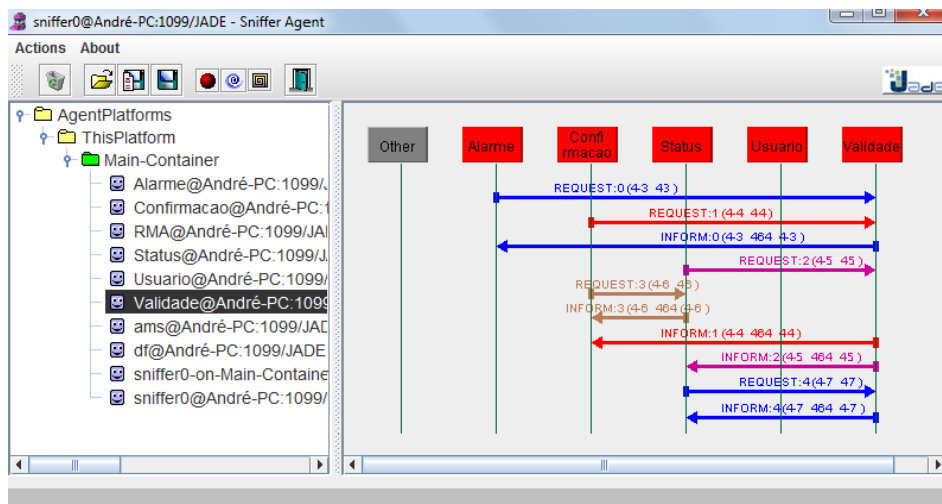
O SMA desenvolvido fornece um serviço de auxílio ao usuário que começa desde a autenticação, passando pelo momento da edição e envio do alerta, confirmação do recebimento do alerta, validade do alerta, e se estende até o momento da verificação do *status* do alerta.

A Figura 3.1 apresenta a arquitetura geral do sistema e como funciona o processo de comunicação entre os Agentes Inteligentes (AIs). O comportamento de cada um deles é descrito da seguinte maneira:

- a) **Agente *Usuário***: verifica se o usuário entrou no ambiente (por meio da autenticação) e gerencia todas as ações do usuário por meio do *log*. Este Agente

A troca de mensagens entre os Agentes acontece por meio do protocolo FIPA (FIPA_ACM, 2002). Para um maior detalhamento desta comunicação, apresenta-se uma tela do *framework* JADE com a atuação do Agente *Sniffer*; que corresponde a um Agente do próprio JADE que apresenta graficamente a comunicação dos Agentes que estão sendo executados, conforme apresentado na Figura 3.2.

Figura 3.2 - Agente *Sniffer* mostrando a comunicação dos Agentes do SAMAM.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os Agentes *Alarme*, *Confirmação* e *Status* enviam requisições ao Agente *Validade* perguntando se o alerta ainda está ocorrendo (Request:0, Request:1, Request:2, Request:4); o Agente *Validade* responde a estas requisições positivamente (Inform:0, Inform:1, Inform:2, Inform:4). O Agente *Confirmação*, antes de reenviar os alertas novamente aos usuários que não confirmaram, pergunta ao Agente *Status* se o alerta ainda está válido (Request:3); o Agente *Status* responde a solicitação (Inform:3) positivamente. O Agente *Usuário* trabalha exclusivamente monitorando os usuários e não mantém comunicação com os outros Agentes.

A Figura 3.1 mostra ainda outros elementos participantes do sistema que são a Interface Gráfica do Ambiente, o Servidor, o *Modem GSM* (que será utilizado para enviar os alertas por meio de *SMS*), o Banco de Dados do Sistema (BDS), o Administrador do Ambiente e o Usuário comum.

Na subseção seguinte serão apresentados alguns diagramas da *UML* com o objetivo de modelar o Sistema de Alerta que foi desenvolvido.

3.1 Casos de Uso e Diagramas de Sequência do Sistema de Alerta

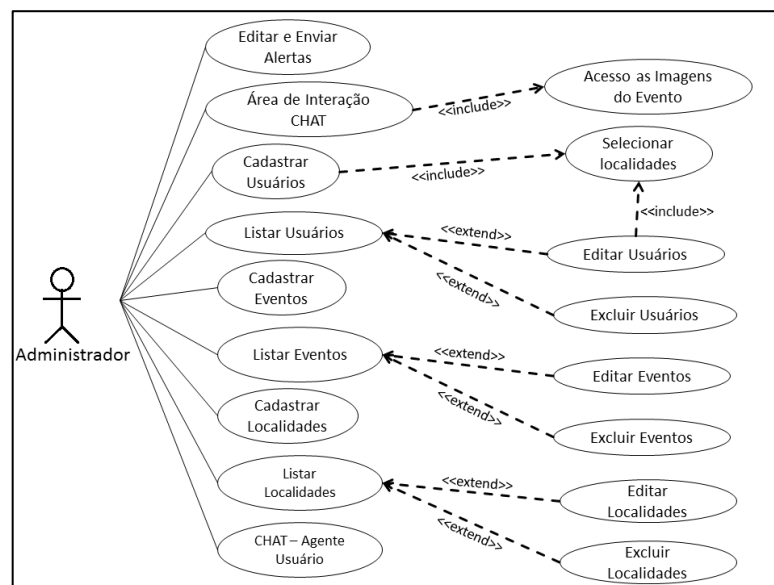
Os Casos de Uso (CASUs) são ferramentas muito utilizadas em Programação Orientada a Objeto (POO), pois utilizam os diagramas para identificar, em alto nível, o funcionamento de um sistema. São responsáveis por detalhar o comportamento total ou parcial do sistema, apresentando a descrição dos principais atores que compõe o ambiente.

Nesta subseção serão mostrados alguns CASUs deste sistema, além de Diagramas de Sequência (DSs) que os especificam. Além dos cinco Agentes já citados no início desta seção, há ainda mais dois atores: administrador e usuário comum. São, portanto, sete atores neste sistema, seus CASUs e DSs serão descritos nas subseções seguintes.

3.1.1 Ator envolvido: o Administrador

O Administrador refere-se ao usuário com o mais alto nível de privilégios no sistema. Este usuário tem acesso a todas as funcionalidades do sistema, e é responsável por editar e enviar os alertas. Além disso, é responsável por realizar todos os cadastros e atualizações que são imprescindíveis para o funcionamento do sistema. A Figura 3.3 ilustra o que o ator Administrador pode fazer no SAMAM, por meio da visualização dos seus CASUs Base e seus relacionamentos. A descrição dos CASUs encontra-se no Apêndice A.

Figura 3.3 - Caso de Uso do ator Administrador.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Casos de Uso Base:

- a) **Editar e Enviar Alertas** – ao acessar ao SAMAM, o Administrador visualizará a área de Edição e Envio de Alertas; é nesta área que os alertas serão editados e enviados para todos os usuários responsáveis pela localidade afetada; este CASUs corresponde a principal funcionalidade do sistema;
- b) **Área de Interação (CHAT)** – esta área possibilita a comunicação dos usuários do sistema por meio de um *Chat* de interação; também nesta área os usuários poderão discutir sobre os eventos extremos que estão acontecendo por meio do acesso as imagens do evento. Por ser o Administrador, este ator possui funções administrativas no *Chat*, reservadas somente a ele;
- c) **Cadastrar Usuários** – nesta área o Administrador poderá cadastrar os usuários do SAMAM. Apenas usuários cadastrados poderão ter acesso ao sistema, podem ser cadastrados tanto usuários Administradores como usuários comuns;
- d) **Listar Usuários** – esta funcionalidade apresenta uma lista com todos os usuários do sistema. Nesta área é possível alterar ou excluir as informações dos usuários;
- e) **Cadastrar Eventos** – nesta área é possível realizar o cadastro dos eventos extremos. É nesta parte que a imagem no formato *gif* será carregada e ficará disponível na área de interação;
- f) **Listar Eventos** – esta área apresenta uma lista com todos os eventos cadastrados no sistema. É possível alterar as informações dos eventos ou excluí-los;
- g) **Cadastrar Localidades** – tem a função de cadastrar as localidades de atuação do SAMAM. As localidades podem incluir um município, bairro ou região, fica a critério do administrador do sistema;
- h) **Listar Localidades** – apresenta uma lista com todas as localidades cadastradas. Nesta área é possível alterar ou excluir as informações das localidades;
- i) **CHAT – Agente Usuário** – nesta área o Agente *Usuário* interage com o Administrador por meio de um *Chat*. Todas as ações dos usuários do sistema são monitoradas e apresentadas ao Administrador por meio de postagens feitas pelo Agente *Usuário* em um *Chat*.

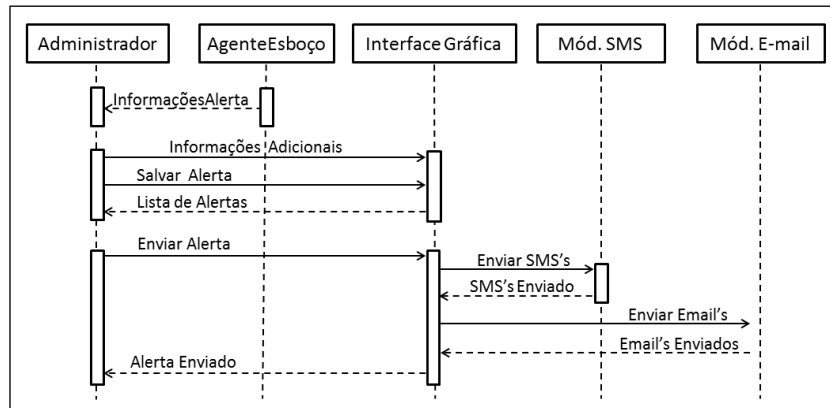
Relacionamentos dos Casos de Uso Base:

- a) **Acesso as Imagens do Evento** – nesta área é disponibilizada uma imagem animada (*gif*) do evento que está ocorrendo. Esta imagem é visível aos participantes do *Chat* e possibilita a discussão do evento por meio da análise das imagens e a comunicação por meio do *Chat*;
- b) **Selecionar Localidades** – nesta área é possível realizar a seleção das localidades que cada usuário ficará responsável. Cada usuário é responsável por no mínimo uma localidade, conforme as localidades que cada usuário é cadastrado, o mesmo receberá os alertas que forem emitidos;
- c) **Editar Usuários** – tem função de realizar a atualização dos dados cadastrais dos usuários, bem como a alteração das localidades de sua responsabilidade;
- d) **Excluir Usuários** – funcionalidade responsável por excluir os usuários que não tem mais permissão de acessar o sistema;
- e) **Editar Eventos** – responsável por realizar a edição das informações relativas aos eventos extremos, caso necessário;
- f) **Excluir Eventos** – caso não haja mais necessidade do evento no sistema ou por outro motivo qualquer, o evento poderá ser excluído nesta função;
- g) **Editar Localidades** – nesta área as localidades poderão ser atualizadas em relação a suas informações;
- h) **Excluir Localidades** – funcionalidade responsável pela exclusão de uma localidade, caso necessário.

Diagrama de Sequência do Caso de Uso – Editar e Enviar Alertas

Este diagrama específico está sendo mostrado na Figura 3.4. Ele representa a sequência de eventos que ocorrem no CASU Editar e Enviar Alertas. O CASU é iniciado após o Administrador ter acessado o SAMAM; apresenta os passos e a interação entre as classes e módulos para a concretização do objetivo, que é enviar o alerta para as pessoas responsáveis da região afetada.

Figura 3.4 - Diagrama de Sequência do Caso de Uso Editar e Enviar Alertas.



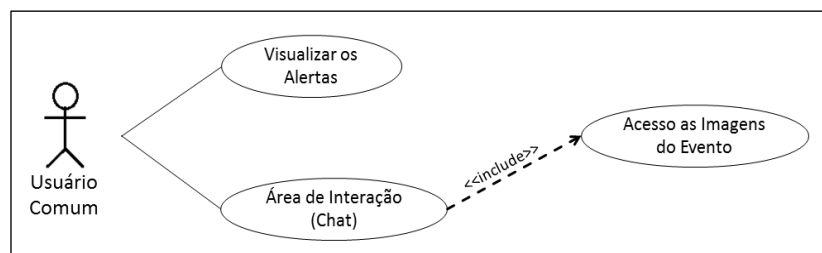
Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao entrar no SAMAM, o Administrador recebe o esboço do alerta, preenche as informações adicionais e salva o alerta, a Interface Gráfica devolve a lista de alertas cadastrados, o Administrador solicita o envio do alerta, a Interface Gráfica solicita o envio do alerta por meio *SMS* e *E-mail* e uma vez confirmado o envio pelos módulos de *SMS* e *E-mail*, a Interface informa ao Administrador que o alerta foi enviado.

3.1.2 Ator envolvido: o Usuário Comum

O Usuário Comum refere-se ao usuário com privilégios limitados no sistema. Este usuário tem acesso apenas à visualização dos alertas cadastrados e a área de interação com a respectiva imagem dinâmica do evento extremo que está ocorrendo. A Figura 3.5 ilustra o que o ator Usuário Comum pode fazer no SAMAM, por meio da visualização dos seus CASUs e seus relacionamentos.

Figura 3.5 - Caso de Uso do ator Usuário Comum.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Casos de Uso Base:

- a) **Visualizar os Alertas** – diferente do Administrador, o Usuário Comum, ao acessar o SAMAM apenas visualizará os alertas que estiverem cadastrados com as suas respectivas informações;
- b) **Área de Interação (Chat)** – esta área tem a mesma função que foi descrita para o CASU do ator Administrador, com a diferença que o Usuário Comum não possui acesso a algumas funcionalidades administrativas do *Chat*.

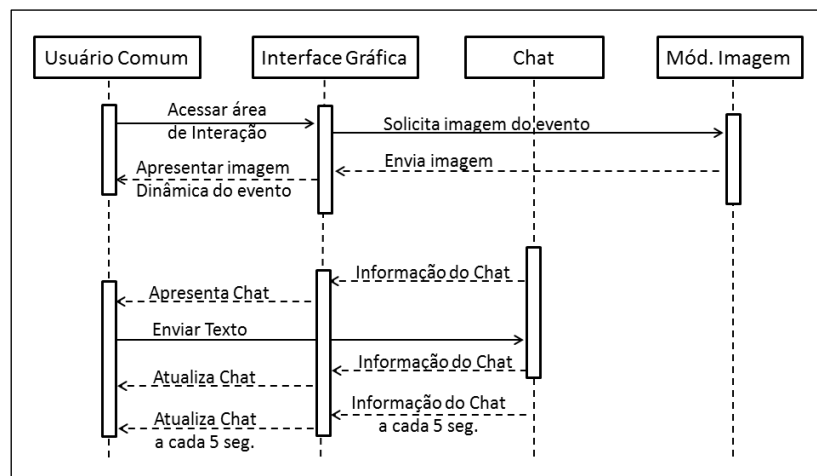
Relacionamento dos Casos de Uso Base

- a) **Acesso as Imagens do Evento** – esta área tem a mesma função que foi descrita para o CASU do ator Administrador.

Diagrama de Sequência do Caso de Uso – Área de Interação (Chat)

Este diagrama específico está sendo mostrado na Figura 3.6. Ele representa a sequência de eventos que ocorrem no CASU Área de Interação (*Chat*). O CASU é iniciado após o Usuário Comum ter acessado a Área de Interação.

Figura 3.6 - Diagrama de Sequência do Caso de Uso Área de Interação (*Chat*).



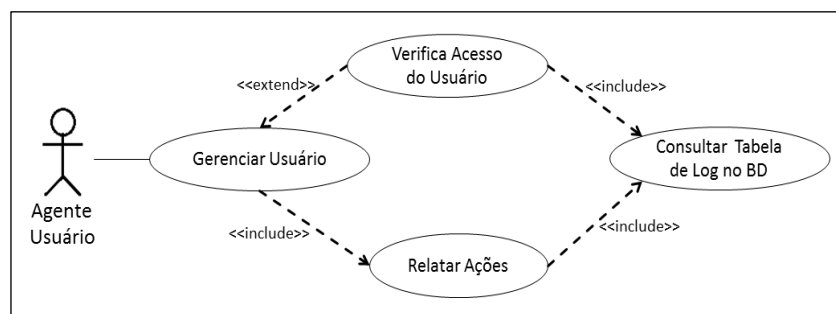
Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao acessar a Área de Interação, o Usuário Comum tem acesso a imagem do evento que está ocorrendo, no *Chat* o ator poderá conversar em tempo real com outros usuários que estiverem acessando o SAMAM naquele momento, os textos apresentados são atualizadas a cada cinco segundos, ou quando o Usuário envia um texto ao *Chat*.

3.1.3 Ator envolvido: o Agente *Usuário*

O Agente *Usuário* refere-se um AI que gerencia todas as ações do usuário por meio do *log*. Este Agente monitora as ações do usuário e a informa ao administrador. A Figura 3.7 apresenta o que o ator Agente *Usuário* pode fazer no SAMAM, por meio dos seus CASUs e relacionamentos de inclusão.

Figura 3.7 - Caso de Uso do Agente *Usuário*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Caso de Uso Base:

- a) **Gerenciar Usuário** – nesta funcionalidade o Agente *Usuário* monitora todas as ações dos Usuários para elaborar um relatório que é apresentado ao Administrador do SAMAM.

Relacionamentos do Caso de Uso Base:

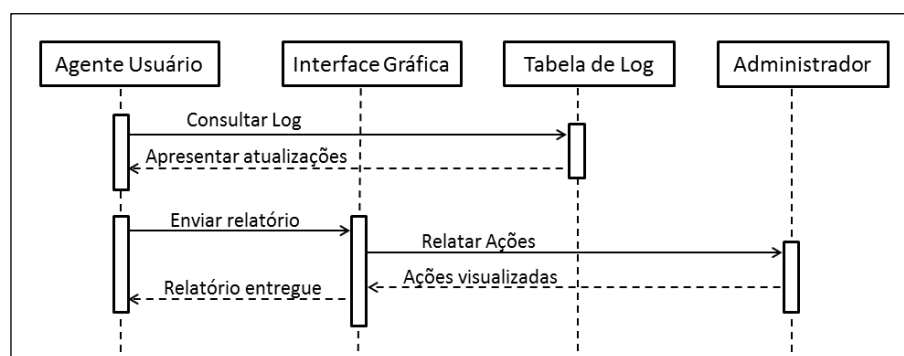
- a) **Verifica Acesso do Usuário** – neste CASU o Agente *Usuário* percebe que o Usuário acessou o SAMAM, por meio do acesso a tabela de *log* no BD (Banco de Dados), e o inclui no grupo de relatórios para o Administrador;

- b) **Relatar Ações** – o *Agente Usuário* apresentará as informações dos Usuários para o Administrador do SAMAM em uma área reservada para esta finalidade;
- c) **Consultar Tabela de Log no BD** – este CASU é executado a cada 5 segundos e tem a finalidade de realizar consultas à tabela do *log* do SAMAM e verificar alterações nas ações dos Usuários.

Diagrama de Sequência do Caso de Uso – Gerenciar Usuário

Este diagrama específico está sendo apresentado na Figura 3.8. Ele representa a sequência de eventos que ocorrem no CASU Gerenciar Usuário. O CASU é iniciado quando são detectadas alterações no *log* do SAMAM.

Figura 3.8 - Diagrama de Sequência do Caso de Uso Gerenciar Usuário.



Fonte: Elaborado pelo autor.

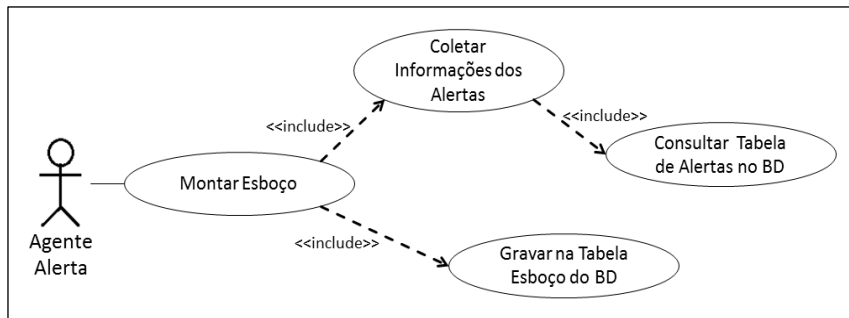
O *Agente Usuário* realiza consultas à tabela de *Log* do SAMAM e recebe as atualizações das ações dos Usuários; logo após, o Agente envia o relatório das ações dos Usuários ao Administrador por meio da Interface Gráfica.

3.1.4 Ator envolvido: o Agente *Alerta*

O *Agente Alerta* refere-se ao AI responsável por elaborar um esboço do alerta por meio da consulta ao histórico de alertas enviados. O objetivo deste esboço é contribuir para que o alerta seja elaborado no menor tempo possível, permitindo mais agilidade no processo

do envio do alerta. A Figura 3.9 apresenta o que o ator *Agente Alerta* pode fazer no SAMAM, por meio dos seus CASUs e relacionamentos de inclusão.

Figura 3.9 - Caso de Uso do Agente Alerta.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Caso de Uso Base:

- a) **Montar Esboço** – por meio das informações obtidas no CASU Coletar Informações dos Agentes, o esboço será elaborado levando em consideração o histórico de alertas enviados.

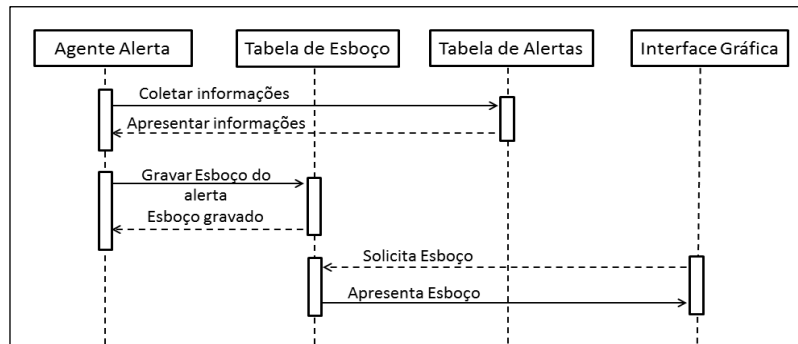
Relacionamento do Caso de Uso Base:

- a) **Coletar Informações dos Alertas** – este CASU é responsável por realizar a coleta das informações dos últimos alertas que foram enviados para elaborar o esboço do próximo alerta;
- b) **Consultar Tabela de Alertas no BD** – neste CASU o *Agente Alerta* realizará as consultas na tabela de alertas visando recolher as informações dos últimos alertas enviados;
- c) **Gravar na Tabela Esboço do BD** – o *Agente Alerta* realiza a atualização na tabela de esboço do alerta, para que o próximo alerta a ser enviado esteja parcialmente editado.

Diagrama de sequência do Caso de Uso – Montar Esboço

Este diagrama está sendo apresentado pela Figura 3.10. Ele representa a sequência de eventos que ocorrem no CASU Montar Esboço. O CASU é iniciado quando o Administrador acessa a área de Edição e Envio do Alerta.

Figura 3.10 - Diagrama de Sequência do Caso de Uso Montar Esboço.



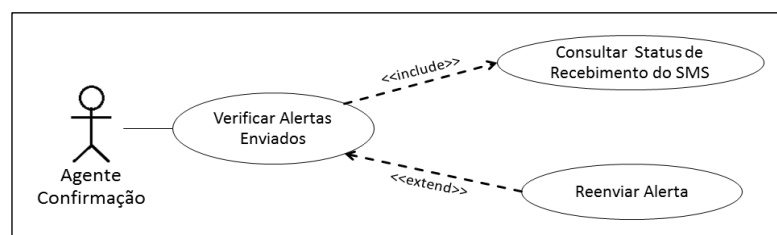
Fonte: Elaborado pelo autor.

O Agente *Alerta* realiza a coleta das informações dos alertas anteriores por meio da tabela de alertas, realiza a elaboração do esboço do alerta e grava-o na tabela de esboço, e por fim, quando o Administrador acessar a Área de Edição e Envio do Alerta ele terá acesso ao esboço do alerta previamente preenchido.

3.1.5 Ator envolvido: o Agente *Confirmação*

O Agente *Confirmação* refere-se ao AI responsável por verificar se os alertas enviados via *SMS* foram recebidos corretamente, caso contrário o Agente reenviará novamente o alerta para os Usuários que não o receberam, enquanto o alerta continuar válido. A Figura 3.11 ilustra o que o ator Agente *Confirmação* pode fazer no sistema.

Figura 3.11 - Caso de Uso do Agente *Confirmação*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Caso de Uso:

- a) **Verificar Alertas Enviados** – neste CASU o Agente *Confirmação* realiza uma verificação no *status* de recebimento do *SMS* com o objetivo de detectar se algum usuário não foi alertado.

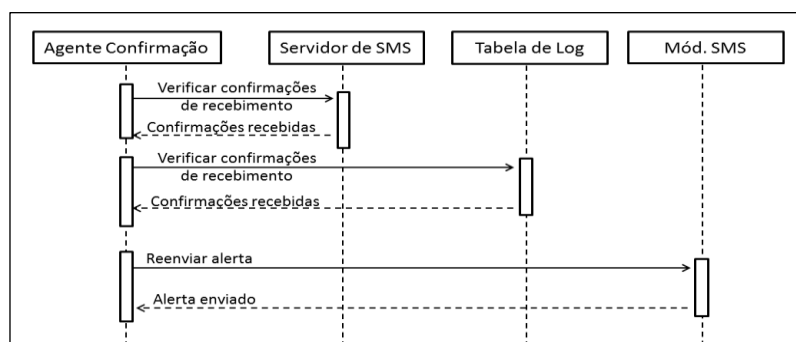
Relacionamentos do Caso de Uso Base:

- a) **Consultar *Status* de Recebimento do *SMS*** – esta consulta é realizada de duas maneiras: o Agente *Confirmação* analisará a tabela dos *SMSs* enviados em relação ao *status* de cada *SMS* (recebido ou não recebido) e também analisará a tabela de *log* do sistema, objetivando detectar se o usuário está acessando o SAMAM;
- b) **Reenviar *SMS*** – caso as duas verificações do CASU Consultar *Status* de Recebimento do *SMS* forem negativas, o Agente *Confirmação* reenviará o alerta para os usuários que não o receberam.

Diagrama de Sequência do Caso de Uso – Verificar Alertas Enviados

Este diagrama retrata o CASU Verificar Alertas Enviados que ocorre logo após o envio de um alerta, conforme apresentado na Figura 3.12.

Figura 3.12 - Diagrama de Sequência do Caso de Uso Verificar Alertas Enviados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

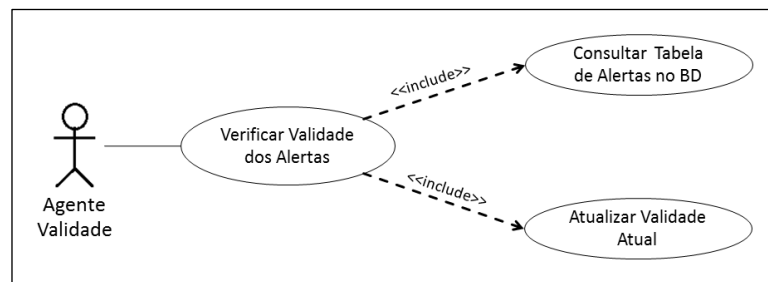
O Agente *Confirmação* realiza a verificação no Servidor de *SMS* objetivando detectar se algum *SMS* não foi recebido. É realizada também a verificação na tabela de *log* do

sistema, se o usuário estiver acessando o SAMAM subintende-se que o mesmo está informado sobre o evento extremo; logo após, os alertas são reenviados para os Usuários que não receberam o SMS e que não estão acessando o SAMAM.

3.1.6 Ator envolvido: o Agente *Validade*

O Agente *Validade* refere-se ao AI responsável por atualizar a validade atual do alerta. Existem dois campos de validade: a validade inicial refere-se ao tempo total em que o alerta foi emitido, este campo é estático; a validade atual refere-se ao tempo estimado que falta para o evento previsto ocorrer, este campo é dinâmico e será atualizado pelo Agente em questão. A Figura 3.13 ilustra o que o ator Agente *Validade* pode fazer no sistema.

Figura 3.13 - Caso de Uso do Agente *Validade*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Caso de Uso Base:

- a) **Verificar a Validade dos Alerta** – neste CASU o Agente *Validade* verificará a validade do alerta para atualizá-lo em relação a sua validade atual. Essa atualização é importante para o acompanhamento do evento e para que as medidas necessárias sejam tomadas conforme o tempo restante da validade.

Relacionamentos do Caso de Uso Base:

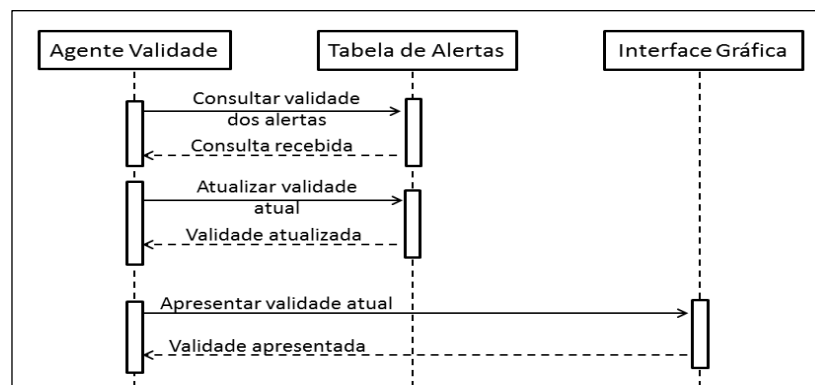
- a) **Consultar Tabela de Alertas no BD** – o Agente *Validade* realizará uma consulta a tabela de alertas para verificar se o alerta ainda está ocorrendo e para calcular a validade atual;

- b) **Atualizar Validade Atual** – se o alerta ainda estiver ocorrendo o Agente *Validade* atualizará a validade atual do alerta e o apresentará na área de alertas.

Diagrama de Sequência do Caso de Uso – Verificar Validade dos Alertas

Este diagrama está sendo apresentado na Figura 3.14. Ele representa a sequência de eventos que ocorrem no CASU Verificar Validade dos Alertas. O CASU é iniciado após o alerta ser enviado para os Usuários responsáveis.

Figura 3.14 - Diagrama de Sequência do Caso de Uso Verificar Validade dos Alertas.



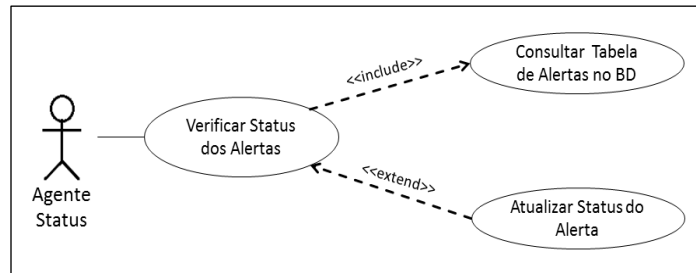
Fonte: Elaborado pelo autor.

O Agente *Validade* realiza uma consulta à tabela de alertas do sistema objetivando recuperar as informações necessárias para o cálculo da validade atual; além disso, ele verifica se o alerta ainda está ocorrendo; caso afirmativo o Agente atualiza a validade atual e apresenta a informação na Interface Gráfica.

3.1.7 Ator envolvido: o Agente *Status*

O Agente *Status* refere-se ao AI responsável por atualizar o *status* dos alertas. Existem dois tipos de *status*: “Ocorrendo”, indicando que o alerta ainda está válido, e, “Expirado”, indicando que o alerta não é válido, ou seja, o evento já aconteceu ou está acontecendo no momento. A Figura 3.15 ilustra o que o Agente *Status* pode fazer no sistema por meio do seu CASU Base e seus relacionamentos.

Figura 3.15 - Caso de Uso do Agente *Status*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Caso de Uso Base:

- a) **Verificar *Status* dos Alertas** – neste CASU o Agente *Status* realiza a verificação no *status* dos alertas. A atualização do *status* do alerta é importante para apresentar aos usuários a situação atual do alerta e para que possíveis medidas urgentes sejam tomadas por parte das autoridades competentes.

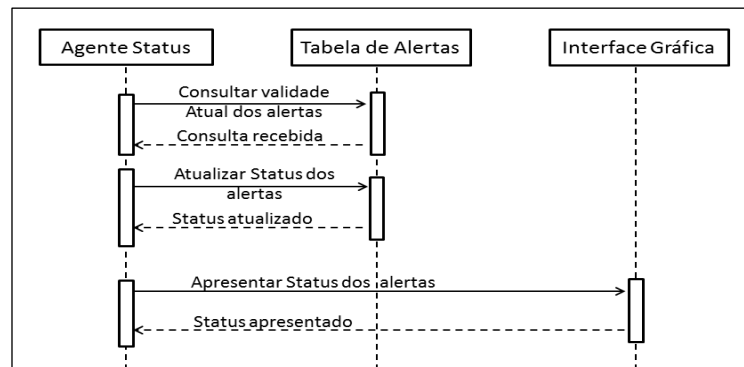
Relacionamentos do Caso de Uso Base:

- a) **Consultar Tabela de Alertas no BD** – o Agente *Status* realizará uma consulta à tabela de alertas para verificar a validade atual do alerta, objetivando descobrir se o alerta ainda está ocorrendo ou não;
- b) **Atualizar *Status* do Alerta** – baseado nas informações obtidas no CASU Consultar Tabela de Alertas no BD, o Agente *Status* atualiza os *Status* dos alertas na Interface Gráfica.

Diagrama de Sequência do Caso de Uso – Verificar *Status* dos Alertas

O CASU é iniciado após o alerta ter sido enviado. A sequência dos eventos que ocorrem no CASU Verificar *Status* dos Alertas é ilustrada no Diagrama de Sequência apresentado na Figura 3.16.

Figura 3.16 - Diagrama de Sequência do Caso de Uso Verificar *Status* dos Alertas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Agente *Status* realiza uma consulta na tabela de alertas a fim de verificar se a validade do alerta expirou; caso afirmativo o Agente atualiza o *status* do alerta para “Expirado” e apresenta as informações na Interface Gráfica.

Baseado nos CASUs e nos DS apresentados nesta seção, na seção seguinte será apresentada a modelagem do SMA utilizando a metodologia *MaSE*.

3.2 Modelagem do SMA Utilizando a *MaSE*

A escolha da metodologia *MaSE* para modelar o SMA apresentado neste trabalho é justificada pela flexibilidade de se atingir os objetivos do sistema a partir das suas especificações iniciais obtidas na seção 3.1; desta mesma forma o SMA apresentado por Souza e Netto (2010) foi modelado e desenvolvido. Os diagramas permitem associar os Agentes a papéis dentro do SAMAM, que executam tarefas específicas e trocam mensagens baseadas em protocolos planejados para este objetivo (FIPA_ACM, 2002). A *MaSE* se divide em duas fases: a fase de Análise e a fase de Projeto do SMA, conforme será apresentado nas subseções seguintes.

3.2.1 Fase de Análise

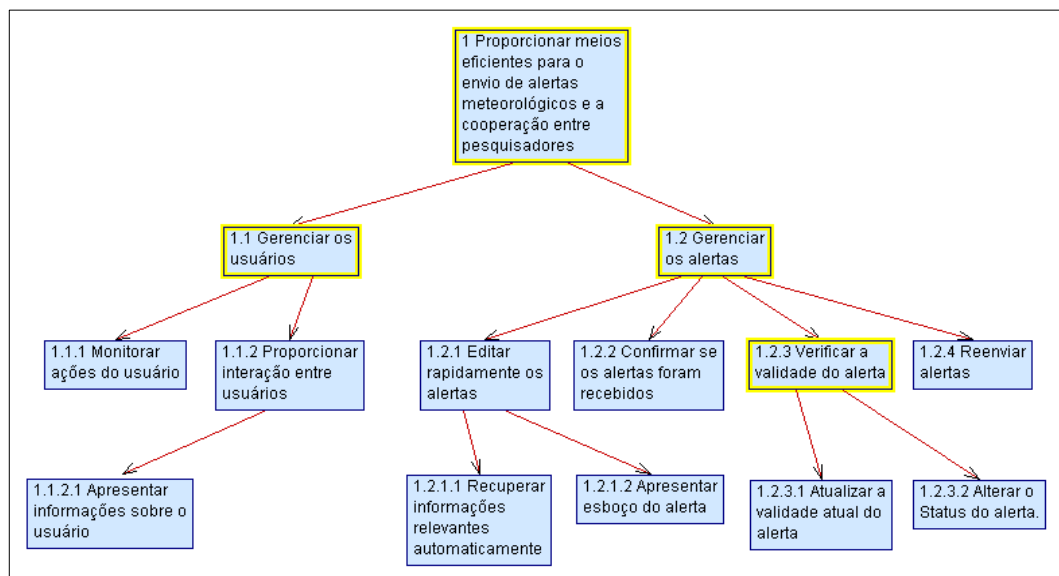
Nesta subseção serão apresentadas duas etapas que compõem a fase de Análise da Metodologia *MaSE*. A captura dos Objetivos do Sistema e o Refinamento dos Papéis, que

objetivam construir um conjunto de papéis que descreverão o que o sistema deve fazer para cumprir com os seus objetivos iniciais.

Capturando os Objetivos

A etapa de captura dos objetivos do sistema visa à identificação dos mesmos como uma especificação inicial. Os requisitos iniciais são transformados em um conjunto de objetivos e sub-objetivos organizados hierarquicamente, conforme mostrado na Figura 3.17.

Figura 3.17 - Diagrama de Hierarquia de Objetivos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

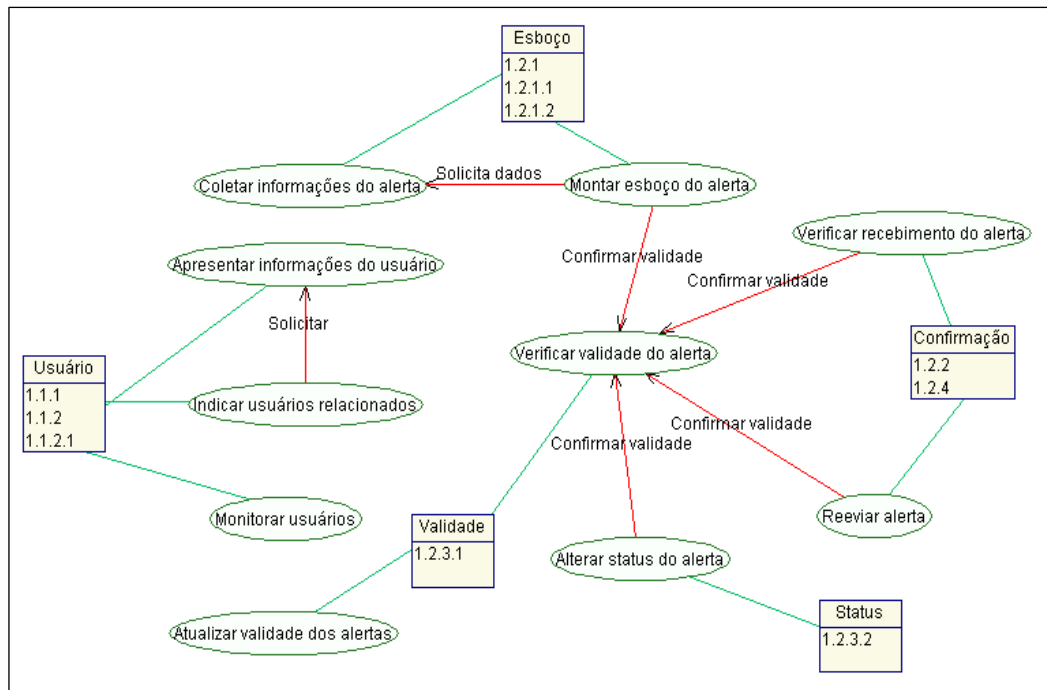
No caso do SAMAM, o objetivo fundamental é proporcionar meios eficientes para o envio de alertas meteorológicos e a cooperação entre pesquisadores. Isto só será possível se os Agentes que compõem o SMA estiverem habilitados e executarem os objetivos inferiores.

Definindo os papéis

Esta etapa abrange os papéis que representam as entidades responsáveis por alcançar os objetivos propostos no Diagrama de Hierarquia de Objetivos. Todos os objetivos apresentados devem estar vinculados a um papel específico.

No desenvolvimento do SMA que apoia o SAMAM foram identificados cinco papéis, representados pelos retângulos; cada papel realiza um conjunto de tarefas, que estão representadas pelas elipses, o protocolo de comunicação é representado pelas setas orientadas, conforme ilustrado na Figura 3.18.

Figura 3.18 - Diagrama de Hierarquia de Papéis.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O comportamento dos papéis é especificado pelos detalhes das tarefas. Cada papel pode consistir de várias tarefas que analisadas em conjunto definem o seu comportamento, conforme defendido por DeLoach (2004). Os papéis que foram definidos na etapa anterior produzem o Diagrama de Classes dos Agentes, apresentado na próxima seção.

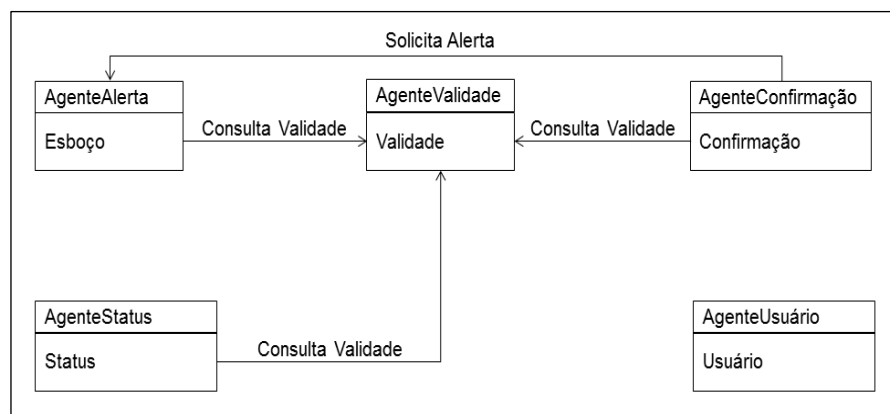
3.2.2 Fase de Projeto

Nesta subseção serão apresentadas duas etapas que compõem a fase de Projeto da Metodologia *MaSE*. O Diagrama de Classe dos Agentes e o Diagrama de Distribuição, que objetivam construir uma arquitetura básica para o projeto dos Agentes.

Criando as Classes dos Agentes

Os papéis que foram definidos no Diagrama de Hierarquia de Papéis produz o Diagrama de Classes dos Agentes, que está sendo apresentado na Figura 3.19. Este diagrama descreve as classes dos Agentes e os diálogos que ocorrem entre eles no SMA. O diagrama contém os nomes das classes (parte superior do retângulo) e o conjunto de papéis (parte inferior do retângulo) a ser executado por cada Agente. Os papéis representam o alicerce e as classes representam os tijolos para a implementação do sistema, conforme afirma DeLoach e Wood (2001).

Figura 3.19 - Diagrama de Classes dos Agentes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

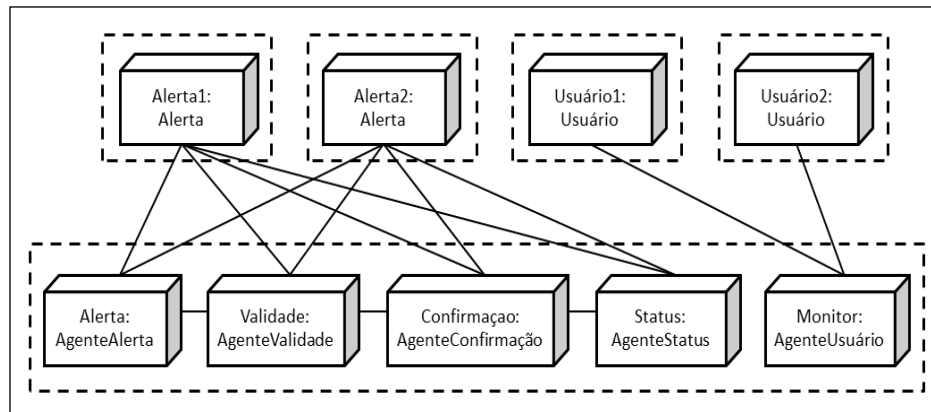
Conforme observado, foram modeladas cinco classes, cada classe representa um Agente dentro do SAMAM, e para cada classe foi atribuído um papel. Quatro classes possuem diálogos entre si, enquanto a classe AgenteUsuário não possui diálogos com as demais classes.

Projetando o Sistema

Para finalizar o projeto é utilizado o Diagrama de Desenvolvimento para apresentar os números, os tipos e as instâncias dos Agentes no sistema. A Figura 3.20 ilustra este diagrama, as caixas representam os Agentes, as linhas identificam os diálogos entre eles e os

quadriláteros tracejados são as plataformas físicas computacionais. Os Agentes são identificados pelos nomes das classes da seguinte forma, *nome_instância: classe*.

Figura 3.20 - Diagrama de Desenvolvimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No caso deste trabalho, como os recursos computacionais são limitados e o sistema em si é voltado para *Web*, todos os AIs utilizam a mesma plataforma física, sem perdas de desempenho significativas. Conforme observado na ilustração, quatro dos cinco Agentes trabalham diretamente com o alerta, enquanto que um Agente trabalha diretamente com o Usuário, essa diferença faz parte da natureza do trabalho que atua principalmente no envio eficiente dos alertas.

CAPÍTULO 4

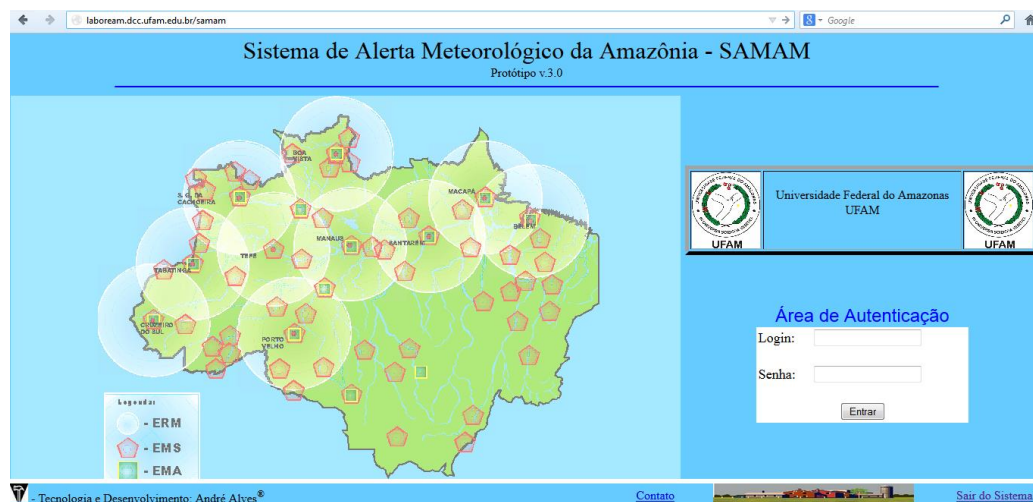
SISTEMA DE ALERTA APOIADO POR UM SMA

Neste capítulo será descrito o SAMAM em sua versão atual, este sistema encontra-se em constante evolução e desenvolvimento, visando suprir as necessidades e melhorar o seu desempenho na comunicação e no envio dos alertas. A cada protótipo desenvolvido, novas funcionalidades são adicionadas e erros são corrigidos. Segue o histórico das versões:

- versão 1.0 – Continha os módulos de envio de *SMS* e *E-mail*, os cadastros necessários para o funcionamento básico e a área de interação; além disso, possuía apenas o perfil de administrador;
- versão 2.0 – Foram incorporados todos os cadastros atuais; o cadastro do usuário foi modificado para que suportasse mais de uma localidade por usuário; adicionou-se mais o perfil de usuário comum com visão e privilégios limitados;
- versão 3.0 – Foi adicionada a camada de SMA, com os cinco AIs atuando e auxiliando em tarefas distintas. Além disso, foi adicionada mais uma página com o *Chat do Agente Usuário*.

O Sistema possui uma interface simples, objetivando um fácil aprendizado de suas funcionalidades. A tela inicial é composta basicamente por uma imagem com a localização dos radares meteorológicos e a Área de Autenticação, conforme apresentado na Figura 4.1:

Figura 4.1 - Página de Autenticação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O sistema procurou seguir todos os padrões de segurança das aplicações *Web*. Um destes padrões está relacionado à autenticação do usuário. Por se tratar de um sistema *Web*, é de fundamental importância que exista uma autenticação, para evitar a sua utilização por usuários não autorizados. Existem dois tipos de usuários com visualizações e permissões diferenciadas no sistema: o administrador, usuário que possui acesso a todas as páginas e funcionalidades e o usuário comum, que possui acesso apenas à visualização dos alertas e à área de interação. Por questões práticas, será apresentada apenas a visão do administrador, considerando que o mesmo tem acesso a todo o sistema.

4.1 Área de Edição e Envio de Alertas

Esta página contém a principal funcionalidade do sistema, que é editar e enviar o alerta. Por se tratar da funcionalidade principal do Sistema e necessitar de rapidez no envio do alerta, esta é a primeira área mostrada após a autenticação. A Figura 4.2 apresenta esta página.

Figura 4.2 - Página inicial/principal - Área de Edição e Envio de Alertas.

The screenshot shows the SAMAM system interface. The main content area is titled "Área de Edição e Envio de Alertas". It features a form for creating alerts and a table of existing alerts. The form includes fields for "Data - Hora", "Evento", "Texto", "Função", "Localidade", and "Responsável". The table has columns for "Data Hora", "Nome Evento", "Texto", "Localidade", "Validade Atual", and "Status".

Data Hora	Nome Evento	Texto	Localidade	Validade Atual	Status
15/02/2014 13:27	Tempestade	[Alerta SAMAM] As imagens de satélite e radar mostram um aglomerado de nuvens se aproximando a leste da localidade UFAM, podendo provocar Tempestade em 30 min. Acesse imediatamente o SAMAM (http://laboream.dcc.ufam.edu.br/samam) para maiores detalhes. Contato:9218-5656	UFAM	30 min	Ocorrendo

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que o alerta (no campo 1) aparece com os campos preenchidos automaticamente visando agilizar o processo de edição. Esse esboço de alerta é elaborado pelo Agente *Alerta*, o usuário apenas edita alguns campos, caso necessário. A ação deste Agente é apresentada no *console* do IDE Eclipse, mostrado na Figura 4.3.

Figura 4.3 - Criação de um esboço do alerta pelo Agente *Alerta*.

```

Problems Declaration Console Progress
AgenteAlerta [Java Application] C:\Program Files (x86)\Java\jre7\bin\javaw.exe (25/01/2014 11:51:18)
Informações: HTTP-MTP Using XML parser com.sun.org.apache.xerces.internal.jaxp.SAXParserImpl$JAXPSAXPa
Jan 25, 2014 11:51:21 AM jade.core.messaging.MessagingService boot
Informações: MTP addresses:
http://André-PC:7778/acc
# Agente Alerta iniciado!!!
# - Eu elaboro um Esboço do alerta da tela de envio.

Jan 25, 2014 11:51:21 AM jade.core.AgentContainerImpl joinPlatform
Informações: -----
Agent container Main-Container@André-PC is ready.
-----
# Agente Alerta: - Elaborando esboço...

# O Agente Alerta: - Elaborou um novo esboço para o alerta.
# O Agente Alerta: - Este esboço é baseado no histórico dos alertas enviados:
Localidade: UFAM
Validade: 30
Nome Evento: Tempestade
Funcao: Alerta
  
```

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Agente Alerta trabalha exclusivamente com a elaboração de um esboço do alerta baseado no histórico de alertas enviados. Existem basicamente cinco elementos principais que compõem o texto de um alerta: localidade, validade, direção, evento e função. O Agente realiza uma pesquisa no banco de dados e gera um *ranking* de cada elemento, por meio do qual elabora o alerta e o disponibiliza na área de edição. A Figura 4.4 apresenta o algoritmo deste Agente.

Figura 4.4 - Algoritmo do Agente *Alerta*.

```

01 Elaborar Alerta () {
02     Localidade = Localidade_mais_atingida;
03     Validade = Validade_mais_comum;
04     Direção = Direção_mais_comum
05     Evento = Evento_mais_comum;
06     Função = Função_mais_utilizada;
07     TextoAlerta = ElaborarEsboço(Localidade,Validade,Direção,Evento,Função)
08     SalvarEsboçoBD(TextoAlerta);
09 }
  
```

Fonte: Elaborado pelo autor.

Das linhas de 2 a 6 é realizada uma pesquisa em cada elemento onde é recuperada a característica mais predominante. Na linha 7 a função *ElaborarEsboço* elabora o texto do

esboço baseado nas características mais comuns; por fim, na linha 8, o texto é gravado no Banco de Dados e fica visível na Área de Edição do alerta.

Após o usuário salvar o alerta, no campo 2 da Figura 4.2, aparece em uma tabela com algumas opções relacionadas ao alerta. A opção [ENVIAR ALERTA] envia rapidamente o alerta para todos os usuários que estão previamente cadastrados no sistema para a região afetada pelo evento; o alerta é enviado para o telefone do usuário via *SMS* (celular) e para o *E-mail*. A opção [Excluir] exclui o alerta caso seja editado e salvo de forma incorreta. A opção [Listar Pessoas] mostra todas as pessoas que receberão o alerta, ou seja, todos os usuários que estão cadastrados para receber o alerta para aquela região específica. As colunas “Validade Atual” e “Status” são atualizadas pelos Agentes *Validade* e *Status*, respectivamente. A Figura 4.5 apresenta a ação destes Agentes.

Figura 4.5 - Atuação dos Agentes *Validade* e *Status*.

```

a
AgenteAlerta [Java Application] C:\Program Files (x86)\Java\jre7\bin\javaw.exe (25/01/2014 13:54:58)
http://André-PC:7778/acc
# Agente Validade iniciado!!!
# - Eu altero a Validade Atual dos alertas na tela de envio.

Jan 25, 2014 1:55:00 PM jade.core.AgentContainerImpl joinPlatform
Informações: -----
Agent container Main-Container@André-PC is ready.
-----

# Agente Status iniciado!!!
# - Eu altero o Status dos alertas na tela de envio.

# Agente Validade: - Alterou a Validade Atual do alerta abaixo:
Nome Evento: Tempestade
Localidade: UFAM
Data/Hora do alerta: 25/01/2014 13:55
Validade total do alerta: 10 min
Validade Atual: 9 min

# Agente Validade: - Alterou a Validade Atual do alerta abaixo:
Nome Evento: Tempestade
Localidade: UFAM
Data/Hora do alerta: 25/01/2014 13:55
Validade total do alerta: 10 min
Validade Atual: 8 min

# Agente Validade: - Alterou a Validade Atual do alerta abaixo:
Nome Evento: Tempestade
Localidade: UFAM
Data/Hora do alerta: 25/01/2014 13:55
Validade total do alerta: 10 min
Validade Atual: 7 min

b
AgenteAlerta [Java Application] C:\Program Files (x86)\Java\jre7\bin\javaw.exe (25/01/2014 13:54:58)
Nome Evento: Tempestade
Localidade: UFAM
Data/Hora do alerta: 25/01/2014 13:55
Validade total do alerta: 10 min
Validade Atual: 2 min

# Agente Validade: - Alterou a Validade Atual do alerta abaixo:
Nome Evento: Tempestade
Localidade: UFAM
Data/Hora do alerta: 25/01/2014 13:55
Validade total do alerta: 10 min
Validade Atual: 1 min

# Agente Validade: - Alterou a Validade Atual do alerta abaixo:
Nome Evento: Tempestade
Localidade: UFAM
Data/Hora do alerta: 25/01/2014 13:55
Validade total do alerta: 10 min
Validade Atual: 0 min

# Agente Status - Alterou o Status do alerta abaixo:
Nome Evento: Tempestade
Localidade: UFAM
Data/Hora do alerta: 25/01/2014 13:55
Validade total do alerta: 10 min
Atual Status do Alerta: Expirado
  
```

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 4.5a temos os Agentes *Validade* e *Status* sendo iniciados; logo após, o Agente *Validade* atualiza a validade do alerta que está ocorrendo, a cada minuto, sua ação é visível na tela de envio do alerta da Figura 4.2, campo 2, coluna “Validade Atual”. A Figura 4.5b é a continuação das ações dos Agentes e apresenta ao final o Agente *Status* atualizando o

status do alerta para “Expirado”, sua ação também é visível na tela de envio do alerta da Figura 4.2, campo 2, coluna “*Status*”.

Após o administrador enviar o alerta para os usuários, o Agente *Confirmação* verifica a cada cinco minutos se os usuários confirmaram o recebimento do alerta ou não; caso negativo, o Agente reenvia o alerta novamente via *SMS*. O algoritmo do Agente *Confirmação* está expresso na Figura 4.6.

Figura 4.6 - Algoritmo do Agente *Confirmação*.

```

01 AgenteConfirmação {
02     VerificaConfirmação(5min);
03 }
04
05 VerificaConfirmação (tempo) extends Comportamento Cíclico {
06     ação(){
07         ListaReenviar = consulta(usuários_não_confirmados);
08         InicializarServidorSMS();
09         Enquanto (ListaReenviar.next){
10             usuario = ListaReenviar.getUsuario;
11             EnviarSMS(usuario);
12         }
13         Bloqueia(tempo);
14     }
15 }

```

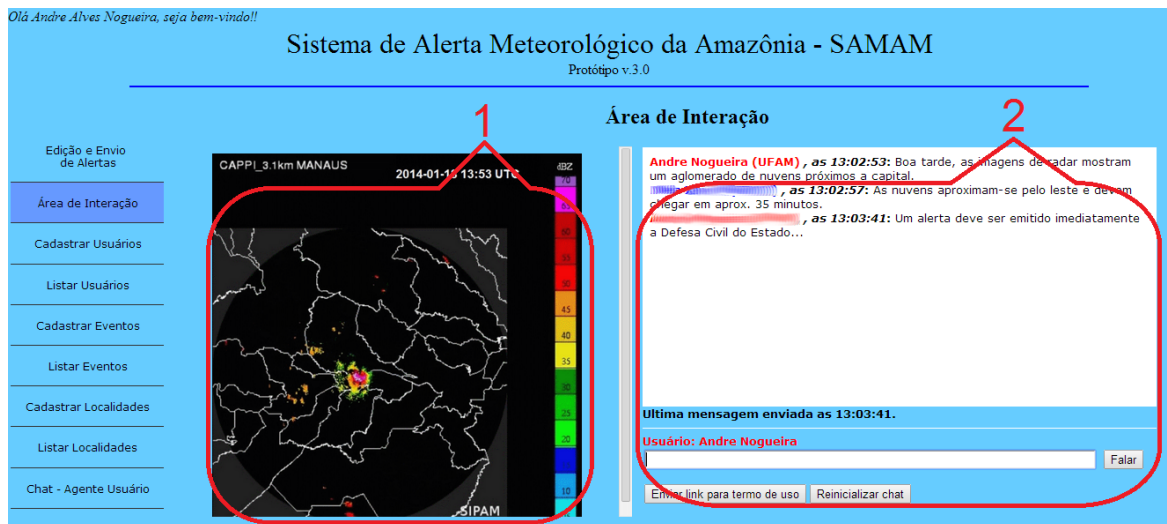
Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas linhas de 1 a 3 o Agente é inicializado com um comportamento cíclico (executa indefinidamente) e um tempo de bloqueio de cinco minutos. Na linha 7 uma lista de usuários que não confirmaram o recebimento é recuperada. Na linha 8 o servidor de *SMS* é inicializado e fica preparado para enviar *SMS*. Nas linhas de 9 a 12 o alerta é enviado novamente aos usuários e por fim na linha 13 o Agente é bloqueado por mais cinco minutos.

4.2 Área de Interação

A área de interação corresponde à página em que os usuários autenticados poderão interagir por meio de um *Chat* a respeito do evento que está ocorrendo. Conforme apresentado na Figura 4.7.

Figura 4.7 - Área de Interação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No campo 1 é mostrada uma imagem dinâmica (.gif) do evento que está ocorrendo, geralmente uma imagem de radar; o campo 2 corresponde a um *Chat* de interação, no qual os usuários poderão discutir sobre o evento que está ocorrendo ou até mesmo trocar informações sobre a mobilização das equipes de emergência envolvidas; para ficar mais simples a identificação, cada usuário é apresentado com nome e sobrenome, seguido da instituição a qual pertence entre parêntesis.

4.3 Funcionalidades Básicas

As funcionalidades básicas se referem aos cadastros necessários para o funcionamento correto do sistema e encontram-se no *menu* à esquerda: Cadastrar Usuários, Listar Usuários, Cadastrar Eventos, Listar Eventos, Cadastrar Localidade e Listar Localidades. Por questões práticas são apresentadas somente as funções Cadastrar Usuários e o Listar Usuários, sendo que as outras funcionalidades possuem características semelhantes.

No Cadastro de Usuários temos as informações essenciais e necessárias para o registro dos usuários e para o funcionamento do SAMAM, como nome, *E-mail* e Telefone, conforme apresentado na Figura 4.8.

Figura 4.8 - Cadastro de Usuários.

Olá André Alves Nogueira, seja bem-vindo!!

Sistema de Alerta Meteorológico da Amazônia - SAMAM
Protótipo v.3.0

Cadastro de Usuários

Edição e Envio de Alertas

Área de Interação

Cadastrar Usuários

Listar Usuários

Cadastrar Eventos

Listar Eventos

Cadastrar Localidades

Listar Localidades

Chat - Agente Usuário

Nome:

E-mail:

Telefone:

Função:

Instituição - SIGLA:
Ex: Sistema de Proteção da Amazônia - SIPAM

Permissão:

Login:

Senha:

Confirmação de Senha:

Pressionando a tecla CTRL, selecione todas as cidades de responsabilidade do usuário:

- Alvareas
- Amatura
- Anama
- Anori
- Apui
- Atalaia do Norte
- Autazes**
- Barcelos
- Barreirinha
- Benjamin Constant
- Benuri
- Boca Vista do Ramos
- Boca do Acre
- Borba
- Cacipiranga**
- Canutama
- Carauari

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além das informações básicas, o usuário é cadastrado em uma ou mais localidades, dependendo da sua função e sua área de responsabilidade; e conforme as localidades em que for cadastrado ele receberá os alertas correspondentes.

Na opção Listar Usuários é possível ver uma relação de todos os usuários cadastrados no sistema; além disso, é possível alterar as suas informações. Esta página é mostrada na Figura 4.9.

Figura 4.9 - Lista de Usuários Cadastrados.

Olá André Alves Nogueira, seja bem-vindo!!

Sistema de Alerta Meteorológico da Amazônia - SAMAM
Protótipo v.3.0

Lista de Usuários Cadastrados

	Nome	Email	Telefone	Função	Instituição	Cidade
[Editar] [Excluir]				Pesquisador - Mestrando	Universidade Federal do Amazonas - UFAM	UFAM ▼
[Editar] [Excluir]				Pesquisadora	Universidade Federal do Amazonas - UFAM	Apui ▼
[Editar] [Excluir]				Meteorologista / Pesquisadora	Sistema de Proteção da Amazônia - SIPAM	Autazes ▼
[Editar] [Excluir]				Professor / Pesquisador	Universidade Federal do Amazonas - UFAM	Anama ▼
[Editar] [Excluir]				Doutora	Universidade da Lar	UFAM ▼
[Editar] [Excluir]				Pesquisadora	Universidade Federal do Amazonas - UFAM	Atalaia do Norte ▼
[Editar] [Excluir]				Meteorologista	Sistema de Proteção da Amazônia - SIPAM	Alvareas ▼
[Editar] [Excluir]				Tecnico de satellite	Sistema de Proteção da Amazônia - SIPAM	Apui ▼

Edição e Envio de Alertas

Área de Interação

Cadastrar Usuários

Listar Usuários

Cadastrar Eventos

Listar Eventos

Cadastrar Localidades

Listar Localidades

Chat - Agente Usuário

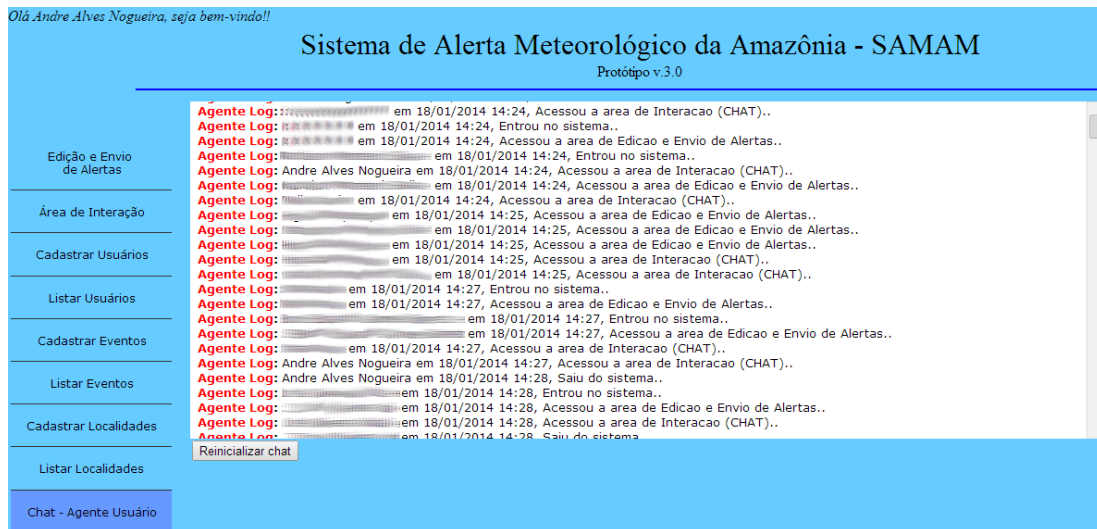
Fonte: Elaborado pelo autor.

No *link* [Editar] é possível editar o usuário em relação a todas as suas informações, inclusive alterar as suas localidades de responsabilidade. No *link* [Excluir], caso necessário, o usuário poderá ser excluído do sistema.

4.4 Chat – Agente Usuário

Esta área corresponde à página em que o Agente *Usuário* informa ao administrador todas as ações que estão ocorrendo no sistema. Conforme mostrado na Figura 4.10.

Figura 4.10 - Chat do Agente *Usuário*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por meio desta página o administrador pode verificar quais usuários estão acessando o sistema e a ação de cada um. Essas informações são postadas pelo Agente *Usuário*, que verifica o *log* do sistema e disponibiliza essas informações por meio de um *Chat* de via única.

CAPÍTULO 5

TESTES E AVALIAÇÕES

Neste capítulo são apresentados os testes realizados no sistema. Foram realizados testes para avaliar a eficácia do sistema bem como comprovar a atuação dos AIs. A subseção 5.1 descreve como foram realizados os testes, a subseção 5.2 mostra os resultados obtidos e a avaliação geral do SAMAM.

5.1 Descrição dos testes

Os testes foram realizados com o grupo de pesquisa do LabIE (Laboratório de Informática na Educação), grupo vinculado ao ICOMP (Instituto de Computação) da UFAM (Universidade Federal do Amazonas). O total de 19 usuários concordou em participar dos testes e disponibilizaram os dados necessários para o seu cadastro. Os testes consistiram em simular uma situação em que os participantes seriam alertados sobre um EME.

Foi colocada a seguinte situação aos participantes: “imagine que está previsto acontecer uma grande Tempestade na localidade da UFAM e, sabendo disto, os meteorologistas emitem um alerta as equipes de emergência para que se mobilizem/preparem para a chegada do evento. Como se trata de algo muito importante, é necessário que as equipes de emergência, assim que receberem o alerta, confirmem que o receberam imediatamente”. Os participantes fizeram o papel de membros das equipes de emergência, e foi estabelecido um intervalo de dias em que o EME poderia acontecer; não foi informado o horário e nem o dia exato dos testes, objetivando simular uma situação real e para que os participantes não ficassem preparados para alerta, comprometendo os resultados dos testes.

A ação dos usuários consistia em responder ao alerta. O alerta foi enviado aos participantes por meio de *SMS* e *E-mail*, e possuía informações básicas sobre o EME, além de um *link* de acesso ao SAMAM, conforme apresentado na Figura 5.1. Foi solicitado que ao receber o alerta os usuários acessassem o sistema e postassem uma mensagem no *Chat*

confirmando que receberam o alerta. Uma alternativa para a confirmação seria responder ao *SMS* de alerta com a palavra “ok”.

Figura 5.1 - Celular com o texto do alerta.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No momento do alerta, enquanto o acesso ao sistema não fosse realizado pelo usuário ou a validade do alerta tivesse expirado, o Agente *Confirmação* reenviava o alerta novamente de cinco em cinco minutos para os usuários que não tinham confirmado o recebimento. A subseção seguinte detalha os resultados obtidos nos testes.

5.2 Resultados obtidos

O alerta foi emitido às 14h23min12seg do dia 18 de janeiro deste ano e referiu-se a uma possível tempestade que estava prevista ocorrer em trinta minutos sobre a localidade da UFAM. Foram enviados 19 *E-mails* (um para cada usuário) e 82 *SMS* (contabilizando os reenviados). A Tabela 5.1 apresenta as informações dos horários de confirmação e tempo de resposta de cada usuário.

Tabela 5.1 - Confirmação do recebimento e Tempo de resposta do alerta.

	Horário de confirmação do recebimento	Tempo de resposta
Usuário 1	14:26:45	00:03:33
Usuário 2	14:39:31	00:16:19
Usuário 3		
Usuário 4	14:30:01	00:06:49
Usuário 5	14:40:32	00:17:20
Usuário 6		
Usuário 7	14:25:19	00:02:07
Usuário 8	14:26:22	00:03:10
Usuário 9		
Usuário 10	14:41:09	00:17:57
Usuário 11	14:28:03	00:04:51
Usuário 12		
Usuário 13	14:27:45	00:04:33
Usuário 14	14:51:30	00:28:18
Usuário 15	14:25:55	00:02:43
Usuário 16	14:27:03	00:03:51
Usuário 17	14:51:39	00:28:27
Usuário 18	14:38:02	00:14:50
Usuário 19		
Média do Tempo de resposta =		00:11:03

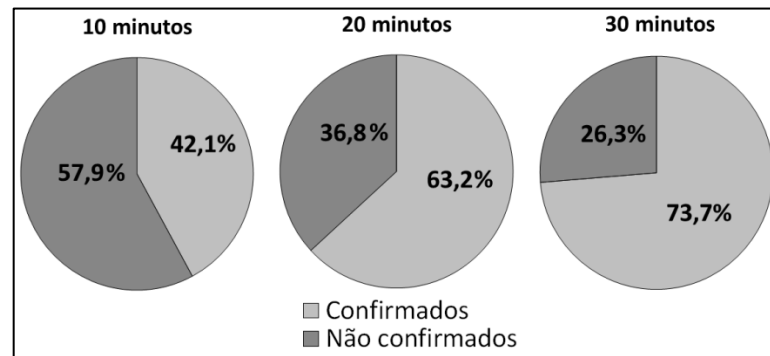
Fonte: Elaborado pelo autor.

O “Horário de confirmação do recebimento” refere-se ao horário que o usuário confirmou o recebimento do alerta; essa confirmação acontece quando o usuário acessa o SAMAM ou quando responde ao SMS com a palavra “ok”. O “Tempo de resposta” refere-se ao intervalo de tempo entre o horário da emissão do alerta e a confirmação do recebimento.

Observa-se que cinco usuários não confirmaram o recebimento do alerta, entretanto, isto não significa que os mesmos não foram alertados, apenas não confirmaram o recebimento do alerta dentro do prazo de validade, por algum motivo. Observa-se também que, em média, um usuário levou 11min03seg para responder ao alerta. O menor tempo de resposta foi do “Usuário 7”, que respondeu ao alerta em 02min07seg, e o maior tempo de resposta foi do “Usuário 17”, que respondeu ao alerta em 28min27seg.

A Figura 5.2 apresenta um resumo da Tabela 5.1 em função do tempo decorrido do alerta. Para cada dez minutos contados a partir da emissão do alerta é verificada a quantidade de usuários que confirmaram o recebimento.

Figura 5.2 - Evolução dos usuários confirmados em função do tempo de alerta.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que em dez minutos 42,1% dos usuários tinham confirmado o recebimento do alerta; em vinte minutos este percentual passou para 63,2% e em trinta minutos passou para 73,7%. Vale frisar que estes percentuais não indicam, necessariamente, a quantidade de usuários alertados, indicam, porém, a quantidade de usuários alertados que deram um *feedback* e confirmaram o recebimento.

O Agente *Confirmação* é o Agente responsável por reenviar os alertas a cada cinco minutos. Nos testes realizados, este Agente reenviou o alerta para o celular dos usuários seis vezes. Temos sete grupos de *SMS*, o primeiro grupo foi disparado pelo autor do alerta e seis grupos de *SMS* foram disparados pelo Agente *Confirmação*. A Tabela 5.2 apresenta a primeiro e o último grupo de *SMS*; as informações completas estão detalhadas no Apêndice B.

Tabela 5.2 - Resumo dos *SMS* de alerta.

	1ª Grupo de <i>SMS</i>			...	7ª Grupo de <i>SMS</i>		
	Enviado	Recebido	Tempo de entrega		Enviado	Recebido	Tempo de entrega
Usuário 1	14:23:27	14:23:59	00:00:32				
Usuário 2	14:23:52	14:24:13	00:00:21				
Usuário 3	14:25:23	14:26:48	00:01:25	14:49:15	14:49:22	00:00:07	
Usuário 4	14:24:48	14:25:01	00:00:13				
Usuário 5	14:23:20	14:23:38	00:00:18				
Usuário 6	14:25:08	14:25:58	00:00:50	14:49:11	14:49:16	00:00:05	
Usuário 7	14:23:56	14:24:10	00:00:14				
Usuário 8	14:23:14	14:23:30	00:00:16				
Usuário 9	14:24:59			14:49:07			
Usuário 10	14:23:40	14:23:52	00:00:12				
Usuário 11	14:23:23	14:24:08	00:00:45				
Usuário 12	14:24:26	14:24:39	00:00:13	14:49:03	14:49:09	00:00:06	
Usuário 13	14:24:00	14:24:27	00:00:27				
Usuário 14	14:23:17	14:23:50	00:00:33				
Usuário 15	14:23:30	14:24:01	00:00:31				
Usuário 16	14:24:32	14:24:44	00:00:12				
Usuário 17	14:23:36	14:24:04	00:00:28				
Usuário 18	14:24:39	14:24:53	00:00:14				
Usuário 19	14:25:17			14:49:19			
	19	Média =	00:00:27		5	Média =	00:00:06

Fonte: Elaborado pelo autor.

O termo “Enviado” refere-se ao horário que o *SMS* foi enviado, e o termo “Recebido” refere-se ao horário em que foi recebido no celular do usuário; estas informações são concedidas pela operadora de telefonia celular. Por fim o “Tempo de entrega” é o intervalo de tempo entre o horário que o *SMS* foi enviado e o horário em que foi recebido no celular do usuário; esta variável é importante porque demonstra a praticidade e a eficiência desta tecnologia. Para efeitos comparativos, apresentam-se algumas métricas em relação a esta variável considerando todos os grupos de *SMS*, conforme apresentado na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Métricas do Tempo de entrega (em segundos).

Média =	22	
Tempo mínimo =	5	
Tempo máximo =	85	
Desvio padrão =	17,6	
Int. confiança (95%) =	4,3	(17,8 - 26,4)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ghosh (2010) apresenta as métricas máximo, mínimo e a média do “Tempo de entrega” com os valores de 50, 10 e 30 segundos respectivamente. Apesar do tempo máximo deste trabalho ser superior ao de Ghosh obteve-se o mínimo e a média com valores inferiores. Além disso, com um intervalo de confiança de 95% temos que o intervalo varia de 17,8 a 26,4 segundos. Tendo, portanto, um tempo de entrega conceitualmente melhor e dentro dos padrões da literatura.

Ghosh (2010) realiza os testes de maneira similar ao apresentado nesta dissertação, ou seja, são enviados seis conjuntos de alertas com 20 *SMS* em cada conjunto, totalizando 120 *SMS*; a diferença é que o presente trabalho adiciona uma política de reenvio de alertas que diminui a quantidade de *SMS* enviados (conforme explicado na seção 3.1.5), pois evita o reenvio para os usuários que já confirmaram o recebimento; conseqüentemente, atenua a sobrecarga do servidor de *SMS* e o “Tempo de entrega” diminui.

Em relação à Tabela 5.2, observa-se que no primeiro grupo foram enviados 19 *SMS* com a média do “Tempo de entrega” de 27 segundos; já no sétimo grupo foram reenviados apenas 5 *SMS* com média do “Tempo de entrega” de 6 segundos. Conforme os usuários confirmavam o recebimento do alerta, o Agente *Confirmação* cessava de reenviar o alerta para estes usuários. A Tabela 5.4 apresenta um resumo de todos os sete grupos coletados.

Tabela 5.4 - Resumo dos Grupos de SMS.

	Qtde de SMS	Média do Tempo de entrega (segundos)
1º Grupo de SMS	19	27
2º Grupo de SMS	19	32
3º Grupo de SMS	12	15
4º Grupo de SMS	12	15
5º Grupo de SMS	9	11
6º Grupo de SMS	6	22
7º Grupo de SMS	5	6

Fonte: Elaborado pelo autor.

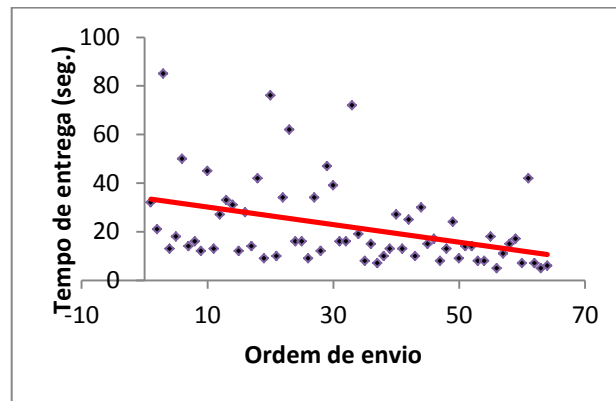
Observando a Tabela 3.4, percebe-se que existe uma relação entre as variáveis apresentadas; conforme diminui a quantidade de SMS enviados, a Média do Tempo de entrega também diminui. Suspeitando-se de uma correlação, foram realizados os cálculos para análise e regressão tendo como variável dependente (Y) o “Tempo de entrega” e como variável independente (X) a ordem em que foi enviado o SMS de acordo com cada grupo de SMS. As informações completas encontram-se no Apêndice C.

Os resultados obtidos foram:

- a) coeficiente de correlação de Pearson (R_{xy}) = -0,3824;
- b) coeficiente de angular (b) = -0,3614;
- c) coeficiente linear (a) = 33,8392.

Observando os resultados podemos perceber que o R_{xy} é negativo indicando que as duas variáveis movem-se em direções opostas; a correlação existente entre o “Tempo de entrega” e a “ordem em que foi enviado o SMS” é moderada, indicando que existe uma correlação entre as variáveis observadas (BARBETA 2004). Nota-se ainda que o R_{xy} possui um valor negativo, configurando-se que a reta de regressão teria uma inclinação para a direita. Após o cálculo das constantes “a” e “b”, estabelecemos função da reta de regressão ($y = 33,8392 - 0,3614x$), que juntamente com a nuvem de pontos obtida dos dados coletados obtemos o gráfico expresso na Figura 5.3.

Figura 5.3 - Nuvem de pontos e reta de regressão do Tempo de entrega.

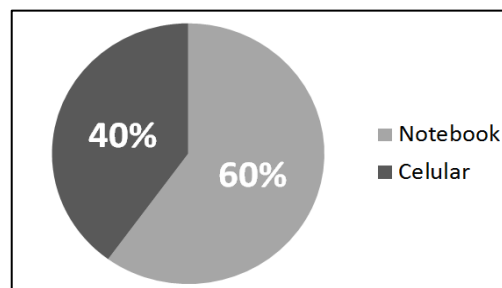


Fonte: Elaborado pelo autor.

Isso confirma que a estratégia utilizada pelo Agente *Confirmação* é válida, pois conforme os usuários confirmam o recebimento do alerta, o Agente cessa de reenviar *SMS* para estes usuários e o Tempo de entrega diminui; além disso, esse comportamento contribui para economizar nos gastos com os *SMS* e evita aborrecimento por parte dos usuários que já confirmaram o alerta.

A confirmação do recebimento do alerta por parte dos usuários foi feita por meio de diferentes equipamentos, conforme apresentado na Figura 5.4.

Figura 5.4 - Formas de acesso ao SAMAM durante o alerta.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se, portanto, que o sistema possui um acesso expressivo por meio do próprio celular do usuário, indicando que o aparelho, além de ser utilizado para receber os alertas, também é usado para acessar o SAMAM, confirmar o recebimento e, possivelmente, interagir com os usuários *on-line*.

Finalizando observa-se que os testes foram realizados em um contexto específico, entretanto o seu resultado pode generalizado para outras situações, tendo em vista que as medições foram realizadas empregando uma tecnologia genérica (o *SMS*), que é empregada para os mais variados fins.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Nesta dissertação foi apresentada uma abordagem geral para o projeto e desenvolvimento de Sistemas de Alerta apoiados por um SMA, objetivando contribuir para a solução do problema da disseminação de alertas relacionados a Eventos Meteorológicos Extremos (EMEs), comunicação e cooperação entre os pesquisadores e técnicos e, na mobilização das equipes de emergência. Como prova de conceito da abordagem foi desenvolvido um protótipo para validação, testes e medição de algumas variáveis fundamentais.

Após o levantamento do estado da arte e análise dos trabalhos relacionados, foi definida uma estrutura que contempla cinco características consideradas fundamentais para um Sistema de Alerta: Sistema Inteligente, envio por *SMS*, envio por *E-mail*, recibo da entrega e confirmação da entrega. Na pesquisa bibliográfica não foi encontrado um trabalho que contemplasse todas as funcionalidades requeridas. Os sistemas visitados contêm as características que combinadas formaram a base desta dissertação. Um diferencial do presente trabalho é que esta concepção provê o Sistema de Alerta com proatividade, uma vez que algumas tarefas básicas são realizadas automaticamente, diminuindo o tempo envolvido e minimizando erros.

Objetivando aumentar a redundância no envio dos alertas, foram utilizados dois canais de comunicação para solucionar o problema da disseminação: o *SMS* e o *E-mail*. Para melhorar a comunicação e a cooperação entre os pesquisadores foi desenvolvida uma área de interação com as imagens do EME e um *Chat* em um ambiente virtual. Para facilitar o envio dos alertas e contribuir para uma rápida mobilização das equipes de emergência foi elaborado um SMA.

A grande vantagem da utilização da tecnologia *SMS* é que praticamente todos os usuários possuem celulares e o utilizam constantemente, ou seja, o alerta é entregue quase que

imediatamente para os usuários (CHEN, 2004). A vantagem da utilização do *E-mail* é o aumento do número de usuários que vivem conectados à rede e acompanham a caixa de entrada de seus *E-mails* diariamente. Além disso, um alerta enviado para o *E-mail* pode ser personalizado com imagens, informações adicionais do EME e maior espaço para o texto. A área de interação facilita a comunicação dos usuários e/ou órgãos envolvidos; por meio do *Chat* os usuários podem trocar informações sobre o EME além de observarem e analisarem as imagens do evento.

Foi desenvolvido uma comunidade de cinco AIs, utilizando a metodologia *MaSE* e o *framework JADE*, com o objetivo de auxiliar o Sistema de Alerta em tarefas fundamentais. Os Agentes auxiliam desde a monitoração das ações dos usuários, elaboração do alerta, destinação dos alertas aos usuários conforme a localidade, atualização das informações dos alertas correntes, confirmação e o reenvio automático de alertas para usuários não confirmados. A utilização do SMA é importante porque libera os operadores do Sistema de Alerta para realizarem outras atividades; no momento de um alerta, o tempo é considerado fundamental. Considerando a natureza e a complexidade do trabalho, o paradigma de SMA aliado ao emprego da metodologia *MaSE* foi considerado apropriado por prover flexibilidade ao sistema, tendo em vista a sua facilidade de manutenção e inclusão de novos AIs.

Por meio dos testes, foram obtidos resultados que indicam a qualidade da abordagem. Os tempos que os usuários levaram para responder ao alerta foram considerados promissores, levando em consideração a validade do alerta e a porcentagem de usuários que responderam em tempo hábil, excetuando-se os que receberam o alerta e não confirmaram o recebimento.

Quando comparamos o Tempo de entrega obtido nos testes com os valores do trabalho de Ghosh (2010) em situações semelhantes; observa-se que este trabalho obteve resultados conceitualmente melhores; apesar do Tempo máximo ser superior ao trabalho de Ghosh, obteve-se o Tempo mínimo e o Tempo médio com valores inferiores, tendo, portanto, um resultado compatível e dentro dos padrões da literatura. Foi detectada uma relação entre a variável Tempo de entrega e a ordem em que o *SMS* foi enviado; os cálculos de correlação e regressão indicaram que a correlação é moderada. Isso confirma que o comportamento do

Agente *Confirmação* colabora para diminuir o Tempo de entrega, e, além disso, economiza nos gastos com *SMS* e evita que os alertas sejam reenviados sem necessidade.

Como trabalhos futuros, pretende-se aprimorar o sistema para uma melhor adaptação em dispositivos móveis, tendo em vista que a utilização destes dispositivos para acessar o SAMAM foi considerável, conforme evidenciado nos testes. O aperfeiçoamento e a inclusão de novos AIs são outros pontos que necessitam de melhorias constantes, como por exemplo, a inclusão de um Agente que tenha acesso às informações meteorológicas em tempo real e dispare alarmes para os meteorologistas caso o valor de alguma variável ultrapasse determinado limite. Outra sugestão é aproveitar o sistema para disponibilizar outros produtos meteorológicos para os usuários como: imagens de radar (PPI, CAPPI, ETOP, EBASE, MOSAICO, entre outras), área de risco (ATC), diagnósticos, prognósticos, boletins, entre outros. A área de interação pode ser aperfeiçoada com a inclusão de chamadas de voz (VOIP) para facilitar a comunicação e permitir uma maior interação dos usuários *on-line*. Avanços na interface podem ser alcançados por meio de Testes de Usabilidade com usuários. Outros testes podem ser realizados com os usuários da própria Defesa Civil e/ou órgãos responsáveis.

Finalizando, este trabalho almeja colaborar com os meios tradicionais de envio dos alertas e mobilização. O SAMAM tem por finalidade prestar um serviço complementar, contribuindo para o envio eficiente de alertas meteorológicos em decorrência de algum EME, além de apoiar a comunicação e mobilização das equipes de emergência. A importância deste trabalho para a Amazônia destina-se principalmente na ação da Defesa Civil e órgãos de emergência junto à população em função dos EMEs ocorridos. Por meio de alertas antecipados, uma série de ações podem ser planejadas e executadas de forma que os efeitos dos EMEs sejam minimizados junto à população atingida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGTIVITY. **Definition: Multi-Agent System (MAS)**. Disponível em: <http://agtivity.com/def/multi_agent_system.htm>. Acesso em: 15 de out. de 2013.
- ALBUQUERQUE, F. **TCP/IP Internet: Protocolos & Tecnologias**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil, 2001.
- ARRUE, B. C.; OLLERO, A.; DIOS, J. R. M.. **An intelligent system for false alarm reduction in infrared forest-fire detection**. IEEE Intelligent Systems, p. 64-73, 2000.
- ATHANASIADIS, I. N.; MITKAS, P. A.. **An Agent-based Intelligent Environmental Monitoring System**. Management of Environmental Quality, An International Journal, vol. 15, no.3, p. 238-249, 2004.
- ATHANASIADIS, I. N.; MILIS, M.; MITKAS, P. A.; MICHAELIDES, S. C.. **A Multi-agent System for Meteorological Radar Data Management and Decision Support**. In Environmental Modelling & Software, vol.24 n.11, p.1264-1273, 2009.
- BARBETA, Pedro Alberto; REIS, Marcelo Menezes; BORNIA, Antônio Cezar. **Estatística para cursos de engenharia e informática**. Ed. ATLAS, São Paulo, 2004.
- BARCELLOS, Christovam, MONTEIRO, Antonio Miguel Vieira, CORVALAN, Carlos et al. **Climatic and environmental changes and their effect on infectious diseases: scenarios and uncertainties for Brazil**. Epidemiol. Serv. Saúde, vol.18, no.3, p.285-304, 2009.
- BATES, D. W.; COHEN, M.; LEAPE, L. L.; OVERHAGE, J. M.; SHABOT, M. M.; SHERIDAN, T.. **Reducing the Frequency of Errors in Medicine Using Information Technology**. Journal of the American Medical Informatics Association, vol.8, no.2, p. 299-308, 2001.
- BELLIFEMINE, F.; CAIRE, G.; POGGI, A.; RIMASSA, G.. **JADE – A White Paper**. EXP in Search of Innovation, vol. 3, no. 3, p. 6–19, 2003.
- BROWNE, M.; BLUMENSTEIN, M.; TOMLINSON, R.; STRAUSS D.. **An Intelligent System for Remote Monitoring and Prediction of Beach Safety**. Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and Applications, 2005.
- CHEN, S. C.; Dow, C. R.; YANG, T. K.; BAI, J. Y.; LIN, C. M.. **An Instant Messaging-based Multi-agent Coordination System**. IEEE Transactions, 2004.
- CHOI, S. J.. **Analysis of Emergency Alert Services and Systems**. International Conference on Convergence Information Technology - IEEE, p. 657-662, 2007.
- CIOCA, M.; CIOCA, L.-I.; BURAGA, S.-C.. **SMS Disaster Alert System Programming**. Digital Ecosystems and Technologies, 2008. DEST 2008. 2nd IEEE International Conference on, pp.260,264, 26-29 de fev. de 2008.

DANCE, S.; GORMAN, M.; PADGHAM, L.; WINIKOFF, M.. **An Evolving Multi Agent System for Meteorological Alerts**. In Proceedings of the second international joint conference on Autonomous Agents and MultiAgents Systems (AAMAS03). Melbourne, Australia, 2003.

DAVIS, S. D.; PRITCHETT, A. R.. **Alerting System Assertiveness, Knowledge, and Over-Reliance**. Vol. 1, no. 3, p. 119-143, 1999.

DEATON, J.E.; GLENN, F.A.. **The development of specifications for an automated monitoring system interface associated with aircraft condition**. The International Journal of Aviation Psychology, 9(2), p.175-187, 1999.

DELOACH, S. A.; WOOD, M. **Developing Multiagent Systems with agentTool**. In: Proceedings of Lecture Notes in Artificial Intelligence. Springer – Verlag. Berling, 2001.

DELOACH, S. A. **The MaSE Methodology**. In: Methodologies and Software Engineering for Agent Systems. The Agent-Oriented Software Engineering Handbook Series: Multiagent Systems, Artificial Societies, and Simulated Organizations , Vol. 11. Bergenti, Federico; Gleizes, Marie-Pierre; Zambonelli, Franco (Eds.) Kluwer Academic Publishing, 2004.

DORHOUT. P. K.; JOHNSON, R.. **Protecting Our Nation with Research that Makes a Difference**. Cooperative Institute for Research in the Atmosphere, vol. 29, 2008.

FARNHAM, S.; KEYANI, P.. **Swarm: Hyper Awareness, Micro Coordination, and Smart Convergence through Mobile Group Text Messaging**. 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2006.

FBDS - Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. **Mudanças Climáticas e Eventos Extremos no Brasil**. Disponível em: <<http://fbds.org.br/fbds/IMG/pdf/doc-644.pdf>>. Acesso em: 10 de jul. de 2013.

FEMA. **Integrated Public Alert & Warning System**. Disponível em: <<http://www.fema.gov/ipaws/>>. Acesso em: 15 de out. de 2013.

FIPA, 1999–2002. Agent Specifications. **Relatório Técnico. Foundation for Intelligent Physical Agents**. Disponível em: <<http://www.fipa.org>>. Acesso em: 22 out. de 2013.

FIPA_ACM 2002. **FIPA ACL Message Structure Specification**. Disponível em: <<http://www.fipa.org/specs/fipa00061/SC00061G.html>>. Acesso em: 25 de jun. 2013.

FURASTÉ, Pedro Augusto. **Normas Técnicas para o Trabalho Científico**. 16. ed. Porto Alegre: 2012.

GHOSH, J. K.; BHATTACHARYA, D.; BOCCARDO, P.; SAMADHIYA, N. K.. **A Landslide Hazard Warning System**. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spacial Information Science. Volume XXXVIII, Part 8, Kyoto Japan, 2010.

GIOACHIN, F.; SHANKESI, R.; MAY, M. J.; GUNTER, C. A.; SHIN, W.. **Emergency Alerts as RSS Feeds with Interdomain Authorization**. Second International Conference on Internet Monitoring and Protection – ICIMP, San Jose, CA, 2007.

GREGORIO, J.. **Secure RSS syndication**. Disponível em: <<http://www.xml.com/pub/a/2005/07/13/secure-rss.html>>. Acesso em: 15 de fev. de 2013.

GROEVE, T.. **Global Disaster Alert and Coordination System**. Joint Research Centre of the European Commission 14th TIEMS Conference, 2006.

JACK. **Intelligent Agentes**. Disponível em: <<http://www.agent-software.com>>. Acesso em: 10 de mar. de 2013.

JADE. **Java Agent DEvelopment Framework**. Disponível em: <<http://jade.tilab.com>>. Acesso em: 28 de jun. de 2013.

JIA, Y.; HUANG, C.; CAI, H.. **A comparison of three agent-oriented software development methodologies: MaSE, Gaia, and Tropos**. Information, Computing and Telecommunication, 2009. YC-ICT '09. IEEE Youth Conference on , pp.106-109, 2009.

KUANTAMA, E.; SETYAWAN, L.; DARMA, J.. **Early Flood Alerts Using Short Message Service (SMS)**. International Conference on System Engineering and Technology. Bandung, Indonesia, set. de 2012.

MATEO, M. A. F.; LEUNG, C. K.. **Design and development of a prototype system for detecting abnormal weather observations**. ACM - Proceedings of the C3S2E conference, Montréal, QC, Canada, 2008.

MATHIESON, I.; DANCE, S.; PADGHAM, L.; GORMAN, M.; WINIKOFF, M.. **An Open Meteorological Alerting System: Issues and Solutions**. In Proceedings of the 27th Australasian conference on Computer science (ACSC '04). Darlinghurst, Australia, 2004.

MITKAS, P. A.; SYMEONIDIS, A.L.; KEHAGIAS, D.; ATHANASIADIS, I.N.. **A Framework for Constructing Multi-agent Applications and Training Intelligent Agents**. Proceedings of the Fourth International Workshop on Agent-oriented Software Engineering (AOSE-2003), Springer-Verlag, Berlin, 2003.

MORRIS, D. A.; CRAWFORD, K. C.; KLOESEL, K. A.; WOLFINBARGER, J. M.. **OK-FIRST: A Meteorological Information System for Public Safety**. American Meteorological Society, vol. 82, p. 1911-1923, 2001.

NETTO, J. F. de M.. **Uma Arquitetura para Ambientes Virtuais de Convivência - Uma Proposta Baseada em Sistemas Multiagente**. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Vitória - ES, 2006.

NG, C. W.W.; CHIU, D. K.W.. **e-Government Integration with Web Services and Alerts: A Case Study on an Emergency Route Advisory System in Hong Kong**. 39th Hawaii International Conference on System Sciences, 2006.

RUSSEL, S.; NORVIG, P.: **Inteligência Artificial**. Editora Campus, São Paulo, 2013.

SARAIVA, J. M. B. ; CANDIDO, L. ; KUHN, P. A. F.; MOTTA, P. R. A. ; Cunha, A. ; Lima, P.. **Rede de Monitoramento e Pesquisa de Fenômenos Meteorológicos Extremos na Amazônia**. In: XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, São Paulo. Meteorologia e as cidades, 2008.

SOUZA, M. B., NETTO, José F. M. **Modelagem do Laboratório de Acesso Remoto de Robótica Educacional Utilizando a Metodologia MaSE**. In: II Escola Regional de Informática - Informática e os Desafios Regionais. Porto Alegre: SBC, 2010.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R.. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo : Instituto Geológico, 2009. 197 p.

TRAYNOR, P.. **Characterizing the Security Implications of Third-Party Emergency Alert Systems Over Cellular Text Messaging Services**. IEEE Transactions On Mobile Computing, 2011.

UENG, T. S.; TSAI, Z.D.; CHANG, J.C.. **SMS alert system at NSRRC**. Particle Accelerator Conference (PAC07). IEEE , p.401,403, 25-29 jun. de 2007.

UN/ISDR. **Developing early warning systems, a checklist**. Third International Conference on Early Warning (EWC III). 26-27 march 2006, Bonn, Germany.

VENDRASCO, É.; ANGELIS, C.; BRANCO, E.; RÉ, C.; SANTOS, M.. **Desenvolvimento de um Sistema Automático de Monitoramento Meteorológico**. XVI CBMET - Congresso Brasileiro de Meteorologia. Belém, PA. 2010.

VERMA, P.; VERMA, D.C.. **Internet Emergency Alert System**. IEEE Military Communications Conference, 2005.

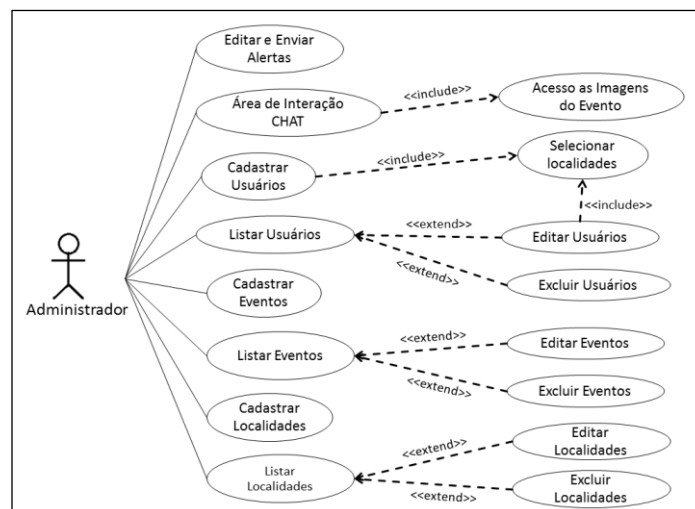
WOOLDRIDGE, Michael. **An Introduction to Multiagent Systems**. Ed. Wiley: England, 2009.

APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DOS CASOS DE USO

Neste apêndice serão apresentadas as descrições dos Casos de Uso dos dois atores humanos: Administrador e Usuário Comum. Os Casos de Uso dos AIs não foram descritos tendo em vista que os mesmos foram projetados utilizando a metodologia *MaSE*.

A Figura A1.1 apresenta os Casos de Uso do ator Administrador

Figura A1.1 - Casos de Uso do ator Administrador.



Fonte: Elaborado pelo autor.

1) Caso de Uso - Editar e Enviar Alertas

Ator envolvido: Administrador.

Pré-condições: Após o ator acessar o sistema com seu *login* e senha cadastrados no sistema, a primeira página que aparece é a tela de Edição e Envio do alerta.

Fluxo Principal (FP):

1. O sistema exibe uma página contendo um formulário com as informações do alerta. **(RN/1)**
2. O ator edita e/ou confirma as informações do alerta e clica no botão Salvar.
3. O sistema apresenta uma tabela com as informações do alerta. **(FA/1) (FA/2)**
4. O ator clica em [ENVIAR ALERTA].

5. O sistema envia o alerta para todos os usuários cadastrados para a localidade do alerta. (RN/2) (RN/3) (RN/4)
6. O Caso do Uso termina.

Fluxo Alternativo (FA):**FA/1**

1. O ator clica em [Listar Pessoas]. (RN/2)
2. O sistema apresenta a lista de pessoas cadastradas para aquela localidade.
3. O ator clica no botão [ENVIAR ALERTA].
4. Volta para o fluxo principal 5.

FA/2

1. O ator clica em [Excluir].
2. O sistema exclui o alerta em questão.
3. Volta para o fluxo principal 1.

Regra de Negócio (RN):

RN/1 - Preencher todos os campos do formulário: Data-Hora, Tipo de Evento, Função, Validade, Localidade, Responsável e Texto do alerta.

RN/2 - É necessário haver usuários cadastrados para a localidade em questão.

RN/3 - O Modem *GSM* deve estar devidamente configurado e funcionando para enviar o alerta via *SMS*.

RN/4 - A Internet deve estar funcionando para enviar o alerta via *E-mail*.

2) Caso de Uso – Área de Interação - Chat

Ator envolvido: Administrador

Pré-condições: Após o ator clicar no *menu* [Área de Interação].

Fluxo Principal (FP):

1. O sistema exibe uma página contendo as imagens do evento que está ocorrendo além de um *Chat*. (RN/1)

2. O ator poderá conversar com outros usuários que estiverem *on-line* escrevendo em uma caixa de texto e clicando no botão [Falar] ou pressionando a tecla ENTER. (FA/1) (FA/2)
3. O sistema apresenta uma área de texto contendo o que o usuário digitou e aquilo que outros usuários *on-line* digitaram.
4. O Caso do Uso termina.

Fluxo Alternativo (FA):**FA/1**

1. O ator clica no botão [Enviar *link* para termo de uso]. (RN/2)
2. O sistema apresenta na área de texto um *link* “Leia nosso termo de uso”.
3. Ao clicar no *link* o ator é direcionado a uma página que explica os termos de uso do *Chat*.
4. Volta para o fluxo principal 1.

FA/2

1. O ator clica no botão [Reinicializar *Chat*]. (RN/2)
2. O sistema apresenta uma caixa perguntando se o ator que reinicializar a *Chat*.
3. Ao clicar no botão [Ok] o sistema reinicializa o *Chat* apagando todas as conversas atuais.
4. Volta para o fluxo principal 1.

Regra de Negócio (RN):

RN/1 – As imagens do evento devem ser previamente cadastradas para que possam aparecer na Área de Interação.

3) Caso de Uso – Cadastrar Usuários

Ator envolvido: Administrador.

Pré-condições: Após o ator clicar no *menu* [Cadastrar Usuários].

Fluxo Principal (FP):

1. O sistema exibe uma página contendo um formulário com as informações de cadastro do usuário.

2. O ator preenche o formulário e seleciona todas as localidades de responsabilidade do usuário e clica no botão salvar [Salvar]. (RN/1) (FA/1)
3. O sistema apresenta uma página confirmando o cadastro e mostrando todas as informações do usuário cadastrado. (FE/1) (FE/2)
4. O Caso do Uso termina.

Fluxo Alternativo (FA):

FA/1

1. O ator clica em [Limpar]. (RN/2)
2. O sistema limpa todos os campos do formulário.
3. Volta para o fluxo principal 1.

Fluxo de Exceção (FE):

FE/1

1. O sistema apresenta os campos inválidos ou não preenchidos do formulário.
2. Volta para o fluxo principal 1.

FE/2

1. O sistema indica que não aceita acentuações e/ou duplicações de campos únicos no Banco de Dados: Telefone, E-mail e Nome.
2. Volta para o fluxo principal 1.

Regra de Negócio (RN):

RN/1 - Preencher todos os campos do formulário: Nome, E-mail, Telefone, Função, Instituição, Permissão, *Login*, Senha e as localidades de responsabilidade do usuário.

4) Caso de Uso – Listar Usuários

Ator envolvido: Administrador.

Pré-condições: Após o ator clicar no *menu* [Listar Usuários].

Fluxo Principal (FP):

1. O sistema exibe uma página contendo uma lista de todos os usuários cadastrados e suas informações principais.
2. O ator clica na opção [Editar]. **(FA/1)**
3. O sistema apresenta uma página com um formulário com todas as informações do usuário.
4. O ator edita as informações necessárias e clica em [Salvar]. **(RN/1)**
5. O sistema apresenta uma página confirmando a edição do cadastro e mostrando todas as informações atualizadas do usuário. **(FE/1) (FE/2)**
6. O Caso do Uso termina.

Fluxo Alternativo (FA):**FA/1**

1. O ator clica em [Excluir]. **(RN/2)**
2. O sistema exclui o usuário em questão.
3. Volta para o fluxo principal 1.

Fluxo de Exceção (FE):**FE/1**

1. O sistema apresenta os campos inválidos ou não preenchidos do formulário.
2. Volta para o fluxo principal 1.

FE/2

1. O sistema indica que não aceita acentuações e/ou duplicações de campos únicos no Banco de Dados: Telefone, E-mail e Nome.
2. Volta para o fluxo principal 1.

Regra de Negócio (RN):

RN/1 - Preencher todos os campos do formulário: Nome, E-mail, Telefone, Função, Instituição, Permissão, *Login*, Senha e as localidade de responsabilidade do usuário.

5) Caso de Uso – Cadastrar Eventos

Ator envolvido: Administrador.

Pré-condições: Após o ator clicar no *menu* [Cadastrar Eventos].

Fluxo Principal (FP):

1. O sistema exibe uma página contendo um formulário com as informações de cadastro do evento.
2. O ator preenche o formulário e realiza o upload da imagem (.gif) do evento e clica em [Salvar]. **(RN/1)**
3. O sistema apresenta uma página confirmando o cadastro e mostrando todas as informações do evento cadastrado. **(FE/1)**
4. O Caso do Uso termina.

Fluxo de Exceção (FE):

FE/1

1. O sistema indica que não aceita campos acentuados ou não preenchidos no formulário.
2. Volta para o fluxo principal 1.

Regra de Negócio (RN):

RN/1 - Preencher todos os campos do formulário: Nome Evento, Tipo, Magnitude, Localidade, Raio, Características, Dia e Hora.

6) Caso de Uso – Listar Eventos

Ator envolvido: Administrador.

Pré-condições: Após o ator clicar no *menu* [Listar Eventos].

Fluxo Principal (FP):

1. O sistema exibe uma página contendo uma lista de todos os eventos cadastrados e suas informações.

2. O ator clica na opção [Editar]. **(FA/1)**
3. O sistema apresenta uma página com um formulário com todas as informações do evento.
4. O ator edita as informações necessárias e clica em [Salvar]. **(RN/1)**
5. O sistema apresenta uma página confirmando a edição do cadastro e mostrando todas as informações atualizadas do evento. **(FE/1) (FE/2)**
6. O Caso do Uso termina.

Fluxo Alternativo (FA):**FA/1**

1. O ator clica em [Excluir]. (RN/2)
2. O sistema exclui o evento em questão.
3. Volta para o fluxo principal 1.

Fluxo de Exceção (FE):**FE/1**

1. O sistema indica que não aceita campos acentuados ou não preenchidos no formulário.
2. Volta para o fluxo principal 1.

Regra de Negócio (RN):

RN/1 - Preencher todos os campos do formulário: Nome Evento, Tipo, Magnitude, Localidade, Raio, Características, Dia e Hora.

7) Caso de Uso – Cadastrar Localidade

Ator envolvido: Administrador.

Pré-condições: Após o ator clicar no *menu* [Cadastrar Localidades].

Fluxo Principal (FP):

1. O sistema exibe uma página contendo um formulário com um campo para digitar o nome da localidade a ser cadastrada.

2. O ator preenche o nome da localidade clica em [Salvar]. (RN/1)
3. O sistema apresenta uma página confirmando o cadastro da localidade. (FE/1)
4. O Caso do Uso termina.

Fluxo de Exceção (FE):**FE/1**

1. O sistema indica que não aceita campos acentuados ou não preenchidos no formulário.
2. Volta para o fluxo principal 1.

Regra de Negócio (RN):

RN/1 - Preencher o campo “Nome Localidade” do formulário.

8) Caso de Uso – Listar Localidades

Ator envolvido: Administrador.

Pré-condições: Após o ator clicar no *menu* [Listar Localidades].

Fluxo Principal (FP):

1. O sistema exibe uma página contendo uma lista de todas as localidades cadastradas.
2. O ator clica na opção [Editar]. (FA/1)
3. O sistema exibe uma página contendo um formulário com um campo com o nome da localidade a ser editada.
4. O ator edita o nome da localidade e clica em [Salvar]. (RN/1)
5. O sistema apresenta uma página confirmando a edição do cadastro da localidade. (FE/1)
6. O Caso do Uso termina.

Fluxo Alternativo (FA):**FA/1**

1. O ator clica em [Excluir]. (RN/2)

2. O sistema exclui a localidade em questão.
3. Volta para o fluxo principal 1.

Fluxo de Exceção (FE):

FE/1

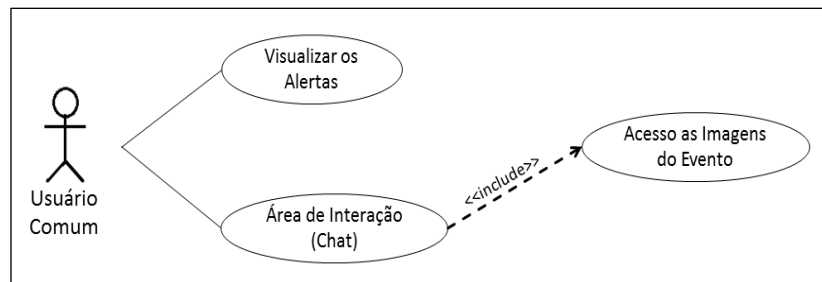
1. O sistema indica que não aceita campos acentuados ou não preenchidos no formulário.
2. Volta para o fluxo principal 1.

Regra de Negócio (RN):

RN/1 - Preencher o campo “Nome Localidade” do formulário.

A Figura A1.2 apresenta os Casos de Uso do ator Usuário Comum.

Figura A1.2 - Casos de Uso do ator Usuário Comum.



Fonte: Elaborado pelo autor.

9) Caso de Uso – Visualizar os Alertas

Ator envolvido: Usuário Comum.

Pré-condições: Após o ator acessar o sistema com seu *login* e senha cadastrados no sistema, a primeira página que aparece é a tela de Visualização dos Alertas.

Fluxo Principal (FP):

1. O sistema exibe uma página contendo uma tabela com as informações do alerta: Data-Hora, Nome Evento, Texto, Localidade, Validade Atual e *Status*. (RN/1)
2. O Caso do Uso termina.

Regra de Negócio (RN):

RN/1 – O evento deve estar devidamente cadastrado pelo Administrador para que apareça nesta área para o Usuário Comum.

10) Caso de Uso – Área de Interação - Chat

Ator envolvido: Usuário Comum

Pré-condições: Após o ator clicar no *menu* [Área de Interação].

Fluxo Principal (FP):

1. O sistema exibe uma página contendo as imagens do evento que está ocorrendo além de um *Chat*. (RN/1)
2. O ator poderá conversar com outros usuários que estiverem *on-line* escrevendo em uma caixa de texto e clicando no botão [Falar] ou pressionando a tecla ENTER.
3. O sistema apresenta uma área de texto contendo o que o usuário digitou e aquilo que outros usuários *on-line* digitaram.
4. O Caso do Uso termina.

Regra de Negócio (RN):

RN/1 – As imagens do evento devam ser previamente cadastradas para que possam aparecer na Área de Interação.

APÊNDICE B – DADOS DOS TESTES

O alerta foi emitido às 14h23min12seg do dia 18 de janeiro deste ano, com validade de 30 minutos. As Tabelas A1.1 e A1.2 apresentam os dados dos testes.

Do 1º ao 3º envio do alerta via SMS:

Tabela A2.1 - Dados dos Testes (1º parte).

	Horário de confirmação do recebimento	Tempo de resposta	1º Grupo de SMSs			2º Grupo de SMSs			3º Grupo de SMSs		
			Enviado	Recebido	Tempo de entrega	Enviado	Recebido	Tempo de entrega	Enviado	Recebido	Tempo de entrega
Usuário 1	14:26:45	00:03:33	14:23:27	14:23:59	00:00:32	14:25:50	14:26:32	00:00:42			
Usuário 2	14:39:31	00:16:19	14:23:52	14:24:13	00:00:21	14:26:28	14:26:37	00:00:09	14:29:28	14:29:47	00:00:19
Usuário 3			14:25:23	14:26:48	00:01:25	14:25:32	14:26:48	00:01:16	14:30:04	14:30:12	00:00:08
Usuário 4	14:30:01	00:06:49	14:24:48	14:25:01	00:00:13	14:24:53	14:25:03	00:00:10			
Usuário 5	14:40:32	00:17:20	14:23:20	14:23:38	00:00:18	14:25:44	14:26:18	00:00:34	14:29:11	14:29:26	00:00:15
Usuário 6			14:23:08	14:25:58	00:00:50	14:25:12	14:26:14	00:01:02	14:29:54	14:30:01	00:00:07
Usuário 7	14:25:19	00:02:07	14:23:56	14:24:10	00:00:14	14:26:35	14:26:51	00:00:16			
Usuário 8	14:26:22	00:03:10	14:23:14	14:23:30	00:00:16	14:25:37	14:25:53	00:00:16			
Usuário 9			14:24:59			14:25:03			14:29:49		
Usuário 10	14:41:09	00:17:57	14:23:40	14:23:52	00:00:12	14:26:20	14:26:29	00:00:09	14:29:21	14:29:31	00:00:10
Usuário 11	14:28:03	00:04:51	14:23:23	14:24:08	00:00:45	14:25:46	14:26:20	00:00:34			
Usuário 12			14:24:26	14:24:39	00:00:13	14:26:47	14:26:59	00:00:12	14:29:40	14:29:53	00:00:13
Usuário 13	14:27:45	00:04:33	14:24:00	14:24:27	00:00:27	14:26:39					
Usuário 14	14:51:30	00:28:18	14:23:17	14:23:50	00:00:33	14:25:40	14:26:27	00:00:47	14:29:08	14:29:35	00:00:27
Usuário 15	14:25:55	00:02:43	14:23:30	14:24:01	00:00:31	14:25:55	14:26:34	00:00:39	14:29:14	14:29:27	00:00:13
Usuário 16	14:27:03	00:03:51	14:24:32	14:24:44	00:00:12	14:24:35	14:24:51	00:00:16			
Usuário 17	14:51:39	00:28:27	14:23:36	14:24:04	00:00:28	14:26:14	14:26:30	00:00:16	14:29:17	14:29:42	00:00:25
Usuário 18	14:38:02	00:14:50	14:24:39	14:24:53	00:00:14	14:24:44	14:25:56	00:01:12	14:29:44	14:29:54	00:00:10
Usuário 19			14:25:17			14:25:20			14:30:00		
Média do Tempo de resposta =		00:11:03	19		00:00:27	19		00:00:32	12		00:00:15

Fonte: Elaborado pelo autor.

Do 4º ao 7º envio do alerta via SMS:

Tabela A2.2 - Dados dos Testes (2ª parte).

4º Grupo de SMSs			5º Grupo de SMSs			6º Grupo de SMSs			7º Grupo de SMSs						
Usuário	Enviado	Recebido	Tempo de entrega	Usuário	Enviado	Recebido	Tempo de entrega	Usuário	Enviado	Recebido	Tempo de entrega				
Usuário 1															
Usuário 2	14:34:18	14:34:48	00:00:30												
Usuário 3	14:35:04	14:35:19	00:00:15		14:39:28	14:39:36	00:00:08		14:44:15	14:44:32	00:00:17				
Usuário 4															
Usuário 5	14:34:05	14:34:22	00:00:17		14:39:06	14:39:24	00:00:18		14:44:02	14:44:09	00:00:07				
Usuário 6	14:34:56	14:35:04	00:00:08		14:39:22	14:39:27	00:00:05		14:44:11						
Usuário 7															
Usuário 8															
Usuário 9	14:34:52				14:39:19				14:44:08						
Usuário 10	14:34:15	14:34:28	00:00:13		14:39:12	14:39:23	00:00:11								
Usuário 11															
Usuário 12	14:34:24	14:34:48	00:00:24		14:39:16				14:44:05	14:44:47	00:00:42				
Usuário 13															
Usuário 14	14:34:02	14:34:11	00:00:09		14:39:03										
Usuário 15	14:34:09	14:34:23	00:00:14		14:39:09	14:39:24	00:00:15								
Usuário 16															
Usuário 17	14:34:13	14:34:27	00:00:14												
Usuário 18	14:34:46	14:34:54	00:00:08												
Usuário 19	14:35:01				14:39:31				14:44:18						
	12		00:00:15		9		00:00:11		6		00:00:22		5		00:00:06

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabelas resumos:

Tabela A2.3 - Termos utilizados.

Horário de confirmação do recebimento:	Horário que o usuário confirmou o recebimento do alerta seja acessando o SAMAM ou respondendo com um <i>SMS</i> .
Tempo de resposta:	Tempo que o usuário demorou a responder ao alerta
Enviado:	Horário de envio do <i>SMS</i>
Recebido:	Horário de recebimento do <i>SMS</i>
Tempo de entrega:	Tempo que o <i>SMS</i> demorou a ser recebido

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela A2.4 - Confirmação do alerta no decorrer do tempo.

Tempo decorrido do alerta	Confirmados	Não confirmados	Porcentagem de alertados
10 minutos	8	11	42,11%
20 minutos	12	7	63,16%
30 minutos	14	5	73,68%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela A2.5 - Métricas do Tempo de resposta.

Média do tempo de resposta:	00:11:03
Menor tempo de resposta:	00:02:07
Maior tempo de resposta:	00:28:27

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela A2.6 - Métricas do Tempo de entrega.

Média do tempo de entrega do <i>SMS</i>:	00:00:22	
Menor tempo de entrega do <i>SMS</i>:	00:00:05	
Maior tempo de entrega do <i>SMS</i>:	00:01:25	
Desvio Padrão do tempo de entrega do <i>SMS</i>:	17,6 seg.	
Intervalo de Confiança (95%) do tempo de entrega	4,3 seg.	(17,8 – 26,4)
Total de <i>SMS</i> enviados:	82	

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE C – ANÁLISE DE CORRELAÇÃO

Análise de correlação entre a variável dependente (Y) “Tempo de entrega” e variável independente (X) a Ordem de envio do SMS. As Tabelas A3.1 e A3.2 apresentam as variáveis e os cálculos básicos.

Tabela A3.1 - Variáveis “Tempo de entrega” e “Ordem de envio” (1ª parte).

Tempo de entrega(s) (Y_i)	$Y_i - \bar{Y}$	$[Y_i - \bar{Y}]^2$	Ordem de envio (X_i)	$X_i - \bar{X}$	$[X_i - \bar{X}]^2$	$[Y_i - \bar{Y}] \times [X_i - \bar{X}]$	$X_i \times Y_i$	X_i^2
32	10	100	1	-31,5	992,25	-315	32	1
21	-1	1	2	-30,5	930,25	30,5	42	4
85	63	3969	3	-29,5	870,25	-1858,5	255	9
13	-9	81	4	-28,5	812,25	256,5	52	16
18	-4	16	5	-27,5	756,25	110	90	25
50	28	784	6	-26,5	702,25	-742	300	36
14	-8	64	7	-25,5	650,25	204	98	49
16	-6	36	8	-24,5	600,25	147	128	64
12	-10	100	9	-23,5	552,25	235	108	81
45	23	529	10	-22,5	506,25	-517,5	450	100
13	-9	81	11	-21,5	462,25	193,5	143	121
27	5	25	12	-20,5	420,25	-102,5	324	144
33	11	121	13	-19,5	380,25	-214,5	429	169
31	9	81	14	-18,5	342,25	-166,5	434	196
12	-10	100	15	-17,5	306,25	175	180	225
28	6	36	16	-16,5	272,25	-99	448	256
14	-8	64	17	-15,5	240,25	124	238	289
42	20	400	18	-14,5	210,25	-290	756	324
9	-13	169	19	-13,5	182,25	175,5	171	361
76	54	2916	20	-12,5	156,25	-675	1520	400
10	-12	144	21	-11,5	132,25	138	210	441
34	12	144	22	-10,5	110,25	-126	748	484
62	40	1600	23	-9,5	90,25	-380	1426	529
16	-6	36	24	-8,5	72,25	51	384	576
16	-6	36	25	-7,5	56,25	45	400	625
9	-13	169	26	-6,5	42,25	84,5	234	676
34	12	144	27	-5,5	30,25	-66	918	729
12	-10	100	28	-4,5	20,25	45	336	784
47	25	625	29	-3,5	12,25	-87,5	1363	841
39	17	289	30	-2,5	6,25	-42,5	1170	900

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela A3.2 - Variáveis “Tempo de entrega” e “Ordem de envio” (2ª parte).

Tempo de entrega(s) (Y_i)	$Y_i - \bar{Y}$	$[Y_i - \bar{Y}]^2$	Ordem de envio (X_i)	$X_i - \bar{X}$	$[X_i - \bar{X}]^2$	$[Y_i - \bar{Y}] \times [X_i - \bar{X}]$	$X_i \times Y_i$	X_i^2
16	-6	36	31	-1,5	2,25	9	496	961
16	-6	36	32	-0,5	0,25	3	512	1024
72	50	2500	33	0,5	0,25	25	2376	1089
19	-3	9	34	1,5	2,25	-4,5	646	1156
8	-14	196	35	2,5	6,25	-35	280	1225
15	-7	49	36	3,5	12,25	-24,5	540	1296
7	-15	225	37	4,5	20,25	-67,5	259	1369
10	-12	144	38	5,5	30,25	-66	380	1444
13	-9	81	39	6,5	42,25	-58,5	507	1521
27	5	25	40	7,5	56,25	37,5	1080	1600
13	-9	81	41	8,5	72,25	-76,5	533	1681
25	3	9	42	9,5	90,25	28,5	1050	1764
10	-12	144	43	10,5	110,25	-126	430	1849
30	8	64	44	11,5	132,25	92	1320	1936
15	-7	49	45	12,5	156,25	-87,5	675	2025
17	-5	25	46	13,5	182,25	-67,5	782	2116
8	-14	196	47	14,5	210,25	-203	376	2209
13	-9	81	48	15,5	240,25	-139,5	624	2304
24	2	4	49	16,5	272,25	33	1176	2401
9	-13	169	50	17,5	306,25	-227,5	450	2500
14	-8	64	51	18,5	342,25	-148	714	2601
14	-8	64	52	19,5	380,25	-156	728	2704
8	-14	196	53	20,5	420,25	-287	424	2809
8	-14	196	54	21,5	462,25	-301	432	2916
18	-4	16	55	22,5	506,25	-90	990	3025
5	-17	289	56	23,5	552,25	-399,5	280	3136
11	-11	121	57	24,5	600,25	-269,5	627	3249
15	-7	49	58	25,5	650,25	-178,5	870	3364
17	-5	25	59	26,5	702,25	-132,5	1003	3481
7	-15	225	60	27,5	756,25	-412,5	420	3600
42	20	400	61	28,5	812,25	570	2562	3721
7	-15	225	62	29,5	870,25	-442,5	434	3844
5	-17	289	63	30,5	930,25	-518,5	315	3969
6	-16	256	64	31,5	992,25	-504	384	4096

Fonte: Elaborado pelo autor.

Cálculos intermediários:

$$\bar{Y} = 22,09$$

$$\bar{X} = 32,50$$

$$\sum [Y_i - \bar{Y}] = 6$$

$$\sum [Y_i - \bar{Y}]^2 = 19498$$

$$\sum [X_i - \bar{X}] = 0$$

$$\sum [X_i - \bar{X}]^2 = 21840$$

$$\sum \{[Y_i - \bar{Y}] \times [X_i - \bar{X}]\} = -7893$$

$$\sum [X_i \times Y_i] = 38062$$

$$\sum (X_i)^2 = 89440$$

Cálculos do coeficiente de correlação de Pearson (R_{xy}), coeficiente angular (b) e coeficiente linear (a):

$$R_{xy} = \frac{\sum \{[Y_i - \bar{Y}] \times [X_i - \bar{X}]\}}{(\sum [X_i - \bar{X}]^2) \times (\sum [Y_i - \bar{Y}]^2)}$$

$$\mathbf{R_{xy} = -0,382490588}$$

$$b = \frac{\sum [X_i - \bar{X}] \times \sum [Y_i - \bar{Y}]}{\sum [X_i - \bar{X}]^2}$$

$$\mathbf{b = -0,361401099}$$

$$a = \bar{Y} - b \times \bar{X}$$

$$\mathbf{a = 33,83928571}$$

Cálculo da reta de regressão.

$$Y = a + bX$$

$$Y = 33,8392 - 0,3614X$$

A Tabela A3.3 apresenta dois pontos, utilizados para plotar a reta de regressão.

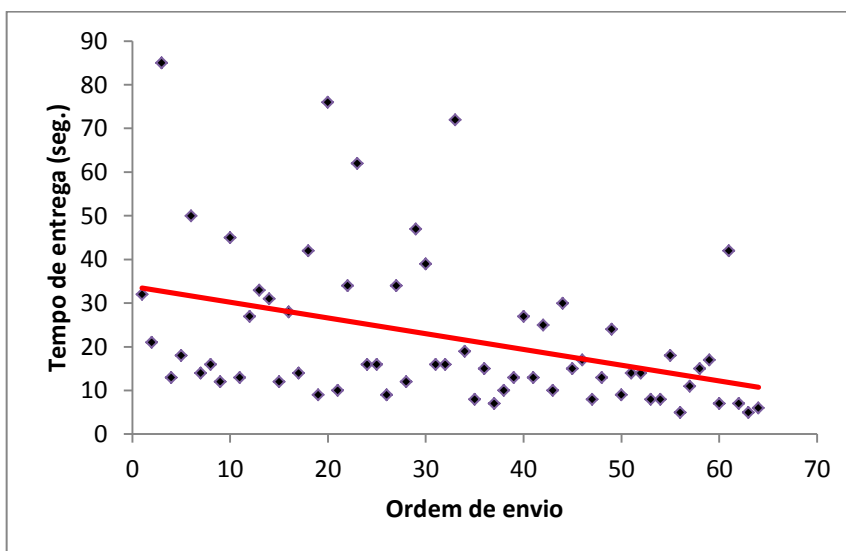
Tabela A3.3 - Dois pontos da reta de regressão.

X	Y
1	33,47788462
64	10,70961538

Fonte: Elaborado pelo autor.

Reta de regressão calculada e a nuvem de pontos do “Tempo de entrega”, conforme a Figura A3.1.

Figura A3.1 - Nuvem de pontos e reta de regressão.



Fonte: Elaborado pelo autor.