

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

**Sistema de Alerta Inteligente para Apoiar à Comunicação e o
Envio de Alertas Meteorológicos na Amazônia**

Proponente: André Alves Nogueira
Orientador: DSc. José Francisco de Magalhães Netto

Proposta de 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.

**Manaus – AM
Julho de 2013**

Sistema de Alerta Inteligente para Apoiar à Comunicação e o Envio de Alertas Meteorológicos na Amazônia

André Alves Nogueira
andre.ufam@gmail.com

Mestrado em Informática
Universidade Federal do Amazonas

Resumo: *Eventos meteorológicos extremos podem gerar desastres naturais, acompanhado de grandes 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. A importância de um SAM destina-se principalmente a ação da Defesa Civil e órgãos competentes junto à população em função dos eventos extremos ocorridos. Este trabalho pretende estudar, planejar e implementar um Sistema de Alerta gerenciado por um Sistema Multiagente.*

LISTA DE SIGLAS

| | |
|--------|--|
| AVA | Ambiente Virtual de Aprendizagem |
| CTOs | Centros Técnicos e Operacionais |
| EMIS | Environmental Monitoring Information Systems |
| FIPA | Foundation for Intelligent Physical Agents |
| GDACS | Global Disaster Alert and Coordination System |
| GTAS | Geo-Targeted Alerting System |
| IDE | Integrated Development Environment |
| ISDR | International Strategy for Disaster Reduction |
| JADE | Java Agent Development Framework |
| Moodle | Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment |
| ONGs | Organizações Não Governamentais |
| SAM | Sistema de Alerta Meteorológico |
| SIM | Sistema de Informação Meteorológica |
| SIPAM | Sistema de Proteção da Amazônia |
| SMA | Sistema Multiagente |
| TAF | Terminal Aerodrome Forecasts |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 Introdução..... | 6 |
| 1.1 Definição do problema..... | 7 |
| 1.2 Objetivos | 8 |
| 1.3 Justificativa | 8 |
| 1.4 Estrutura da proposta | 9 |
| 2 Conceitos e Ferramentas Empregadas | 9 |
| 2.1 Sistema Multiagente..... | 9 |
| 2.2 JADE..... | 10 |
| 3 Estudo e Comparações de Trabalhos Relacionados | 10 |
| 3.1 Trabalhos Relacionados | 11 |
| 3.1.1 Sistema Multiagente para Alertas Meteorológicos | 11 |
| 3.1.2 Sistema Automático de Monitoramento Meteorológico | 12 |
| 3.1.3 Sistema Abacus | 14 |
| 3.1.4 Sistema Ok-First | 16 |
| 3.1.5 Sistema O ₃ rtaa | 18 |
| 3.2 Comparações e Resultados | 22 |
| 3.3 Outros trabalhos relevantes | 25 |
| 4 A Proposta | 27 |
| 4.1 Metodologia | 28 |
| 5 Considerações Finais | 29 |
| 6 Cronograma..... | 29 |
| 7 Referências..... | 30 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Definição de Agente | 9 |
| Figura 2. Fluxo geral de dados no Sistema de Alertas | 12 |
| Figura 3. Arquitetura do Sistema Abacus | 15 |
| Figura 4. Categorias do OK-FIRST | 18 |
| Figura 5. Objetivos do sistema e Funções dos agentes | 19 |
| Figura 6. Ontologia indicando os principais conceitos do sistema | 21 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Definição das classes de precipitação, adaptado de Vendrasco (2010). | 13 |
| Tabela 2. Definição das classes de velocidade, adaptado de Vendrasco (2010). | 13 |
| Tabela 3. Resumo das características dos sistemas estudados..... | 25 |
| Tabela 4. Cronograma de atividades desenvolvidas. | 30 |

1 Introdução

Centros Virtuais ou Ambientes Virtuais são sistemas computacionais disponíveis na internet, que são destinados a dar suporte a atividades mediadas pelas tecnologias de informação e comunicação, e permitem a integração de diversos recursos em um só lugar; possibilitando a difusão de informações, interações entre pessoas e socialização na produção de novos conhecimentos.

Centros Virtuais estão cada vez mais presentes em nossa sociedade globalizada. Vários setores estão percebendo a importância da socialização e difusão do conhecimento e estão implantando estes ambientes como forma de possibilitar esta comunicação, dentre os principais podemos citar: instituições de ensino, empresas e entidades governamentais/não governamentais.

Uma Central Virtual para apoiar a difusão de Produtos Meteorológicos na região da Amazônia Legal é de suma importância devido aos constantes eventos extremos ocorridos nesta região, e, pela dificuldade de comunicação existente.

Eventos meteorológicos extremos podem ser categorizados 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 (SARAIWA 2008).

Eventos meteorológicos extremos que podem gerar desastres naturais. Um 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.

Outra conceituação de desastres naturais adotada pela UN-ISDR (2009) indica que desastre é uma significativa perturbação ao cotidiano de uma sociedade ou 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.

Os desastres naturais têm ocorrido repetidamente e com impactos cada vez maiores. Responsáveis por expressivos danos e perdas, de caráter social, econômico e ambiental, os desastres naturais têm tido uma recorrência e impactos cada vez mais intensos, o que os cientistas sugerem já ser resultado das mudanças climáticas globais (TOMINAGA 2009).

Uma maneira de mitigar os danos causados por estes desastres é a utilização de Sistemas de Alertas. Um Sistema de Alerta Meteorológico é um sistema que observa as condições climáticas de uma determinada localidade e, quando os indicadores (sensores, radares, satélites, entre outros) detectam uma alteração perigosa, emitem alertas para pessoas responsáveis ou, em casos específicos, diretamente para as populações em perigo. Em muitos casos, um alerta emitido diretamente para as populações atingidas, geram pânico e, conseqüentemente, dificultam os serviços de emergências, causando maiores perdas.

Segundo Davis (1999) os Sistemas de Alerta estão presentes em várias áreas do conhecimento e possui várias aplicações práticas como em cabines de aeronaves (DEATON 1999) e salas de cirurgia médica (BATES 2001). Eles geralmente são utilizados para monitorar um processo ou 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, quando há possibilidade de perigo; alertas médios, quando os riscos são prováveis e alertas máximos, quando o perigo requer uma resposta imediata.

A importância de um Sistema de Alerta Meteorológico destina-se principalmente a ação da Defesa Civil e órgãos competentes junto à população em função dos eventos extremos ocorridos. Por meio de alertas antecipados, uma série de ações podem ser planejadas e executadas de forma que os efeitos dos eventos extremos sejam minimizados 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 destas ações.

1.1 Definição do problema

O problema abordado nesta pesquisa se resume a três deficiências relacionadas a eventos extremos na Amazônia:

- Deficiência na comunicação referente a eventos extremos ocorridos na Amazônia, focado na emissão de alertas;
- Deficiência na cooperação de pesquisadores durante o acompanhamento dos eventos extremos ocorridos na Amazônia;
- Deficiência na coordenação de equipes de emergência (questão logística).

1.2 Objetivos

Geral: Projetar e Implementar um Sistema de Alerta Meteorológico para possibilitar a mobilização de pessoas por meio de alertas, possibilitando aos gestores comunicar rapidamente as equipes de emergência por meio de alertas enviados via e-mail e SMS (celular).

Específicos:

- (1) Realizar levantamento das características fundamentais de Sistema de Alerta Meteorológico;
- (2) Projetar um Sistema de Alerta e um Sistema Multiagente para apoiá-lo;
- (3) Desenvolver o Sistema de Alerta Inteligente;
- (4) Testar o Sistema com relação a precisão e eficiência dos alertas enviados comparando-o com formas atuais de envio.

1.3 Justificativa

A Central possibilitará uma rápida divulgação dos Alertas Meteorológicos para os órgãos competentes; atualmente esta comunicação tem sido realizada por meio de emails ou até mesmo por telefone.

A aproximação de usuários com o mesmo perfil e/ou necessidades semelhantes é outro fator necessário que justifica esta pesquisa, pois proporciona um aumento na colaboração e construção de conhecimentos sobre os eventos extremos que ocorrem na Amazônia Legal, contribuindo para o avanço nas pesquisas sobre esta área.

Enfim, a importância da criação de uma Central Virtual Meteorológica para a Amazônia se refere principalmente a ação da Defesa Civil e órgãos competentes junto à população em função dos eventos extremos que tem acontecido 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 destas ações.

1.4 Estrutura da proposta

Além desta seção de Introdução, esta proposta está estruturada da seguinte forma: a seção 2 trata dos conceitos e ferramentas que serão empregadas neste trabalho; na seção 3 é feito um estudo e comparação sobre os trabalhos relacionados ao tema da pesquisa; a seção 4 apresenta a proposta de mestrado, que contém os métodos que serão utilizados para o desenvolvimento do sistema; a seção 5 apresenta as considerações finais, a seção 6 o cronograma e a seção 7, as referências bibliográficas.

2 Conceitos e Ferramentas Empregadas

Nesta seção apresenta-se uma revisão da literatura a respeito das ferramentas e conceitos que serão utilizados neste trabalho.

2.1 Sistema Multiagente

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 Figura 1.

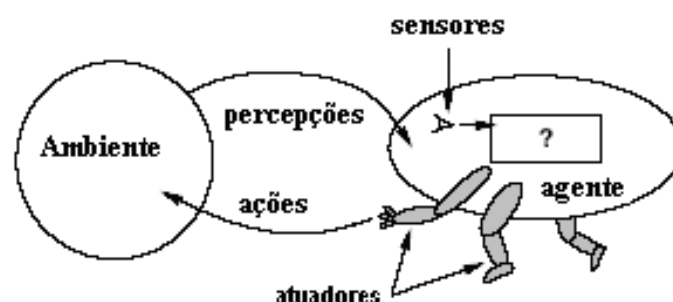


Figura 1. Definição de Agente, segundo Russel e Norvig (2004).

Segundo Jack Krupansky (AGTIVITY, 2011), 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 infra-estrutura resultante é um “sistema”, em oposição à simplesmente ser um conjunto disjunto de agentes autônomos”. Logo, o conceito de SMA se refere a um conjunto de Agentes trabalhando autonomamente em conjunto, para alcançar objetivos individuais ou coletivos.

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). Um dos principais *frameworks* utilizados é o JADE (2011) - **J**ava **A**gent **D**evelopment Framework.

2.2 JADE

JADE é um framework totalmente implementado em linguagem Java, que simplifica a implementação de Sistemas Multiagente 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 agente movimentam-se de uma máquina para outra, conforme o necessário.

Logo, a ferramenta JADE funciona como um facilitador na criação de Sistemas Multiagente, 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 em JADE, dentre elas, configurar o JADE e efetuar a compilação e execução através de linhas de comando ou integrar o JADE a IDE Eclipse para utilizar a mesma como plataforma de desenvolvimento e execução dos agentes.

3 Estudo e Comparações de Trabalhos Relacionados

Na seção 3.1 apresenta-se um levantamento sobre Sistemas de Alerta Meteorológicos e suas aplicações, com o objetivo de conhecer as tecnologias que estão sendo empregadas e suas possíveis restrições; na seção 3.2 apresenta-se uma comparação destes trabalhos por meio de

cinco características que consideradas fundamentais: Precisão na entrega de alertas, Sistema distribuído e inteligente, Consistência e validade dos alertas, Modularidade e evolução do sistema e Tolerância a falhas; além disso, na seção 3.3 é apresentado alguns trabalhos que não possuem uma ligação direta ao tema da pesquisa, mas que possuem alguns elementos que são relevantes conhecer.

3.1 Trabalhos Relacionados

Nesta seção serão apresentados diversos Sistemas de Alerta existentes, que objetivam informar sobre o atual estágio destes sistemas e suas devidas aplicações.

3.1.1 Sistema Multiagente para Alertas Meteorológicos

Este trabalho descreve a utilização de um Sistema Multiagente 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 agentes inteligentes é um excelente candidato para esta funcionalidade, pois suportam processos distribuídos e complexos.

Este projeto é baseado na interação entre um Sistema Multiagente 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 terá a inteligência para lidar com uma série de questões, como:

- Se esse alerta já havia sido previamente emitido;
- Qual é a importância do alerta;
- Se os alertas estão sendo respondidos;
- Tolerância e recuperação de falhas;
- 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 entrada de dados em tempo real e uma camada de gerenciamento, que é

fundamental para a arquitetura global. Esses componentes podem ser executados em uma máquina local ou podem ser executados em máquinas diferentes por toda a rede.

O Agente de relatório por minuto verifica as informações das estações meteorológicas (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 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, conforme a Figura 2.

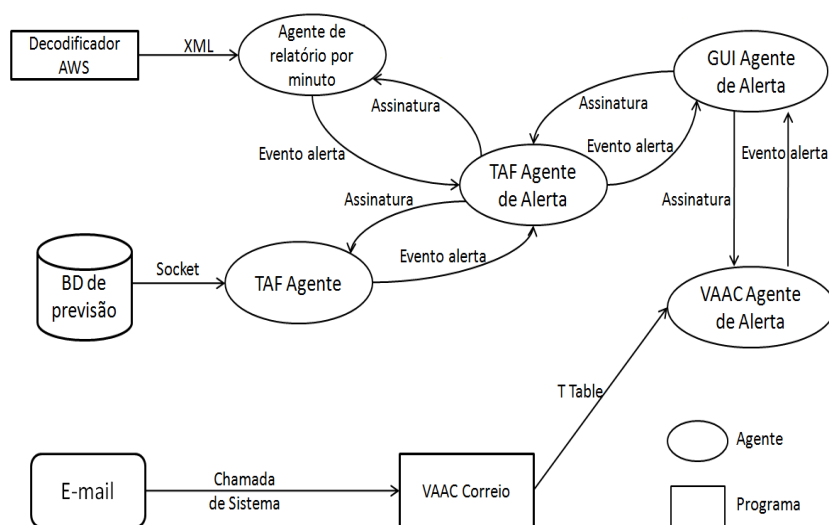


Figura 2. Fluxo geral de dados no Sistema de Alertas, adaptado de Mathieson (2004).

O sistema multiagente utiliza o *framework JACK Intelligent Agents* (2011), 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 Sistemas Multiagentes.

3.1.2 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 / INPE), 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 determinado um série de condições, enviam alertas de acordo com a intensidade do evento. Além disso, existe a possibilidade de registrar números de telefone 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 1 e 2.

Tabela 1. Definição das classes de precipitação, adaptado de Vendrasco (2010).

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

Tabela 2. Definição das classes de velocidade, adaptado de Vendrasco (2010).

| Velocidade do vento (ms-1) | Classificação |
|----------------------------|------------------|
| $5 < V \leq 8$ | Moderada - Verde |

| | |
|-----------------|--------------------|
| $8 < V \leq 15$ | Forte - Amarelo |
| $V > 15$ | Intensa - Vermelho |

É apresentada uma poderosa 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, além disso, por meio de um modelo numérico é capaz de realizar previsões de até 48 horas de antecedência.

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.”

Assim, o sistema descrito é mais uma opção para órgãos e instituições que necessitam de previsões de tempo confiáveis e alertas a respeito de condições climáticas adversas.

3.1.3 Sistema Abacus

O sistema denominado Abacus (ATHANASIADIS 2009) foi desenvolvido para o Serviço Meteorológico de 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 meteorologistas” artificiais, gerenciam os dados do radar e monitoram adequadamente todas as informações produzidas.

O sistema possui os seguintes objetivos principais:

- a) Transformação, análise e pré-processamento dos dados do radar;
- b) Monitoração das condições meteorológicas e sua evolução no tempo;

c) Distribuição dos serviços meteorológicos ao público autorizado e emissão de alertas por meio de *e-mail* ou diretamente na *Web*.

Para obtenção destes 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, para os meteorologistas. Havendo atividades anormais, o sistema poderá divulgar as informações por três formas: Enviando um *e-mail* para uma lista predeterminada, contendo as informações relevantes a situação; 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 pelo motivo de poder gerar conclusões precipitadas por 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 funcionais, conforme Figura 3:

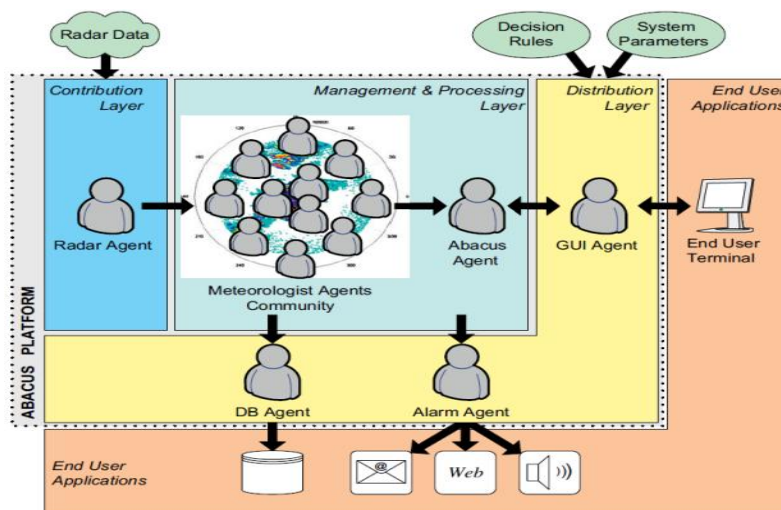


Figura 3. Arquitetura do Sistema Abacus (ATHANASIADIS 2009).

1 – A Camada de Contribuição 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.

2 – Na Camada 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.

3 – Na Camada de Distribuição 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*, que é 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 gerenciar e enriquecer os dados de um radar meteorológico.

3.1.4 Sistema Ok-First

O Sistema OK-FIRST foi desenvolvido no Centro de Pesquisas Climatológicas de Oklahoma (EUA) a tem como objetivo apoiar agências de segurança pública local como Corpo de Bombeiros, Polícia e Agências de Gestão 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 os agentes de socorro têm ocorrido, gerando graves perdas. Na maioria das vezes o Serviço Meteorológico tem produzido excelentes previsões, entretanto, os serviços de socorro não receberam ou não agiram de acordo com os alertas previstos. Ou seja, a comunicação e a disseminação dessas informações críticas devem ser realizadas de forma adequada, de forma que garanta a segurança e proteção das populações atingidas.

O sistema dissemina as informações por meio de um site. Este site foi desenvolvido com base nas necessidades expressas pelas autoridades locais e por meio de pesquisas realizadas aos gestores de emergência local. Os resultados indicaram que o sistema deveria

incluir os dados do radar, alertas meteorológicos, dados do satélite, informações sobre as chuvas, ventos e parâmetros de superfície.

O OK-FIRST possui uma estratégia eficiente de partilhar as informações em tempo real. Os dados são apresentados em formatos simples (por exemplo, imagens *GIF*), de forma que podem ser acessados por qualquer navegador *Web*. Além disso, causam uma menor sobrecarga aos servidores, permitindo que os serviços sejam disponibilizados para uma série de usuários simultaneamente.

Outra estratégia adotada foi a incorporação de *feedback* dos usuários. Uma constante evolução e manutenção nos serviços meteorológicos depende do acompanhamento e opinião dos usuários. Por este motivo, em cada versão o OK-FIRST implementa alterações com o objetivo de facilitar a interação com o sistema.

O conteúdo do site é organizado em quatro categorias, conforme Figura 4:

- Conteúdo do Serviço de Disseminação de Informação, que abrange toda a coleção dos produtos meteorológicos;
- Área de dados (*Mesonet*), que são apresentados na forma de mapas e gráficos de séries temporais: temperatura, umidade, índice de vento, chuvas, entre outros;
- Produtos de texto do Serviço Meteorológico Nacional, que é conseguido através de *links* para vários servidores ao redor dos Estados Unidos;

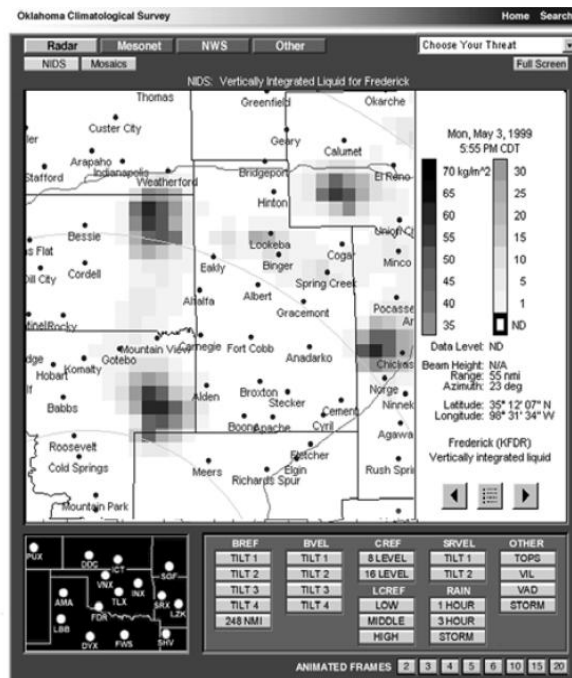


Figura 4. Categorias do OK-FIRST (MORRIS 2001).

- Outras fontes de dados como 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 ocorra fenômenos perigosos.

3.1.5 Sistema O₃rtaa

Para ajudar ambientalistas em suas atividades, vários Sistemas de Monitoramento de Informações Ambientais (*EMIS - Environmental Monitoring Information Systems*) foram desenvolvidos em todo mundo. Como exemplo podemos citar o NZDIS, que é um sistema baseado em Agentes Inteligentes que integra informações ambientais de vários sistemas (PURVIS 2003). No projeto *InfoSleuth*, Agentes Inteligentes são usados para consultar dados ambientais distribuídos em *clusters* de forma transparente (NODINE 2000). Vários Agentes Inteligentes feitos em Java estão sendo utilizados para o monitoramento e gestão em tarefas administrativas em uma rede de monitoramento (TIERNEY 2000). Por fim podemos citar o

trabalho de Kalapanidas (2002) que implementa um sistema Multiagente de gestão da qualidade do ar em tempo real, denominado DNEMO.

Entretanto, o sistema apresentado nesta seção diferencia-se dos demais pelo fato de empregar técnicas de mineração de dados para adicionar inteligência em um EMIS. O sistema chamado de O₃RTAA é um sistema Multiagente onde uma sociedade de agentes distribuídos coopera a fim de monitorar dados da poluição do ar, com o objetivo de 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 a fim de atingir três objetivos específicos que estão organizados em camadas, o sucesso dos objetivos superiores dependem da realização dos objetivos inferiores, conforme Figura 5.

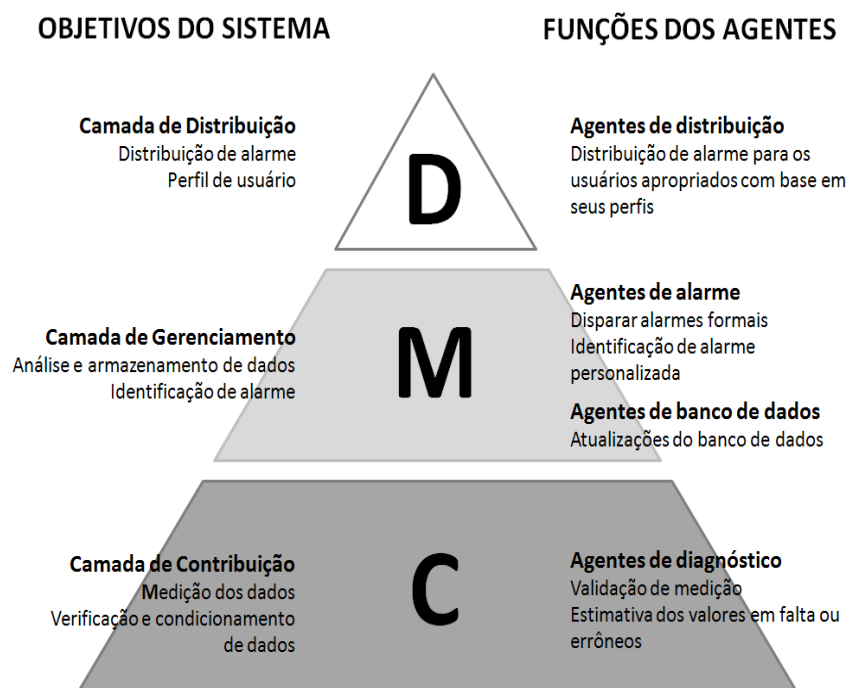


Figura 5. Objetivos do sistema e Funções dos agentes, adaptado de Athanasiadis (2004).

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 distribui estes alarmes conforme os 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. Por exemplo, 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. O agente recebe uma mensagem do Agente de Alarme, estabelece uma conexão com bancos de dados e armazena todas as informações no formato adequado para a tabela correspondente.

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.

Uma ontologia foi construída para estruturar o conteúdo das mensagens, utilizando a ferramenta PROTÉGÉ (2011). Parte desta ontologia pode ser observada na Figura 6, que mostra os principais conceitos do sistema. Todas as informações trocadas pelos agentes estão de acordo com as especificações do padrão FIPA e obedece a ontologia de domínio desenvolvida.

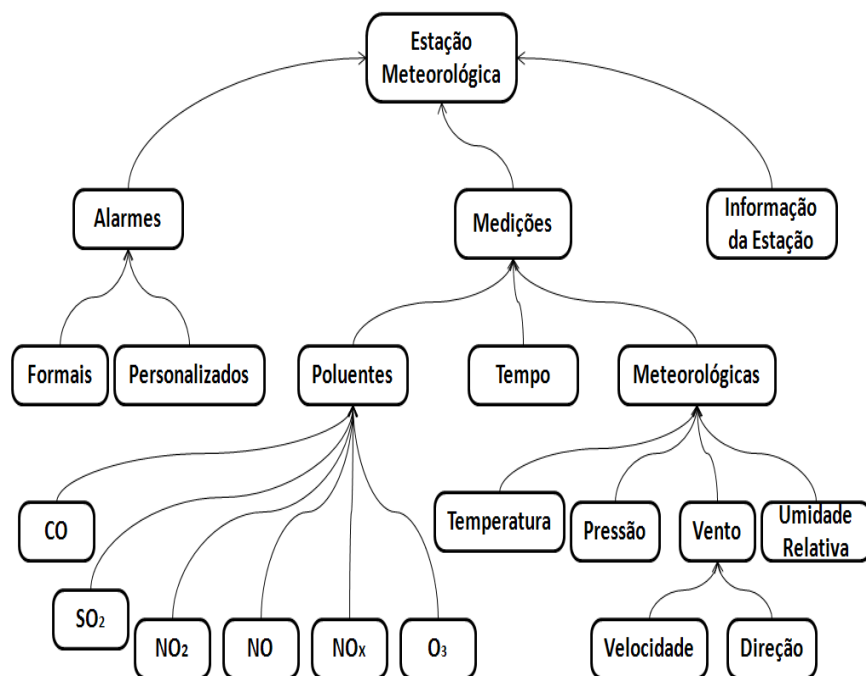


Figura 6. Ontologia indicando os principais conceitos do sistema, adaptado de Athanasiadis (2004).

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 desenvolvido será instalado no Centro de Estudos Ambientais do Mediterrâneo, Valencia, Espanha.

3.2 Comparações e Resultados

Nesta seção apresentaremos alguns comentários a respeito dos trabalhos apresentados nesta pesquisa e discutiremos cada aplicação com relação a cinco características que consideramos fundamentais: Segurança na entrega de alertas, Inteligência do sistema, Consistência dos alertas, Modularidade e Evolução do sistema e Tolerância a falhas.

- Segurança na entrega de alertas: Uma mensagem de um evento desastroso precisa chegar aos interessados de qualquer forma, em qualquer fase do acontecimento. Uma maneira de resolver seria exigindo uma confirmação do recebimento do alerta ou enviar o alerta de várias formas diferentes, para que a redundância aumente a confiança da entrega (E-mail, Web, SMS, Televisão, Telefone e Rádio);
- Inteligência do sistema: 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 agentes inteligentes é um excelente candidato para esta funcionalidade, pois suportam processos distribuídos e complexos;
- Consistência dos alertas: A emissão de um alerta precisa ser autêntica e necessária. Um alerta enviado erroneamente pode gerar pânico e pode causar uma movimentação de recursos desnecessária, portanto um alerta precisa ser válido e consistente. Uma maneira de aumentar a consistência de um alerta é realizar a emissão deste somente com o aval de um especialista adequado (meteorologista, técnico) ou realizar uma série de testes antes da emissão, visando garantir a consistência do alerta;
- Modularidade e Evolução do sistema: Uma forma de garantir o aperfeiçoamento dos serviços e sua constante evolução é a sua concepção por meio de módulos. A modularização permite uma maior especificação de cada serviço e conseqüentemente uma maior qualidade. Além disso, uma abordagem por módulos permite que novos serviços sejam agregados sem muita dificuldade. Uma maneira de permitir estas características é realizar a implementação por meio de módulos, especificando cada serviço individualmente e garantindo a

independência. A utilização de frameworks como o JACK e JADE é fundamental para a implementação rápida dos Agentes Inteligentes;

- Tolerância a falhas: Para cumprir o seu papel de alertar é fundamental que o Sistema de Alerta esteja sempre funcional. A modularidade e independência dos serviços garante certa segurança em relação às falhas, além disso, políticas de recuperação do sistema devem ser implementadas para garantir o monitoramento constante.

O Sistema descrito por Dance (2003) apresenta um excelente exemplo da aplicação de Agentes Inteligentes dando suporte a processos distribuídos e complexos. Segundo o autor, o sistema possui a funcionalidade de verificar se os alertas foram respondidos; permite uma fácil manutenção e evolução dos serviços; funciona independente em vários módulos, permitindo a recuperação em caso de falhas.

Entretanto não foi mencionado a respeito da consistência do alerta. Segundo Song (2001) sistemas automatizados de alerta estão se tornando cada vez mais difundidos, principalmente em operações críticas, como aplicações que abrangem veículos aeroespaciais, automóveis, postos de controle químico e de energia, controle de tráfego aéreo e sistemas de acompanhamento médico. Como esses aplicativos necessitam de uma maior segurança e capacidade, a consistência dos alertas deve ser verificada, não pode haver conflitos no sentido de que a informação fornecida indique ações diferentes a serem tomadas para resolver os problemas.

O trabalho de Vendrasco (2010) apresenta um exemplo brasileiro de um sistema de alerta. O trabalho indica que os alertas são monitorados por meio de uma página *web*, além de ser enviado por meio de SMS, o que garante uma maior confiança na entrega da alerta.

Observamos que o sistema brasileiro não apresenta tratamento de erros em relação aos alertas; não possui modularidade e fácil manutenção; possui autonomia para indicar que algum limite foi ultrapassado, entretanto esta função não é suficiente para caracterizar o sistema como inteligente, segundo a definição de Russel e Norving (2004); por fim, não foi mencionado com respeito ao tratamento e recuperação de falhas.

O sistema Abacus (ATHANASIADIS 2009) funciona como uma plataforma autônoma onde “agentes meteorologistas” gerenciam e enriquecem os dados do radar. O sistema apresenta três formas diferentes de emitir um alerta (*e-mail*, página *web*, aviso sonoro), o que garante uma maior confiabilidade na entrega dos alertas; a camada de gerenciamento e processamento possui tratamento das informações coletadas, gerando alertas consistentes; o sistema é dividido em três módulos distintos, o que permite uma manutenção e evolução mais eficiente.

O sistema Abacus é claramente modulável, entretanto nada foi mencionado com respeito ao tratamento e tolerância de falhas no sistema. Todos os módulos são interligados e possuem grande dependência em suas funções, ou seja, no caso de haver falhas em qualquer um dos módulos, o sistema inteiro estaria comprometido.

O trabalho de Morris (2001) apresenta o sistema OK-FIRST que oferece apoio a agências de segurança pública local como Corpo de Bombeiros, Polícia e Agências de Gestão de Emergências. Nada foi mencionado a respeito da tolerância a falhas do sistema, entretanto por meio da arquitetura observada, acreditamos que as quatro categorias funcionem independentemente; observamos também que o sistema é modulável e permite uma fácil evolução e acréscimo de novas funcionalidades.

Segundo as características de Russel e Norvig (2004), o sistema não é qualificado como inteligente; os alertas são disseminados por meio da *Web*, que não garante completamente que as informações estão sendo recebidas.

O sistema O₃RTAA (ATHANASIADIS 2004) diferencia-se dos demais pelo fato de empregar técnicas de mineração de dados para adicionar inteligência em um EMIS, além de emitir alertas personalizados. Assim como o sistema Abacus, o O₃RTAA funciona como uma plataforma autônoma onde os agentes inteligentes gerenciam e enriquecem os dados do radar. O sistema apresenta duas formas diferentes de emitir um alerta (*e-mail* ou SMS), o que garante confiabilidade na entrega dos alertas; a camada de gerenciamento garante um tratamento das informações coletadas, gerando alertas consistentes; o sistema é dividido em três camadas distintas, o que permite uma manutenção e evolução mais eficiente.

Nada foi mencionado com respeito ao tratamento e tolerância de falhas no sistema, observando a arquitetura do O₃RTAA, podemos inferir que o sistema é totalmente dependente de seus módulos, ou seja, nenhum módulo pode efetuar a sua função se os outros módulos falharem, portanto, não existe uma tolerância a falhas no sistema.

Conforme os trabalhos estudados, podemos observar que nenhum dos cinco sistemas possui todas as características de qualidade que um sistema de alerta deveria observar.

As discussões realizadas até o momento estão resumidas na Tabela 3:

Tabela 3. Resumo das características dos sistemas estudados.

| | Um Sistema Multiagente de Alertas | Sistema Automático de Monitoramento | Abacus | OK- FIRST | O₃RTAA |
|--|--|--|---------------|----------------------|--------------------------|
| Segurança na entrega de alertas. | X | X | X | | X |
| Sistema Inteligente. | X | | X | | X |
| Consistência dos alertas. | | | X | X | X |
| Modularidade e evolução do sistema. | X | | X | X | X |
| Tolerância a falhas. | X | | | X | |

Fica claro que o sistema desenvolvido no Brasil ainda está longe do padrão de qualidade internacional, pois preencheu apenas uma das características estudadas.

3.3 Outros trabalhos relevantes

Outros trabalhos não foram detalhados pelo motivo de não abordarem especificamente o objetivo desta pesquisa, entretanto possuem alguns elementos que são relevantes conhecer. Por este motivo falaremos resumidamente sobre estes trabalhos com o objetivo apontar 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 CCD e fornece uma fonte relativamente barata e potencialmente rica de informações.

Serviço de mensagens de texto via celular (SMS) estão cada vez mais sendo utilizadas 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 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 idéia da divulgação de alertas por meio de fonte RSS - *Really Simple Syndication* (GREGORIO 2011). 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.

Temos ainda outros Sistemas de Alerta que não encontramos a descrição formal. 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.

Finalizando, devido a mudanças climáticas, eventos severos estão acontecendo com maior frequência não somente no Brasil, mas em todo o mundo. Portanto, estes eventos precisam ser monitorados de forma precisa e com qualidade, por meio da utilização de novas ferramentas e tecnologias, a fim de evitar maiores danos a sociedade ou até mesmo salvar vidas.

4 A Proposta

Esta pesquisa pretende estudar, planejar e implementar um Sistema de Alerta Meteorológico gerenciado por um Sistema Multiagente. Este sistema será desenvolvido em parceria com o SIPAM (Sistema de Proteção da Amazônia) e CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

Este Sistema abordará como foco a mobilização de pessoas por meio de trocas de mensagens, usando a abordagem de difusão de informação, possibilitando a gestores comunicar e coordenar rapidamente equipes por meio de alertas. Estes alertas serão enviados por meio de duas formas distintas: SMS e E-mail.

Tendo em vista a grande área correspondente a Amazônia Legal, este sistema ficará disponível na Web e poderá ser acessado pelos usuários/órgãos competentes através de

autenticação. Será elaborado todo um nível de acesso às informações do sistema, tendo em vista que algumas informações são restritas.

Existem vários fenômenos que ocorrem na Amazônia que, por motivo do tamanho da região, muitas vezes não são investigados ou percebidos por meio de satélites e radares; tendo em vista esta dificuldade, o sistema permitirá que usuários de localidades distintas e distantes se comuniquem e cadastrem no sistema os eventos extremos ocorridos nas suas respectivas regiões, contribuindo para um monitoramento mais eficaz e preciso, além prover uma forma de comparação entre as previsões realizadas e o evento ocorrido.

Um dos motivos da utilização de um Sistema Multiagente está relacionado ao monitoramento dos participantes do sistema, de forma que participantes com o mesmo perfil possam ser aproximados, promovendo assim a cooperação e a construção do conhecimento. A cooperação por parte dos órgãos de apoio (DMet, Defesa Civil, Corpo de Bombeiros, Hospitais, entre outros), também será outro fator de importância, pois os mesmos poderiam se acionados automaticamente, contribuindo para ações rápidas e preventivas.

Portanto, a Central Virtual corresponde a uma junção de um Sistema de Alerta Meteorológico e a utilização de um Sistema Multiagente que possibilitará uma aproximação de usuários e o monitoramento dos alertas enviados.

4.1 Metodologia

Os procedimentos metodológicos para elaboração deste projeto de pesquisa serão realizados seguindo as etapas:

1. Pesquisa bibliográfica em Sistemas Colaborativos baseados em Web voltados para Meteorologia, Prevenção de Acidentes e Eventos Extremos – será estudado o funcionamento de Sistemas Meteorológicos e a forma como as informações são computadas e manipuladas;
2. Pesquisa bibliográfica sobre Sistemas Multiagentes – será estudado os conceitos, aplicações e as formas de modelagem e construção de um Sistema Multiagente;
3. Levantamento de Requisitos e Projeto da Central Virtual – se refere ao levantamento de requisitos e a confecção de toda documentação do sistema por meio de técnicas de Engenharia de Software;

4. Implementação e testes de Protótipos da Central Virtual com acesso via Web – nesta etapa a Central será implementada e testada com relação a sua funcionalidade e objetivos;
5. Implantação da Central Virtual – espaço reservado à implantação do sistema e a possíveis correções com relação a funcionalidades e erros;
6. Treinamentos e capacitações visando disseminar o uso do sistema – serão realizadas palestras e treinamentos objetivando a disseminação e o uso correto da Central;
7. Escrita de Artigos científicos – durante quase todo o projeto serão escritos artigos científicos, objetivando a divulgação dos trabalhos realizados;
8. Escrita da Dissertação – espaço reservado à escrita da dissertação.

5 Considerações Finais

Esta Central abordará uma rápida mobilização de pessoas por meio de trocas de mensagens, possibilitando a gestores comunicar e coordenar rapidamente equipes por meio de alertas para ações de desastres.

A aproximação de usuários com o mesmo perfil e/ou necessidades semelhantes é outro fator necessário que justifica esta pesquisa, pois proporciona um aumento na colaboração e construção de conhecimentos sobre os eventos extremos que ocorrem na Amazônia Legal, contribuindo para o avanço nas pesquisas sobre esta área.

Enfim, a importância da criação de uma Central Virtual Meteorológica para a Amazônia se refere principalmente a ação da Defesa Civil e órgãos competentes junto à população em função dos eventos extremos que tem acontecido 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 destas ações.

6 Cronograma

No cronograma apresentado na Tabela 4, "X" marcado em negrito refere-se a atividades concluídas e os não marcados refere-se a atividades não concluídas; as numerações refere-se aos mesmos itens da seção de metodologia.

Tabela 4. Cronograma de atividades desenvolvidas.

| | 2011 | | | | | | | | | | 2012 | | | | | | | | | | | | 2013 | | | | | | | | |
|----------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Atividades/Mês | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set |
| PAA, FTC e IA | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ED e PPCC | | | | | | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | X |

7 Referências

AGTIVITY. Site. Disponível em: http://activity.com/def/multi_agent_system.htm. Acessado em 27 de Dezembro de 2011.

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.

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.. September 2003. 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.
- CHOI, S. J.. Analysis of Emergency Alert Services and Systems. International Conference on Convergence Information Technology - IEEE, p. 657-662, 2007.
- 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.
- 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.
- FIPA, 1999–2002. Agent Specifications. Relatório Técnico. available online:. Foundation for Intelligent Physical Agents. Disponível em: <http://www.fipa.org>. Acessado em novembro de 2011.
- 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>. Acessado em dezembro de 2011.
- GROEVE, T.. Global Disaster Alert and Coordination System. Joint Research Centre of the European Commission 14th TIEMS Conference, 2006.
- JACH Intelligent Agentes – Site oficial. Disponível em: <http://www.agent-software.com>. Acessado em dezembro de 2011.
- JADE. Site Oficial. Disponível em: <http://jade.tilab.com>. Acessado em 28 de Dezembro de 2011.
- 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.
- KALAPANIDAS, E; AVOURIS, N.. Air quality management using a multi-agent system. International Journal of Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering, vol. 17, no. 2, p. 119-30, 2002.
- MACHADO, M.; TAO, E.. "Blackboard vs. moodle: Comparing user experience of learning management systems," Frontiers In Education Conference - Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports, 2007. 37th Annual.
- 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.

MOODLE. Site Oficial. Disponível em: <http://moodle.org>. Acessado em 03 de Janeiro de 2012.

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.

NAKAMURA, R.. Moodle: como criar um curso usando a plataforma de Ensino à Distância. São Paulo: Farol do Forte, 160 p., 2009.

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.

NODINE, M.; FOWLER, J.; KSIEZYK, T.; PERRY, B.; TAYLOR, M.; UNRUH, A.. Active information gathering in InfoSleuth”, International Journal of Cooperative Information Systems, vol. 9, no. 1-2, p. 3-28, 2000.

[PURVIS, M.; CRANFIELD, S.; WARD, R.; NOWOSTAWSKI, M.; CARTER, D.; BUSH, G.. A multi-agent system for the integration of distributed environmental information. Environmental Modelling and Software, vol. 18, no. 6, p. 565-72, 2003.

PROTÉGÉ, The Ontology Editor. Disponível em: <http://protege.stanford.edu/>. Acessado em dezembro de 2011.

RUSSEL, S.; NORVIG, P.: “Inteligência Artificial”. Editora Campus, São Paulo, 2004.

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.

- SONG, L.; KUCHAR, J. K.. Describing, Predicting, and Mitigating Dissonance Between Alerting Systems. 4th International Workshop on Human Error, Safety, and System Development, Linköping, Sweden, 2001.
- TIERNEY, B.; CROWLEY, B.. A monitoring sensor management system for grid environments. Proceedings of the 9th IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing. Piscataway, NJ, 2000.
- 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.
- UN-ISDR - International Strategy for Disaster Reduction. 2009. Terminology on Disaster Risk Reduction. Disponível em <http://www.unisdr.org>. Acesso em outubro de 2011.
- 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.