

# AGORA-PL: Uma Proposta para Desenvolvimento de Famílias de Sistemas Colaborativos baseados em VGI para a Gestão do Risco de Inundação

Roberto dos Santos Rocha  
Departamento de Sistemas de  
Computação, ICMC/USP,  
São Carlos, Brasil  
rsrocha@usp.br

Lívia Castro Degrossi  
Departamento de Sistemas de  
Computação, ICMC/USP,  
São Carlos, Brasil  
degrossi@icmc.usp.br

Flávio E. A. Horita  
Departamento de Sistemas de  
Computação, ICMC/USP,  
São Carlos, Brasil  
horita@icmc.usp.br

João Porto de Albuquerque  
Departamento de Sistemas de  
Computação, ICMC/USP, São Carlos  
GIScience Chair, Instituto de  
Geografia, Universidade de  
Heidelberg, Alemanha  
jporto@icmc.usp.br

## ABSTRACT

Volunteered Geographic Information, usually known as VGI, can be a valuable source of information about the impacts of natural disasters. This work is part of a research project about flood risk management, developed by an interdisciplinary group, which aims to develop a geospatial open collaborative architecture for building resilience against floods and their impacts. The approach combines data from a sensor network, climate change models, volunteers information, and research results to provide early warnings and forecasts of long-term risk. In terms of systematization, Software Product Line (SPL) can be applied in this domain since flexibility and reuse are main goals required for development of complex applications based on Geospatial Web Services. The main contributions of this work were twofold: (i) insertion of reuse in the context of flood risk management; and (ii) redefinition of feature model, aimed at creating a framework to support and systematization the generation of families of Spatial Decision Support Systems (SDSS).

## Categories and Subject Descriptors

D.2.13 [Software Engineering]: Reusable Software; H.5.3 [Information Interfaces and Presentation]: Collaborative computing.

## General Terms

Design.

## Keywords

Software Product Line, Volunteered Geographic Information, Flood Risk Management, Spatial Decision Support Systems, WPS.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

*SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems*, October 6-9, 2014, Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre os desastres naturais que ocorrem em todo o mundo, as inundações têm sido mais frequentes [1], resultando em danos financeiros e econômicos cada vez piores. Neste panorama, as inundações urbanas são particularmente importantes, pois muitos cidadãos se concentram em torno das áreas de risco. Como forma de mitigar esse risco e aumentar o poder de resiliência, adaptação e mudança das comunidades em risco, a Gestão do Risco de Inundação (GRI) define um processo composto por tarefas, separadas em três fases – preparação, resposta e recuperação – que objetiva minimizar os impactos causados por um evento [2].

Desastres naturais recentes têm mostrado que informações geográficas de voluntários (VGI), fornecidas pela internet, podem melhorar a consciência situacional (CS) [3]. Esse tipo de consciência permite a percepção dos elementos no ambiente, dentro do tempo e espaço, além da compreensão dos seus significados e a projeção de suas condições em um futuro próximo [49]. Assim, VGI oferece uma grande oportunidade para aumentar a consciência devido ao número elevado de voluntários, mais de seis bilhões de pessoas, que podem agir como "sensores", observando importantes parâmetros da gestão de desastres em um ambiente local [4].

Este trabalho faz parte do escopo do projeto de pesquisa intitulado AGORA – *A Geospatial Open collaborative Approach for Building Resilience against Flooding* [5], que visa desenvolver uma abordagem geoespacial colaborativa aberta para melhorar a resiliência da comunidade contra inundações e seus impactos. Essa abordagem tem como público alvo tomadores de decisão e a comunidade interessada.

Além disso, a partir de uma revisão sistemática da literatura conduzida pelos autores deste trabalho, identificou-se que abordagens de reuso ainda não foram inseridas no contexto de GRI. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é apresentar a ideia preliminar de uma Linha de Produto de Software (LPS) para o contexto de GRI, utilizando como base os trabalhos de Degrossi et al. [6] e Horita et al. [7], que será tratada na Seção 4.

O restante deste artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a fundamentação teórica deste trabalho. A Seção 3 apresenta os trabalhos relacionados a esta proposta. Na Seção 4 é apresentada uma proposta para desenvolvimento de famílias de sistemas colaborativos. Por fim, na Seção 5 são apresentadas as considerações finais e propostas de trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, os conceitos básicos relacionados a GRI (Seção 2.1), VGI (Seção 2.2) e LPS (Seção 2.3), que são usados ao longo do artigo, são apresentados.

### 2.1 Gestão do Risco de Inundação

Dentre os desastres naturais que ocorrem em todo o mundo, as inundações têm sido mais frequentes, resultando em danos financeiros e econômicos cada vez piores [1][8]. Neste panorama, as inundações urbanas são particularmente importantes, pois muitos cidadãos se concentram em torno das áreas de risco [9], enquanto, inundações bruscas causam numerosos danos devido à dificuldade em prevê-las, pois o curto tempo de deslocamento das ondas de cheia impedem previsões com maior antecedência [10].

Dessa forma, o risco de inundações pode ser considerado como a relação entre ameaça, vulnerabilidade e exposição [11]. A ameaça é caracterizada pelo fenômeno natural que atinge uma determinada região (e.g. inundação), a exposição é representada pelas pessoas e bens econômicos que se encontram na área afetada e a vulnerabilidade indica a capacidade de uma região sofrer o impacto causado por um evento extremo.

Como forma de mitigar esse risco e aumentar o poder de resiliência, adaptação e mudança das comunidades de risco, a Gestão do Risco de Inundação (GRI) define um processo composto por tarefas, separadas em três fases (a preparação, resposta e recuperação) e que buscam minimizar os impactos causados por um evento [2]. Dentre elas, destacam-se alertas precoces, previsão de cenários, planos de contingência e atividades para restauração [9].

Durante a fase de planejamento são realizadas atividades para tentar reduzir os danos causados por uma inundação, desde a definição dos planos de evacuação até simulações para otimizar o uso das terras ao redor da calha dos rios. Após a eclosão da inundação, a resposta objetiva executar tarefas definidas no planejamento para reagir ao evento. Por fim, a recuperação desenvolve um conjunto de tarefas para a comunidade atingida retomar seu convívio e adaptar-se para o caso de novos acontecimentos [12].

Atualmente, informações geográficas e tecnologias relacionadas possuem papel fundamental em todas as fases da GRI. Desastres naturais são tipicamente monitorados utilizando diferentes dispositivos, como sensores, satélites, sismógrafos, entre outros.

Contudo, esses dispositivos não oferecem informações sobre os impactos provocados por tais desastres [3]. Para auxiliar nesse contexto, Poser e Dransch [3] utilizaram informações geográficas providas de cidadãos afetados pela inundação para estimar os impactos por ela causados. Assim, informações voluntárias, comumente conhecidas como VGI, podem ser uma fonte de informação valiosa sobre os impactos decorrentes de desastres naturais [13], devido ao número potencialmente grande de voluntários que atuam como "sensores" observando importantes parâmetros da gestão de desastres em um ambiente local [3].

### 2.2 Informação Geográfica de Voluntários

Na literatura, várias abordagens fornecem taxonomias e classificações de sistemas colaborativos. Estas são concebidas para separar estes sistemas com base nas suas propriedades e características. Dentre elas, Heipke [14] propôs o termo "crowdsourcing" para definir o fenômeno que envolve a produção de conteúdo baseado na experiência de voluntários, independentes da forma que eles usam seu tempo livre e estão localizados em áreas remotas e diversas.

Em um contexto ligado às questões geográficas, Goodchild [4] usou o termo *Volunteered Geographic Information* (VGI) para definir uma coleção de dados espaciais e digitais, produzidos por cidadãos comuns e instituições informais utilizando ferramentas apropriadas para reuni-las e publica-las na web. Entre as vantagens associadas ao VGI, pesquisadores destacam seu uso para enriquecer, atualizar ou completar conjuntos de dados geoespaciais existentes [4]. Em diferentes contextos, estas informações voluntárias podem ter melhor qualidade que os dados disponibilizados por organizações especializadas, visto que em diferentes partes do mundo essas informações estão desatualizadas ou foram adquiridas com tecnologias antigas e menos precisas do que as disponíveis atualmente para o público geral [15]. Dentre suas aplicações, destacam-se as plataformas colaborativas Wikimapia e OpenStreetMap que visam criar mapas mundiais a partir de dados fornecidos por voluntários disponíveis na web.

Em particular, o uso de VGI no contexto de gestão de desastres vem sendo amplamente utilizado [16], principalmente, por melhorar a consciência situacional, fornecendo uma visão geral sobre a presente situação [3]. Tal fato ocorre, pois VGI oferece uma grande oportunidade para aumentar a consciência devido ao número potencialmente grande de voluntários, mais de seis bilhões de pessoas, que agem como "sensores", observando importantes parâmetros da gestão de desastres em um ambiente local [3][4][17]. Ainda, apesar dos recentes avanços no desenvolvimento de sensores, suas observações podem não estar disponíveis devido a interrupções de comunicação ou, até mesmo, a destruição do sensor, além de os mesmos não serem capazes de medir certos fenômenos, como tempestades de granizo [3]. Alguns exemplos são as inundações ocorridas no Paquistão em 2010, Queensland em 2010/2011, Tailândia em 2011, terremoto no Haiti em 2010, queimada na França em 2009, entre outros [18][19][20][21].

Contudo, apesar das vantagens da participação da população em coletar informações, há um grande número de desafios a serem enfrentados. Apesar do potencial do VGI, a qualidade dos dados é a maior preocupação. Informações provenientes de muitos indivíduos podem ocasionar dúvidas sobre a credibilidade [22]. Outro desafio enfrentado refere-se à localização. Diferentemente dos sensores *in-situ*, as pessoas estão em constante movimento, assim as observações por elas realizadas precisam ser localizadas para que se tornem úteis [3]. Por fim, VGI é considerada como insuficientemente estruturada, documentada e validada [23].

Nesse cenário, diferentes plataformas de software vêm sendo empregadas com o intuito de coletar informações voluntárias, permitir sua visualização e análise. Em particular, essas são utilizadas como ferramentas para ajudar vítimas de desastres naturais. Além disso, diversas aplicações de software utilizam informações voluntárias como fonte de dados em tempo real para a gestão de desastres.

## 2.3 Linha de Produto de Software – LPS

LPS é um conjunto de sistemas que usam software intensivamente, compartilhando um conjunto de características comuns e gerenciadas, que satisfazem as necessidades de um segmento particular de mercado ou missão, e que são desenvolvidos a partir de um conjunto comum de ativos principais e de uma forma preestabelecida [24]. O processo sistemático para desenvolvimento de uma LPS possui dois ciclos de vida – Engenharia de Domínio e Engenharia de Aplicação – que usam como artefato base a arquitetura da LPS.

Um conceito central em LPS são variabilidades [25]: diferenças tangíveis, entre produtos, que podem ser reveladas e distribuídas entre todos os artefatos da LPS de forma rastreável. As variações podem ser reveladas em qualquer passo do desenvolvimento de uma LPS, a começar pela análise de requisitos [25]. Há dois conceitos relacionados a variabilidades [26]: (i) pontos de variação – são posições em que a variação pode ocorrer; (ii) variantes – são as diferentes possibilidades que existem para satisfazer um determinado ponto de variação. Uma das técnicas mais usadas ao gerenciamento das variabilidades em uma LP são os modelos de características [27][28].

Uma característica pode ser definida como uma propriedade de um sistema que é relevante para alguma entidade envolvida em seu desenvolvimento ou uso. Ela é usada para capturar pontos comuns ou estabelecer uma discriminação entre sistemas em uma família de sistemas. Uma característica pode denotar qualquer propriedade funcional ou não funcional em relação a requisitos, arquitetura, componentes ou plataformas computacionais [29].

A representação gráfica mais comum é por meio de árvore, o que constitui o diagrama de característica (*feature diagram*) como apresentado na Figura 1. Nesses diagramas, características podem ser representadas como: ‘Obrigatória’, ‘Opcional’, ‘E’, ‘OU-Exclusivo’ e ‘OU-Inclusivo’.

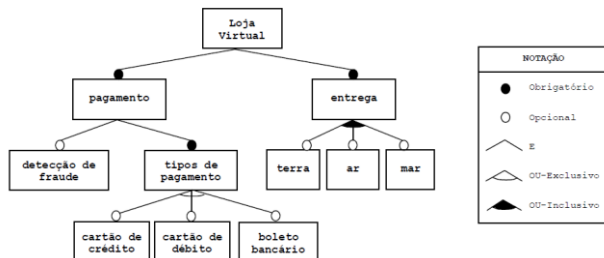


Figura 1. Modelo de características de uma loja virtual [30]

Um modelo de características pode descrever o espaço de configuração de uma família de sistemas [30]. Um membro da família pode ser especificado por meio da seleção das características desejadas a partir do modelo de características, considerando as restrições de variabilidades definida pelo modelo. O conjunto de características selecionadas é chamado de configuração [31].

O entendimento do domínio e a seleção das características é uma questão fundamental no contexto de LPS Orientada a Serviços (LPSOA) – um tipo específico de LPS que é formada por um conjunto de sistemas orientados a serviços similares em um domínio específico que pode ser desenvolvido a partir de um núcleo comum de artefatos reusáveis [32][33]. Deste modo, Chang e Kim [34] fornecem uma taxonomia para compreensão dos tipos de variabilidade que podem ocorrer em Linhas de

Produto Orientadas a Serviços – LPSOAs: (i) **Variabilidade de Workflow**: em um workflow, algumas unidades de serviços podem não ser solicitadas por um usuário de um serviço específico; além disso, parte dessa sequência pode ser realizada de forma diferente para outro usuário específico. Assim, unidades de serviços podem ser alternativas ou de forma opcional ajustadas a determinado workflow dependendo dos usuários específicos dos serviços; (ii) **Variabilidade de Composição**: a variação ocorre sobre a seleção da interface de serviço mais adequada, pois para uma unidade de serviço pode existir mais de uma interface de serviço possível, com diferentes lógicas de implementação ou atributos de qualidades; (iii) **Variabilidade de Interface**: ocorre quando as interfaces de unidade de serviço não correspondem às interfaces de serviços publicados em UDDI no registro de serviços; (iv) **Variabilidade Lógica**: o componente de serviço deve fornecer lógicas diferentes dependendo dos serviços específicos solicitados.

## 3 TRABALHOS RELACIONADOS

A abordagem PL-Science [35] tem o propósito de apoiar a especificação e a condução de experimentos científicos em Bioinformática, através da associação de modelo de características e ontologia com elementos de suporte às atividades colaborativas.

A abordagem Collaborative PL-Science [36] possui como objetivo o desenvolvimento de um serviço para apoiar a interação entre os cientistas e oferecer mais semântica para o domínio de e-Ciência. Para esta finalidade, a abordagem PL-Science [35] foi estendida. A ideia é que essa proposta implemente um serviço que capture o histórico das atividades realizadas pelos cientistas, o que possibilitará que consultas e novas descobertas sejam feitas a partir desses dados. Esse histórico das atividades pode ser entendido como sendo os passos dos cientistas, bem como as decisões que foram tomadas, anotações feitas sobre os artefatos ou características [36].

Considerando a taxonomia proposta por Chang e Kim [34], os trabalhos apresentados anteriormente de LPS no domínio científico tratam apenas de "Variabilidade de Workflow". A nossa abordagem além desta, cobre também "Variabilidade de Composição", que será tratada na Seção 4.

Degrossi et al. [6] propuseram a criação de uma plataforma *crowdsourcing*, a partir de uma configuração existente para a obtenção de informações geográficas voluntárias úteis para o contexto de gestão de risco. Com o objetivo de promover a utilização de técnicas de reuso no contexto de GRI, utilizamos as propostas de Degrossi et al. [6] e Horita et al. [7] como base para a nossa abordagem de LPS, que será tratada na próxima seção.

## 4 Uma Proposta para Desenvolvimento de Famílias de Sistemas Colaborativos

Esta seção apresenta a AGORA-PL – abordagem que contribui com os desafios identificados na Seção 1. Para uma melhor compreensão da nossa proposta, esta seção foi dividida em quatro partes: na Seção 4.1 é apresentada a visão geral da arquitetura em que este trabalho está inserido; Na Seção 4.2 apresentamos o componente AGORA-VOS. Na Seção 4.3 apresentamos o componente AGORA-DS. Finalmente, na Seção 4.4 detalhamos o componente AGORA-PL, foco desta proposta.

## 4.1 AGORA

Esse trabalho está inserido em uma pesquisa sobre gestão do risco de inundação, desenvolvida por um grupo interdisciplinar, o qual é formado por pesquisadores da área de Sistemas de Informação, Hidrologia e de Redes de Computadores. Em particular, esse trabalho é parte do escopo de um projeto de pesquisa intitulado **AGORA**<sup>1</sup> – **A Geospatial Open collaborative Approach for Building Resilience against Flooding** ([FAPESP 2012/18675-1]), proposto por Albuquerque e Zipf [5], que visa desenvolver uma abordagem geoespacial colaborativa aberta para melhorar a resiliência da comunidade contra inundações e seus impactos. A abordagem AGORA combina dados provenientes de rede de sensores, de modelos de mudança climática, informações voluntárias e resultados de pesquisa, para fornecer alertas antecipados e projeções de risco de longo prazo. Além disso, essa abordagem tem como público alvo os tomadores de decisão e, também, a comunidade. Para tanto, essa é dividida em três pilares distintos: aquisição, integração e aplicação (Figura 2), sendo cada pilar composto por dois componentes.

A camada de aquisição é composta por um componente para a obtenção de informações voluntárias [6], e por um componente para o gerenciamento dinâmico e em tempo real de geosensores heterogêneos envolvidos na GRI. Esse, por sua vez, envolve a descoberta de geosensores, o acesso aos dados por eles produzidos, bem como a atribuição de uma tarefa específica a um determinado geosensor.

A camada de integração é composta por um componente para o gerenciamento e a fusão de informações, o qual consiste em uma arquitetura geoespacial colaborativa para gerenciar e integrar dados de sensores, informações voluntárias e dados de fontes oficiais relacionados à inundação. O Segundo componente dessa camada está voltado para a garantia da qualidade das informações, sendo esse desenvolvido por pesquisadores da Universidade de Heidelberg, na Alemanha.

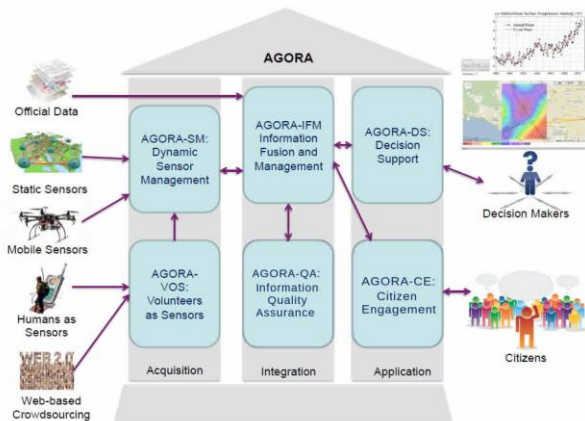


Figura 2. Arquitetura do AGORA

Por fim, a camada de aplicação é composta por um componente de apoio à decisão [37], que consiste em uma abordagem que processa dados convencionais (dados de sensores e dados oficiais) e informações de voluntários e os disponibiliza para os tomadores de decisão, a fim de apoiar o processo de tomada de decisão na GRI, e por um componente para o engajamento dos cidadãos, cujo

intuito é disponibilizar alertas antecipados e exibir em mapas o índice de perigo.

## 4.2 AGORA-VOS: Volunteers as Sensor

O componente AGORA-VOS faz parte do pilar de aquisição de informações. Em particular, esse componente tem como objetivo coletar informações voluntárias relacionadas ao contexto de gestão de risco de inundação. Para tanto, foi proposta uma plataforma de *crowdsourcing*, intitulada Observatório Cidadão de Enchentes (OCE), para a obtenção dessas informações. Essa possibilita a obtenção de informações úteis ao contexto de GRI, mais especificamente sobre áreas alagadas e altura da água no leito do rio. Em particular, o OCE consiste em uma instância da plataforma de *crowdsourcing* Ushahidi, pois essa é mundialmente utilizada por ativistas, agências de emergência e cidadãos para mapear eventos extremos [38].

A fim de facilitar o fornecimento de informações sobre o risco de inundação no OCE, uma equipe interdisciplinar, composta por cientistas da computação e hidrologistas, definiu mecanismos de interpretação que são representados por meio de categorias distintas, sendo as marcações dessas representadas por subcategorias. Dessa forma, o voluntário pode identificar mais facilmente a categoria que melhor representa o cenário observado.

Para enviar um relato, os participantes podem utilizar tanto o aplicativo para celular quanto o Web site. O envio de um relato requer que o voluntário forneça algumas informações obrigatórias, sendo as demais informações opcionais (nome, sobrenome, e-mail, link de fonte de notícias, link de vídeo externo e fotos): (i) **Título:** representa o assunto abordado no relato; (ii) **Descrição:** representa a observação realizada pelo voluntário, por exemplo, a altura da água ou área alagada; (iii) **Categoria:** representa o mecanismo utilizado para interpretação da variável ambiental, o qual fornece informações sobre a altura da água no leito do rio e áreas alagadas; (iv) **Nome do local:** representa o local de onde o voluntário está enviando o relato.

Em virtude da incerteza da credibilidade das informações voluntárias, essas são verificadas antes de serem disponibilizadas para a visualização. O objetivo dessa verificação é reduzir o número de informações falsas ou imprecisas. Assim, antes dos relatos serem disponibilizados *online*, o administrador da plataforma deve aprová-los. Uma vez aprovado, esse pode ter dois status distintos: verificado e não verificado. O status "verificado" indica que a informação presente no relato pode ser confirmada por outras fontes externas, como diferentes mídias e outros voluntários. Em contrapartida, o status "não verificado" indica que não ocorreu nenhuma verificação relacionada ao incidente reportado, ou seja, o administrador não encontrou outras notícias na mídia que confirmassem tal acontecimento ou nenhum outro voluntário reportou o mesmo incidente. Inicialmente, os responsáveis pelo OCE exercem o papel de administrador da plataforma, aprovando e verificando os relatos inseridos na mesma. Contudo, espera-se que agências de emergência, envolvidas na gestão de risco de inundação, desempenhem futuramente esse papel.

## 4.3 AGORA-DS: Decision Support

O componente AGORA-DS tem como objetivo processar, em conjunto, informações advindas das redes de sensores sem fio e fontes de dados oficiais com aquelas compartilhadas por voluntários a fim de utilizá-las para apoiar o processo de tomada de decisão na GRI. Para isso, ele está fundamentado em uma

<sup>1</sup> <http://www.agora.icmc.usp.br/>

abordagem suportada pela estrutura conceitual apresentada na Figura 3 [37]. Como pode-se observar, esta estrutura é composta por quatro camadas, aquisição, integração, aplicação e negócio, responsáveis por definir mecanismos essenciais para compor o componente AGORA-DS. Dentre eles, destaca-se o AGORA-GeoDash, um sistema de informação em forma de *geosensor dashboard* definido com o objetivo de apresentar, de maneira simples, todas as informações essenciais para apoiar as tarefas presentes no processo decisório da GRI [7].

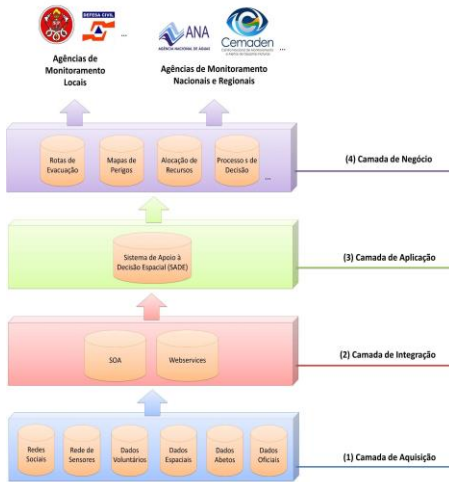


Figura 3. Estrutura conceitual do AGORA-DS

A estrutura do AGORA-DS define um conjunto de elementos para atuar na coleta, armazenamento, processamento e apresentação das informações necessárias para GRI. Uma rede de sensores sem fio coleta, em tempo real, dados relacionados a situação real das variáveis presentes nas zonas de risco. Estes dados são armazenados e compartilhados com ferramentas de visualização utilizando padrões de interoperabilidades [39]. Por fim, com vias de tornar fácil e rápido a compreensão dessas informações, eles são apresentados em um *geosensor dashboard* utilizando um conjunto de índices em gráficos com interpretação intuitiva e imediata como apresentado na Figura 4.

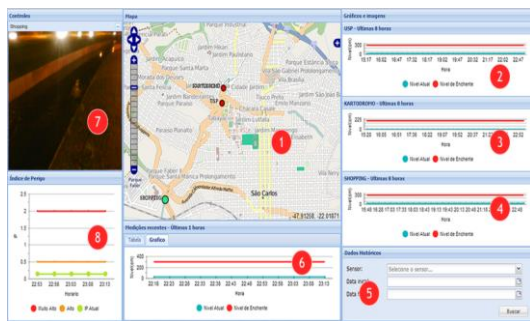


Figura 4. Geosensor Dashboard

Como observa-se na Figura 4, os índices citados são apresentados nos elementos 2, 3, 4, 5 e 8. Além disso, o elemento 1 é um mapa utilizando para identificar os sensores que monitoram o rio nas áreas de risco e o elemento 7 exibe uma foto tirada por um desses sensores. Todos estes elementos são essenciais para auxiliar no monitoramento do risco de inundações pelas agências oficiais, regionais e nacionais.

#### 4.4 AGORA-PL: Product Line Engineering

AGORA-PL é o componente responsável pela geração de famílias de sistemas de apoio à decisão espacial (*Spatial Decision Support Systems – SDSS*). A base do AGORA-PL são as LPSOAs, considerando que a integração de dados no AGORA é feita por meio de SOA e serviços web.

AGORA-PL tem como principal objetivo modelar explicitamente as características comuns e variáveis de uma LPS, por meio da técnica de modelos de características. Uma característica pode denotar qualquer propriedade funcional ou não funcional em relação a requisitos, arquitetura, componentes ou plataformas computacionais. O processo evolucionário da AGORA-PL consiste em dois principais processos como mostrado na Figura 5, similar ao da abordagem PLUS [40]: (i) **Engenharia de Linha de Produto** – um modelo de LPS, que oferece múltiplas visões da LPS; (ii) **Engenharia de Aplicação** – um sistema alvo (aplicação) é um membro da LPS, e a múltipla visão do modelo para um sistema alvo é configurado a partir do modelo de múltiplas visões da Engenharia de LPS. Outra iniciativa do AGORA-PL é apoiar, por meio da aplicação técnicas de LPS, a composição de serviços web geoespaciais.

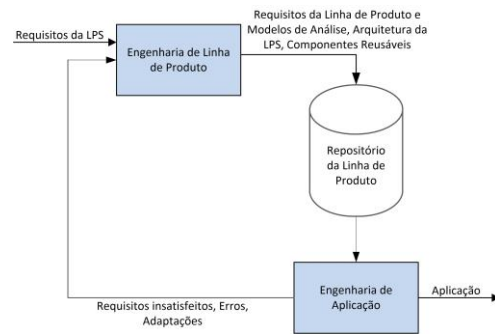


Figura 5. Modelo de processo evolucionário para LPS

##### 4.4.1. Composição de Serviços Web Geoespaciais

Geralmente, um serviço web geoespacial (*Geospatial Web Service – GWS*) pode ser visto como uma aplicação web modular que fornece serviços em relação aos dados geoespaciais, informações ou conhecimento [41]. Semelhante a um serviço web tradicional, as operações básicas durante o ciclo de vida de um GWS incluem publicação, descoberta, ligação, invocação e execução. GWS fornece aos usuários a capacidade de geração de funcionalidades complexas, a partir da composição de serviços atômicos, e essas novas funcionalidades compostas também podem ser publicadas como novos serviços web, reiniciando o ciclo de vida do GWS [42].

Existem várias estratégias diferentes de composição de serviços web baseadas em plataformas e frameworks existentes. Vários autores têm providenciado avaliações comparativas e críticas dessas estratégias, incluindo Mathkour et al. [43]. Abordagens desenvolvidas na literatura para a composição de serviços podem ser classificadas em duas categorias [43]: sintáticas e semânticas. A estratégia sintática trata da composição baseada em modelos abstratos e XML. A estratégia semântica trata da composição baseada em ontologia, com o objetivo de permitir que aplicativos usem anotações e mecanismos de inferência apropriados para automatizar todas as etapas do ciclo de vida do serviço web.

Nos primeiros trabalhos sobre a composição de GWS, houve uma tentativa de aplicar essas mesmas estratégias ao domínio

geoespacial. No entanto, alguns destes estudos não conseguiram satisfazer as necessidades desse domínio, pois a composição de GWS é diferente devido às seguintes características [44]: (i) consiste em protocolos leves, (ii) processam informações baseadas em *crowdsourcing* e, principalmente, (iii) devem ter a capacidade de processar, em tempo real, as fontes de dados geoespaciais que produzem grandes volumes de dados heterogêneos.

Assim, tendo em vista a heterogeneidade de dados geoespaciais que a abordagem AGORA utiliza – informações de voluntários, dados provenientes de rede de sensores e de modelos de mudança climática – são necessários padrões para tratamento da interoperabilidade entre eles [44]. Um exemplo de padrão, foco do AGORA-PL, é o OGC *Web Processing Service* (WPS), especificação que define um conjunto de interfaces padronizadas para facilitar a publicação e acesso dos processos geoespaciais por meio da rede [42][45]. Essa especificação define apenas a estrutura de comunicação entre o servidor de aplicação e o cliente.

Segundo Walenciak e Zipf [46], para fazer especificações sobre o conteúdo de um WPS é necessário criar um perfil de aplicação. A especificação WPS 1.0 [45] define um perfil de aplicação como um único processo que é descrito por meio da função *DescribeProcess* [46]. Esta definição não satisfaz as exigências do domínio GRI, pois não inclui a variedade de processos que este domínio requer. Levando em consideração que a especificação WPS é limitada, métodos/técnicas para melhorar a especificação atual são necessários. Em termos de sistematização, LPS pode ser aplicada na composição de GWS, pois flexibilidade e reúso são os principais objetivos demandados no desenvolvimento de aplicações complexas baseadas em Serviços Web OGC [47].

Dessa forma, uma revisão sistemática da literatura (RS), em fase de condução pelos autores deste trabalho, visa entender a dinâmica de funcionamento da composição geoespacial. O resultado dessa RS fornecerá o suporte necessário ao AGORA-PL para a composição de GWS, utilizando o padrão OGC WPS.

#### 4.4.2. Estágio Atual do AGORA-PL

No estágio atual da nossa pesquisa, estamos trabalhando na redefinição da semântica dos modelos de características para suportar o domínio de gestão do risco de inundação. Essa redefinição visa fornecer uma maneira correta de gerar os esquemas de composição, sem ambiguidade, a partir dos modelos de características.

Tendo em vista que trata-se de um trabalho em desenvolvimento, destacamos aqui apenas as contribuições em direção a identificação/extração de características do domínio GRI, por meio da aplicação de técnica de modelos de características. Os modelos gerados – diagramas de características – a partir da aplicação desta técnica, são incorporados aos ativos principais da LPS. Na próxima subseção, demonstramos a aplicação da técnica para geração dos diagramas de características. Esses modelos serão, em um segundo momento, transformados em esquemas de composição para facilitar a orquestração dos GWS.

Como próxima etapa do nosso projeto, a nossa intenção é definir um *framework* para apoiar as fases de geração das famílias de SDSS, similar ao processo DynPL4BPM [48] para comportar as especificidades do domínio de GRI. Contudo, alguns desafios deverão ser concluídos para desenvolver a abordagem aqui proposta. Estes incluem: (i) Entender as especificidades do domínio GRI – requisitos, restrições, ciclo de vida etc.; (ii) Identificar as principais estratégias de composição de serviços

web geoespaciais. Neste ponto, destaca-se que já existe uma revisão sistemática em condução. Os resultados desta servirão de base para a adaptação do *framework*; (iii) Propor um conjunto de ferramentas, para apoiar o processo de engenharia do AGORA-PL e (iv) Integrar a geração automática de modelos à camada de aplicação do AGORA-DS.

Em um nível de granularidade menor, concentraremos os esforços na resolução do problema de composição de serviços web, a partir da utilização do padrão OGC WPS e modelos de características, conforme discutido na Subseção 4.4.1.

#### 4.4.3. Exemplo de Aplicação

Utilizamos o próprio AGORA como exemplo de aplicação para a gestão de variabilidades e geração de famílias de SDSS. A iniciativa é deixar o uso da abordagem AGORA flexível para diferentes contextos, ou seja, em alguns pode-se ter um SDSS com dados de voluntários e dados oficiais de sensores estáticos, em outros, apenas dados oficiais e dados de sensores móveis etc.

Na Figura 6(a) é apresentado um exemplo de diagrama de características. O diagrama é composto por um elemento principal chamado **Raiz** – AGORA, que possui ligações para outros elementos, que são denominados de **Ramos**. Estes ramos levam a outros elementos que também possuem outros ramos. O elemento que não possui ramos é conhecido como **Folha**. Para a geração do diagrama, adotamos as seguintes regras: (i) os ramos representam os componentes do workflow – AGORA-SM, AGORA-IFM, AGORA-DS – ou subcomponentes – AGORA-VOS, AGORA-QA e AGORA-CE; (ii) as folhas representam as fontes de dados e/ou informação que o AGORA utiliza – *Human as Sensors*; *Web-based Crowdsourcing*, *Static Sensor*, *Mobile Sensors*, *Official Data*, *Citizens* e *Decision Makers*.

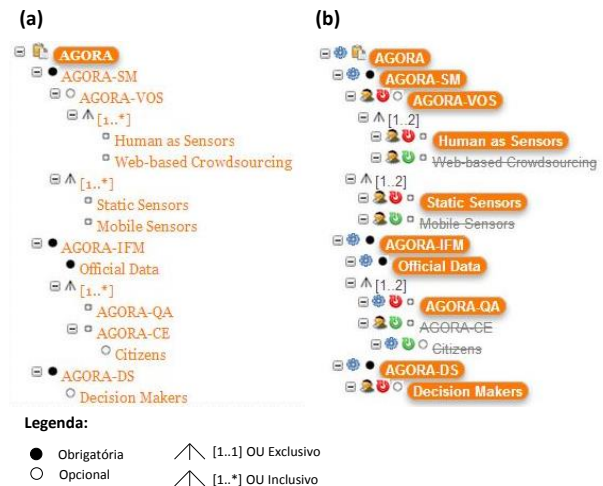


Figura 6. Diagrama de características do AGORA

A Figura 8(b) apresenta um exemplo de configuração para o modelo apresentado na Figura 8(a), ou seja, um modelo de configuração válido foi gerado para o modelo apresentado na Figura 8(a). Neste exemplo, as características escolhidas são as destacadas, o que geraria um SDSS que utiliza informações de VGI e sensores estáticos, como se pode observar ao selecionar, respectivamente, as características filhas *Human as Sensors* e *Static Sensors*. As características desprezadas aparecem tachadas, como é o caso de *Web-based Crowdsourcing*. Conforme análise do modelo da Figura 6(a), são possíveis 120 configurações válidas/famílias para o AGORA. Portanto, para cada contexto,

seria possível gerar uma configuração de SDSS, e com isso estamos fornecendo flexibilidade ao domínio de GRI. Destaca-se que nenhuma restrição foi imposta ao modelo, o que demonstra o número elevado de configurações válidas de famílias de SDSS.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

O objetivo deste trabalho foi propor uma abordagem preliminar de LPS, denominada AGORA-PL, que integra elementos de colaboração e sistemas de suporte à decisão geoespacial. No contexto do projeto AGORA, o AGORA-PL é o componente responsável pela geração de famílias de sistemas de apoio à decisão espacial, tendo como base as LPSOAs, considerando que a camada de integração dos dados no AGORA utiliza SOA e serviços web. As principais contribuições desta proposta foram: (i) Inserção do reuso no contexto da GRI; (ii) Redefinição dos modelos de características para permitir as especificidades do contexto da GRI (1ª etapa), visando a criação de um *framework* para apoiar e sistematizar a geração de famílias de SDSS (2ª etapa).

Como próximas etapas do nosso trabalho, pretende-se apresentar uma proposta para resolução do problema da especificação OGC WPS, discutida na Subseção 4.4.1, incluindo a utilização de técnicas de reuso e captura de domínio – modelos de características. Além desta, esforços serão concentrados na resolução dos desafios apresentados na Subseção 4.4.2, especificamente aqueles relacionados à definição do *framework*.

## REFERÊNCIAS

- [1] UNISDR. 2007. Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. Available in [http://www.unisdr.org/files/1037\\_hyogoframeworkforactionenglish.pdf](http://www.unisdr.org/files/1037_hyogoframeworkforactionenglish.pdf)
- [2] Plate, E.J. 2002. Flood risk and flood management. *J. of Hydrology*. 267, 2 (Oct. 2002), 2-11.
- [3] Poser, K., and Dransch, D. 2010. Volunteered geographic information for disaster management with application to rapid flood damage estimation. *Geomatica*. 64,1(2010),89-98.
- [4] Goodchild, M.F. 2007. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *Geojournal*. 69, 4(2007) 211-221.
- [5] Albuquerque, J.P., and Zipf, A. 2012. Collaborative information systems for disaster management: Building resilience against disasters by combining participatory environmental monitoring and vulnerability communication. In *Proc. of the Alumni Seminar Natural Hazards – Research on Natural Disasters, Civil Defense, Disaster Prevention, and Aid* (Teresópolis, Jun. 15-17, 2012). ALUMNI SEMINAR '12. DAAD, Rio de Janeiro, 71-74.
- [6] Degrossi, L.C., Albuquerque, J. P., Fava, M.C., Mendiondo, E.M. 2014. Flood Citizen Observatory: a crowdsourcing-based approach for flood risk management in Brazil. In *Proc. of the 26th Int. Conf. on Soft. Engineering and Knowledge Engineering* (Vancouver, Jul. 1-3, 2014). SEKE '14. Knowledge Systems Inst. Graduate School, 1-6.
- [7] Horita, F.E.A., Fava, M.C., Mendiondo, E.M., Rotava, J., Souza, V.C., Ueyama, J., and Albuquerque, J.P. 2014. AGORA-GeoDash: A Geosensor Dashboard for Real-time Flood Risk Monitoring. In *Proc. of the 11th Int. ISCRAM Conf.* (Pennsylvania, May. 18-21, 2014). ISCRAM '14. The Penn State University, 302-311.
- [8] Jha, A.K., Bloch, R., and Lamond, J. 2012. Cities and Flooding: A guide to integrated urban flood risk management for the 21st century. World Bank, Washington.
- [9] E. M. Mendiondo. 2005. Flood Risk Management of Urban Waters in Humid Tropics: Early Warning, Protection and Rehabilitation. In *Proc. of the Workshop on Integrated Urban Water Managmt. in Humid Tropics* (F. Iguazu, Apr. 2-3, 2005). 1-14.
- [10] Fava, M.C., Mendiondo, E. M., Souza, V.C.B., Albuquerque, J.P. de, Ueyama, J. 2013. Proposta Metodológica para Previsão de Enchentes com uso de Sistemas Colaborativos. In *Proc. of the XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos* (Bento Gonçalves, Nov. 17-22, 2013). SBRH '13. ABRH, Bento Gonçalves, RS, 1-8.
- [11] Crichton, D. and Mounsey, C. 1997. How the insurance industry will use its oods research. In *Proc. of the 3rd MAFF Conf. of Coastal and River Engineers*. CCRE '97.
- [12] Simonovic, S. P. 1999. Decision Support System for Flood Management in the Red River Basin. *Canadian Water Resources J.* 24, 3 (1999), 203-223.
- [13] De Longueville, B., Annoni, A., Schade, S., Ostlaender, N., and Whitmore, C. 2010. Digital earth's nervous system for crisis events: real-time sensor web enablement of volunteered geographic information. *Int. J. of Digital Earth*. 3, 3 (May. 2010), 242-259.
- [14] Heipke, C. 2010. Crowdsourcing geospatial data. *ISPRS-J. Photogramm. Remote Sens.* 65, 6 (Nov. 2010), 550-557.
- [15] Goodchild, M.F., and Li, L. 2012. Assuring the quality of volunteered geographic information. *Spatial Statistics*. 1 (May. 2012), 110-120.
- [16] Horita, F. E. A., Degrossi, L. C., de Assis, L. F. G., Zipf, A., and de Albuquerque, J.P. 2013. The use of volunteered geographic information (VGI) and crowdsourcing in disaster management: a systematic literature review. In *Proc. of the 19th Americas Conf. on Information Syst.* (Chicago, Illinois, Aug. 15-17, 2013). AMCIS'13. AIS, Atlanta, 1-10.
- [17] Schade, S., Díaz, L., Ostermann, F., Spinsanti, L., Luraschi, G., Cox, S., Nuñez, M. and Longueville, B. D. 2013. Citizen-based sensing of crisis events: sensor web enablement for volunteered geographic information. *Applied Geomatics*. 5, 1 (Mar. 2013), 3-18.
- [18] Kaewkitipong, L., Chen, C., & Ractham, P. 2012. Lessons learned from the use of social media in combating a crisis: A case study of 2011 thailand flooding disaster. In *Proc. of the 33th International Conf. on Information Systems*. (Orlando, 2012). ICIS '12. AIS, Atlanta, USA, 1-17.
- [19] Longueville, B. D., Smith, R. S., and Luraschi, G. 2009. Omg, from here, I can see the flames! – a use case of mining location based social networks to acquire spatio-temporal data on forest fires. In *Proc. of the Int. Workshop on Location Based Social Networks* (Seattle, Nov. 3, 2009). LBSN '09. ACM, New York, 73-80.
- [20] McDougall, K. 2011. Using Volunteered Information to Map the Queensland Floods. In *Proc. of the Surveying & Spat. Sci. Biennial Conf.* (Wellington, Nov. 21-25, 2011). SSSC'11.

- [21] Zook, M., Graham, M., Shelton, T., Gorman, S. 2010. Volunteered geographic information and crowdsourcing disaster relief: a case study of the Haitian Earthquake. *World Medical & Health Policy* 2, 2 (Jul. 2010), 7-33.
- [22] Erskine, M., Gregg, D. 2012. Utilizing Volunteered Geographic Information to Develop a Real-Time Disaster Mapping Tool: A Prototype and Research Framework. In *Proc. of the Int. Conf. on Information Resources Manag.* (Vienna, May. 21-23, 2012). Conf-IRM '12. AIS, Atlanta, 1-13
- [23] De Longueville, B., Luraschi, G., Smits, P., Peedell, S., and De Groeve, T. 2010. Citizens as Sensors for Natural Hazards: A VGI integration Workflow. *Geomatica*. 1(Jan.2010)41-59.
- [24] Clements, P. and Northrop, L. 2001. *Software Product Lines: Practices and Patterns*. Addison-Wesley, Boston, MA.
- [25] Gimenes, I. and Travassos, G. H. 2002. O Enfoque de Linha de Produto para Desenvolvimento de Software, In: *XXI Jornada de Atualização em Informática - Livro Texto*, Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre.
- [26] Bachmann, F., and Bass, L. 2001. Managing variability in software architectures. In: *Proc. of the Symposium on Software Reusability* (Toronto, Canada, May. 18-20, 2001) SSR '01. ACM, New York, 126-132.
- [27] Santos Rocha, R. and Fantinato, M. 2013. The use of software product lines for business process management: a systematic literature review. *Inform and Software Tech.* 55, 8 (Aug. 2013), 1355-1373.
- [28] Kang, D., and Baik, D. K. 2010. Bridging software product lines and service-oriented architectures for service identification using BPM and FM. In *Proc. of the 9th IEEE/ACIS Int. Conf. on Computer and Inf. Sci.* (Yamagata, Aug., 2010). ACIS '10. IEEE, Washington, 755-759.
- [29] Kang, C. K., Kim, S., Lee, J., Kim, K, Shin, E., and Huh, M. 1998. FORM: A feature-oriented reuse method with domain-specific reference architectures. *Ann. Softw. Eng.* 5 (Jan. 1998), 143-168.
- [30] Fantinato, M. 2007. *Uma abordagem baseada em características para o estabelecimento de contratos eletrônicos para serviços web*. Tese de Doutorado, IC, Unicamp, Campinas, 2007.
- [31] Groner, G., Wende, C., Boskovic, M., Silva Parreiras, F., Walter, T., Heidenreich, F., Gasevic, D., and Staab, S. Validation of Families of Business Processes. In *Proc. of the 23rd Int. Conf. on Advanced Information Syst. Eng* (London, 2011). CAiSE'11. Springer, Heidelberg, 551-565.
- [32] Trujillo, S., Kästner, C., and Apel, S. 2007. Product Lines that Supply Other Product Lines: A Service-Oriented Approach. In *Proc. of the Workshop on Service-Oriented Architectures and Software Product Lines* (Kyoto, Japan, 2007). SOAPL'07. SEI, Hanscom AFB, MA, E1-E6.
- [33] Ye, E., Moon, M., Kim, Y., and Yeom, K. 2007. An approach to designing service-oriented product-line architecture for business process families. In *Proc. of the 9th Int. Conf. on Adv. Communication Technology* (Gangwon-Do, 2007). CACT'07. IEEE, Washington, 999-1002.
- [34] Chang, S. H., and Kim, S. D. 2007. A Variability Modeling Method for Adaptable Services in Service-Oriented Computing. In *Proc. of the Int. Software Product Line Conf.* (Kyoto, 2007). SPLC'07. IEEE, Washington, 261-268.
- [35] Costa, G. C. B., Braga, R. M., David, J. M. N., Campos, F. C. A., Arbex, W. 2013. PL-Science: A Scientific Software Product Line. *Procedia Comp. Sci.* 18 (2013), 759-768.
- [36] Pereira, F. A., David, J. M. N., Braga, R., and Campos, F. 2013. Uma Abordagem para a Integração de Elementos de Colaboração ao Núcleo de Artefatos de uma Linha de Produtos de Software Científico. In *Simp. Brasileiro de Sistemas Colaborativos* (Manaus, AM, Out, 8-11, 2013).
- [37] Horita, F. E. A. and Albuquerque, J. P. 2013. An Approach to Support Decision-Making in Disaster Management based on Volunteer Geographic Information (VGI) and Spatial Decision Support Systems (SDSS). In *Proc. of the 10th ISCRAM Conf.* (Baden Baden, Germany, 2013). ISCRAM'13. The Penn State University, 301-306.
- [38] Ushahidi. 2014. The ushahidi platform. Available in <http://ushahidi.com/products/ushahidi-platform>
- [39] Botts, M., Percivall, G., Reed, C., and Davidson, J. 2008. OGC sensor web enablement: Overview and high level architecture, *GeoSensor Networks*. 4540 (2008), 175-190.
- [40] Gomaa, H.; Saleh, M. Software product line engineering for Web services and UML. In *Proc. of the 3rd IEEE Int. Conf. on Computer Systems and Applications* (Cairo, Egypt, 2005) ACS'05. IEEE, Washington, 110.
- [41] Khaled, R., Tayeb, L.M., and Servigne, S. 2010. Geospatial Web Services Semantic Discovery Approach Using Quality. *J. of Convergence Information Tech.* 5, 2 (Apr. 2010), 28-35.
- [42] Farnaghi, M. and Mansourian, A. 2013. Automatic composition of WSMO based geospatial semantic web services using artificial intelligence planning. *J. Spat. Sci.* 58, 2 (Jul. 2013), 235-250.
- [43] Mathkour, H., Gannouni, S. and Beraka, M. 2012. Web Service Composition: Models and Approaches. In *Proc. of the Int. Conf. on Multimedia Comput. and Systems* (Tangier, May, 2012). ICMCS'12. IEEE, Washington, 718-723.
- [44] Zhao, P., Foerster, T. and Yue, P. 2012. The geoprocessing web. *Comput. Geosci.* 47 (Oct. 2012), 3-12.
- [45] OGC. 2014. Open Geospatial Consortium. Available in <http://www.opengeospatial.org>
- [46] Walenciak, G., and Zipf, A. Designing a Web Processing Service Application Profile for Spatial Analysis in Business Marketing. In *Proc. of the AGILE Conf. on Geographic Inf. Sci.* (Guimarães, 2010) AGILE'10. Springer, Heidelberg, 1-8.
- [47] Weiser, A., and Zipf, A. 2007. Web service orchestration of OGC web services for disaster management. In *Proc. of the Joined CIG/ISPRS Conf. on Geomatics for Disaster and Risk Management* (Toronto, May. 23-25, 2007). Gi4DM '07. Springer, Heidelberg, 1-15.
- [48] Rocha, R.S. 2012. *Linha de produto para Gestão de Processos de Negócio incluindo aspectos dinâmicos*. Dissertação de Mestrado, EACH, USP, São Paulo, 2012.
- [49] Endsley, M.R. 1988. Design and evaluation for situation awareness enhancement. In *Proc. of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Anaheim, California). HFES'88, 97-101.