



## **CARACTERIZAÇÃO DE APLICAÇÕES DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS VOLUNTÁRIAS NA GESTÃO DE RISCOS HIDROLÓGICOS**

*Characterization of Volunteered Geographic Information Applications in  
Management of Hydrological Risks*

**Gabriel Araujo de Oliveira & Patrícia Lustosa Brito**

**Universidade Federal da Bahia - UFBA**  
**Escola Politécnica - Departamento de Engenharia de Transporte e Geodésia**  
Rua Aristides Novis, 02, Federação, CEP 40210-630, Salvador, Bahia, Brasil  
goliveira.urb@gmail.com, britopatricia@hotmail.com

*Recebido em 6 de Outubro, 2015/ Aceito em 28 de Setembro, 2016*  
*Received on October 6, 2015/ Accepted on September 28, 2016*

### **RESUMO**

Nas últimas décadas, o avanço das tecnologias contribuiu para a popularização dos mapas na sociedade e atualmente informações geoespaciais podem ser coletadas e fornecidas em tempo real pela população, possibilitando a realização de mapeamentos em massa e contribuindo em diferentes áreas que utilizam informações geográficas. Entre os principais elementos impulsionadores dessa temática, denominada informações geográficas voluntárias, estão o uso da conexão via internet através de computadores e telefones móveis, e disseminação de aplicativos como o *Google Maps*. Nesse contexto, trabalhos realizados no mundo demonstram o crescimento e a eficiência das informações geográficas produzidas pela população na gestão de riscos e desastres, de forma que este artigo tem o objetivo de apresentar a caracterização de aplicações já desenvolvidas para a coleta e utilização de informações geográficas voluntárias como ferramentas de apoio na gestão de riscos hidrológicos. O artigo apresenta, como resultado de uma revisão bibliográfica estruturada, uma tabela síntese que indica as características das aplicações analisadas em relação à evolução no tempo, distribuição espacial, escala das informações compartilhadas, grau de participação dos colaboradores, recursos utilizados para o georreferenciamento das informações e fase do desastre em que são aplicadas. A análise da tabela síntese evidencia a expansão dessas aplicações em variados locais do planeta, voltadas para situações pós-desastres, com informações mais localizadas (escalas maiores), fornecidas diretamente pelos usuários através de computadores e dispositivos móveis, e também pela utilização de informações produzidas indiretamente em redes sociais.

**Palavras chaves:** Informação Geográfica Voluntária, Inundação, Risco Hidrológico, Gestão de Riscos.

### **ABSTRACT**

In recent decades, the advance of technology has contributed to the popularization of the maps in society and currently geospatial information can be collected and supplied in real time by population, enabling the realization of mass mapping and contributing in different areas using geographic information. Among major elements of this theme, called voluntary geographic information, are the use of internet connection through computers and mobile phones, and spread of applications like Google Maps. In this context, searches performed in the world demonstrate the growth and the efficiency of geographic information produced by the population on risk and disaster management, so that this article aims to present the characterization of applications already developed for the collection and use of geographic information

volunteers as support tools in hydrological risk management. The article presents, as a result of a structured literature review, a summary table which indicates characteristics of the applications analyzed regarding the evolution in time, spatial distribution, range of shared information, degree of participation of users, resources used for georeferencing information and disaster phase in which they are applied. The analysis of the summary table shows the expansion of these applications in different places on the planet, focused on post-disaster situations, with more localized information (larger scale), provided directly by users through computers and mobile devices, and also by use of information produced indirectly in social networks.

**Keywords:** Volunteered Geographic Information, Flood, Hydrological Risk, Risk Management.

## 1. INTRODUÇÃO

Os desastres naturais estão diretamente vinculados à história do homem e ao seu modo de apropriação e uso dos recursos naturais. Desde a formação dos primeiros agrupamentos humanos até a concepção das cidades modernas, os desastres têm causado impactos negativos na sociedade e todos os anos mais de 200 milhões de pessoas estão envolvidas com algum tipo de desastre natural: secas, inundações, ciclones, terremotos, incêndios florestais e outras ameaças.

No ano de 2011, a Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro foi alvo de um dos maiores desastres naturais relacionados ao movimento de massas e enxurradas no Brasil, o qual acarretou em 947 vítimas fatais, 300 desaparecimentos, mais de 50.000 desabrigados e atingindo aproximadamente 1 milhão de pessoas (DOURADO, ARRAES, e SILVA, 2012). No Estado da Bahia, a enxurrada ocorrida na sede municipal de Lajedinho (em 08 de dezembro de 2013) resultou na morte de 17 pessoas e aproximadamente 300 famílias desabrigadas (BRANDÃO *et al.*, 2014), além da destruição de estabelecimentos comerciais, bens públicos e outros equipamentos urbanos.

Considerando suas devidas proporções, ambos os desastres apresentam características similares, sobretudo em relação à imprevisibilidade dos índices de precipitação pluviométrica que ocasionaram as catástrofes. Nesse aspecto o Alto Comissariado das Nações Unidas para Refugiados (United Nations High Commissioner for Refugees – UNHCR) alerta para o fato de que o atual modo de produção socioeconômico insustentável tem acentuado as mudanças climáticas e respectivos desastres em todo o planeta (UNHCR, 2009).

Um dos principais desafios encontrados na gestão de riscos e desastres está no fato de que a velocidade e a imprevisibilidade dos desastres naturais exigem medidas de monitoramento

superiores à capacidade da gestão pública, que muitas vezes possui equipe técnica e recursos tecnológicos insuficientes. Da mesma forma, a rapidez da expansão urbana, principalmente em áreas de ocupação espontânea, ocorre de modo que os elementos relativos à vulnerabilidade devem ser atualizados em curtos períodos de tempo.

Nesse sentido, recentes aplicações de informações geográficas voluntárias na gestão de riscos e desastres têm demonstrado a eficiência desse recurso como uma importante ferramenta de apoio. A informação colaborativa possibilita e incentiva a participação da sociedade no monitoramento dos riscos em tempo real e realização de mapeamentos com grande volume de dados, além de consolidar uma rede de comunicação eficaz em situações de desastres, como informações de alerta e socorro.

Os prejuízos causados por desastres naturais, sobretudo os danos relativos à vida humana, e o surgimento das informações geográficas voluntárias como instrumento eficiente de gestão de desastres, demonstram a necessidade de aprofundamento sobre o tema. Assim, este trabalho tem como objetivo analisar as principais características de aplicações desenvolvidas para a coleta e utilização de Informações Geográficas Voluntárias na gestão de riscos hidrológicos, visando contribuir para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de novas aplicações.

## 2. GESTÃO DE RISCOS HIDROLÓGICOS

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (BRASIL, 2012) utiliza as definições do Glossário de Defesa Civil (CASTRO, 2009) para definir os desastres como “resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais”. Já os desastres naturais são “aqueles provocados

por fenômenos e desequilíbrios da natureza e produzidos por fatores de origem externa que atuam independentemente da ação humana” (CASTRO, 2009).

A Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE, 2009) divide os desastres naturais nos grupos Geológico, Hidrológico, Meteorológico, Climatológico e Biológico. Os desastres hidrológicos correspondem aos danos causados por fluxos de água superiores à capacidade de escoamento de corpos hídricos naturais (inundações) ou da infraestrutura de drenagem (alagamento), podendo também ser intensificados pela alta velocidade e energia cinética de escoamento, que caracterizam as enxurradas (COBRADE, 2009). As subdivisões e respectivos conceitos de desastres hidrológicos definidos pela COBRADE podem ser visualizados na íntegra na Tabela 1.

Tabela 1: Tipos de desastres hidrológicos segundo a COBRADE (2009)

|             |   |
|-------------|---|
| Inundações  | Submersão de áreas, fora dos limites normais de um curso de água, em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.   |
| Enxurradas  | Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo. |
| Alagamentos | Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.  |

Os riscos por sua vez estão diretamente relacionados aos tipos de desastres. Ao longo das décadas, variados conceitos de risco foram atribuídos, sendo inicialmente definidos pelas ciências naturais, quando foram restritos ao estudo dos fenômenos naturais, e posteriormente pelas ciências aplicadas e ciências sociais, que

adicionaram a interdisciplinaridade aos estudos, e assim, os aspectos socioeconômicos passaram a ser considerados no estudo de riscos e desastres (MASRKEY, 1998).

Embora existam diversos conceitos para o termo risco, atualmente há um consenso sobre a sua definição, sendo considerado como uma medida de probabilidade de ocorrência de um desastre em função da existência de uma ameaça (fenômeno causador do desastre) e da vulnerabilidade do local atingido (grau de exposição em relação à ameaça), podendo acarretar em danos sociais, econômicos e ambientais (BRASIL, 2007; CASTRO, 2009; MANSILLA, 2000; VEYRET 2007).

Uma vez que o risco pode ser considerado uma medida de probabilidade, passível de mensuração, Guimarães, Guerreiro e Peixoto (2008) e o Ministério das Cidades (BRASIL, 2006) apresentam equações que visam definir matematicamente o conceito de risco (Tabela 2). A interpretação das equações apresentadas permite afirmar que os fatores ameaças, ou perigos, e a vulnerabilidade são os principais determinantes do grau de risco, enquanto que a capacidade, ou gerenciamento (existência ou capacidade de realização de intervenções mitigadoras), são fatores que atuam na redução do risco (GUIMARÃES, GUERREIRO & PEIXOTO, 2008; BRASIL, 2006). As áreas de riscos são aquelas consideradas suscetíveis à ocorrência de fenômenos potencialmente causadores de desastres e ao mesmo tempo vulneráveis em relação aos impactos desses fenômenos (BRASIL, 2006). São áreas onde existe a probabilidade simultânea de incidência de uma ameaça e de ocorrência de danos em função da vulnerabilidade do local atingido (Figura 1).

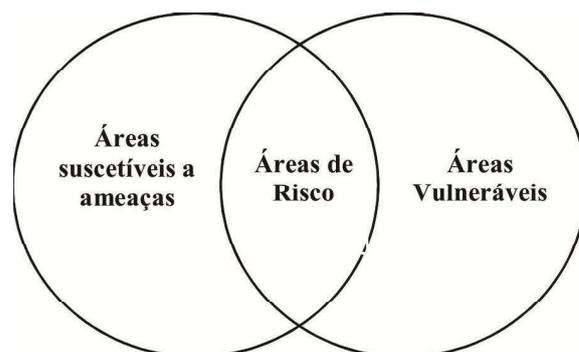


Fig. 1 - Esquema conceitual de áreas de risco.

A gestão de riscos e desastres é realizada na forma de ciclo (BRASIL, 2006), contendo as seguintes etapas: a) mitigação, abrangendo ações realizadas para a redução dos riscos e das consequências causadas por desastres, como mapeamento de áreas de risco, planejamento de uso do solo, instalação de infraestrutura como contenções, canalização de corpos hídricos, sistemas de drenagem e etc; b) preparação, que consiste em ações de monitoramento, sistemas de alertas, planos emergenciais e treinamentos; c) resposta, ou medidas de socorro e assistência às vítimas e áreas atingidas; e d) recuperação, contemplando ações de reconstrução, reassentamento da população atingida e demais ações necessárias para o

restabelecimento das áreas atingidas. As etapas de mitigação e preparação são consideradas fases pré-desastres, enquanto que resposta e recuperação são etapas que abrangem situações de pós-desastre.

No Brasil, a Lei Federal Nº12.608/2012 instituiu a nova Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, alterando o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001) para incluir pela primeira vez no país a obrigatoriedade do mapeamento de áreas de risco como ferramenta de planejamento urbano. O mapeamento passa a ser obrigatório também para a captação de recursos que viabilizem obras emergenciais ou preventivas nos municípios suscetíveis a ocorrência de desastres (BRASIL, 2012).

Tabela 2: Definições matemáticas de risco

| Equação   | Referência                            |
|---|---------------------------------------|
| $Risco = f(Ameaça \times Vulnerabilidade)$ Onde $f$ significa função.   | Guimarães, Guerreiro e Peixoto (2008) |
| $Risco = f \left\{ \frac{Ameaça \times Vulnerabilidade}{Capacidade} \right\}$ Onde $f$ significa função.  | Guimarães, Guerreiro e Peixoto (2008) |
| $R = P(fA) * C(fV) * g-1$<br>Onde um determinado nível de risco $R$ representa a probabilidade $P$ de ocorrer um fenômeno físico (ou perigo) $A$ , em local e intervalo de tempo específicos e com características determinadas (localização, dimensões, processos e materiais envolvidos, velocidade e trajetória); causando consequências $C$ (às pessoas, bens e/ou ao ambiente), em função da vulnerabilidade $V$ dos elementos expostos; podendo ser modificado pelo grau de gerenciamento $g$ . | Ministério das Cidades (BRASIL, 2006) |

Assim, o mapeamento e análise de áreas de risco é uma ferramenta essencial para a Gestão de Riscos, sobretudo no que diz respeito à etapa de mitigação, isto é, a prevenção e o planejamento de ações futuras, visando reduzir as ameaças e vulnerabilidades, e assim contribuir para a qualidade de vida e a segurança da população. O conhecimento sócio ambiental do território e de suas áreas de riscos naturais - objeto das ciências cartográficas - é fundamental para garantir a efetividades das políticas públicas, minimizar os riscos de desastres e respectivos danos ocasionados.

### 3. INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS VOLUNTÁRIAS NA GESTÃO DE RISCOS

Segundo Maskrey (1998) o uso da cartografia na gestão de riscos tem sido um recurso explorado desde antes a difusão de tecnologias digitais, especialmente antes dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), sendo realizados

até então através da superposição de mapas analógicos. Como exemplo de uso da cartografia analógica na análise de riscos, o autor cita a metodologia desenvolvida por McHarg (1975, apud MASKREY, 1998) no zoneamento de regiões inundáveis e na elaboração do Plano de Proteção Sísmica da Região Metropolitana de Lima (Peru) em 1982, a partir da sobreposição e análise de mapas analógicos.

Entretanto, o uso de cartografia analógica possui restrições no que diz respeito à realização de análises complexas e com grande volume de dados. Por sua vez, os SIG além de superar essas limitações mencionadas, podem incorporar dados geográficos de variados formatos, incluindo mapas analógicos digitalizados, bases cartográficas vetoriais, imagens de satélite, ortofotos e informações alfanuméricas (MASKREY, 1998; CÂMARA, MONTEIRO & DAVIS, 2003; MAGUIRE, 2001). Ademais, os SIG permitem a representação dos resultados com maior nível

de detalhamento e em diferentes formatos, seja através de mapas impressos ou no formato de mapas digitais interativos disponibilizados pela internet, conhecidos como aplicações SIG Web (CÂMARA, MONTEIRO & DAVIS, 2003; MAGUIRE, 2001).

Em situações de riscos e desastres, as informações geográficas processadas em SIG podem auxiliar na análise e mapeamento de áreas de riscos, planejamento de rotas de evacuação, identificação de áreas afetadas, locais de socorro e em todas as demais ações praticadas na gestão de risco, sendo instrumentos imprescindíveis para a redução de impactos causados pelos desastres (MASKREY, 1998; GOODCHILD & GLENNON, 2010). A informação geográfica, por ser o insumo básico da cartografia digital ou analógica, torna-se fundamental na análise de riscos e em trabalhos de qualquer natureza que envolva SIG (MAGUIRE, 2001; GATRELL, 2001).

Goodchild (2007) e Goodchild e Glennon (2010) apontam que um dos principais problemas encontrados na ocorrência de desastres é a indisponibilidade de dados espaciais da área atingida tendo em vista que, durante situações de crise, as informações geográficas necessárias para a execução de ações devem estar disponíveis de imediato. Mesmo em áreas onde há informações geográficas disponíveis, é necessário que as informações estejam atualizadas em relação ao período de ocorrência do desastre, e em alguns casos, essa atualização deve ser realizada em tempo real (GOODCHILD, 2007; GOODCHILD & GLENNON, 2010).

Sobre o aspecto da obtenção de informações geográficas, Goodchild (2007), Castelein *et al.* (2010), Parker (2012) e Esmail, Naeser e Esmail (2013) mencionam que desde o surgimento da cartografia até as duas últimas décadas, este processo foi realizado através de técnicas convencionais de mapeamento, executado por empresas especializadas e agências governamentais. Assim, regiões que possuem limitações de recursos tecnológicos ou financeiros, e em regiões não consideradas de interesse pelos produtores oficiais de dados cartográficos, as informações geográficas estiveram ausentes nas bases de dados dessas localidades, impossibilitando a realização de

análises fundamentais para a gestão do território (GOODCHILD, 2007; CASTELEIN, *et al.*, 2010; PARKER, 2012; ESMAIL, NAESERI & ESMAIL, 2013).

Nesse contexto, surgiu uma série de iniciativas voltadas para a obtenção de informações geográficas a partir da contribuição voluntária da população e que demonstraram resultados positivos em relação aos fatores expostos anteriormente, utilizando para isso a internet como base das suas ações e possibilitando a realização de mapeamentos em massa (GOODCHILD, 2007; SIEBER, 2007; SUI, 2008; ELWOOD, 2008). Em 2010, quando um terremoto atingiu o Haiti, as equipes de socorro necessitaram de informações como caminhos, abrigos, áreas atingidas e outras informações geográficas que não constavam nas bases de dados oficiais, sendo possível observar as consequências negativas acarretadas pela inexistência ou insuficiência de dados cartográficos em situações de crise (ZOOK *et al.*, 2010; CROOKS & WISE, 2013; SHELTON *et al.*, 2014). No Haiti, as iniciativas baseadas em VGI agregaram centenas de voluntários, incluindo cidadãos comuns e organizações internacionais, e em poucos dias mapearam as informações necessárias a partir de imagens de satélites atualizadas da região e contribuíram para a redução dos impactos causados pelo terremoto em todo o país (ZOOK *et al.*, 2010; CROOKS & WISE, 2013; SHELTON *et al.*, 2014).

Zook *et al.* (2010) analisaram as aplicações de VGI surgidas após o terremoto que atingiu o Haiti em 2010 e que foram cruciais para a prestação de socorro e outras ações de resposta. Através dessas aplicações, que envolveram voluntários de variados perfis e países, foi possível realizar o mapeamento rápido e com grande volume de informações sobre áreas afetadas, localização de vítimas, e rotas disponíveis para prestação de socorro (Figura 2). Assim os autores mencionam o potencial dessas aplicações para atuar durante a ocorrência de catástrofes, sobretudo em localidades onde as bases cartográficas oficiais são insuficientes e desatualizadas, e que ao mesmo tempo não possuem recursos financeiros e técnicos para a realização de mapeamentos de urgência.

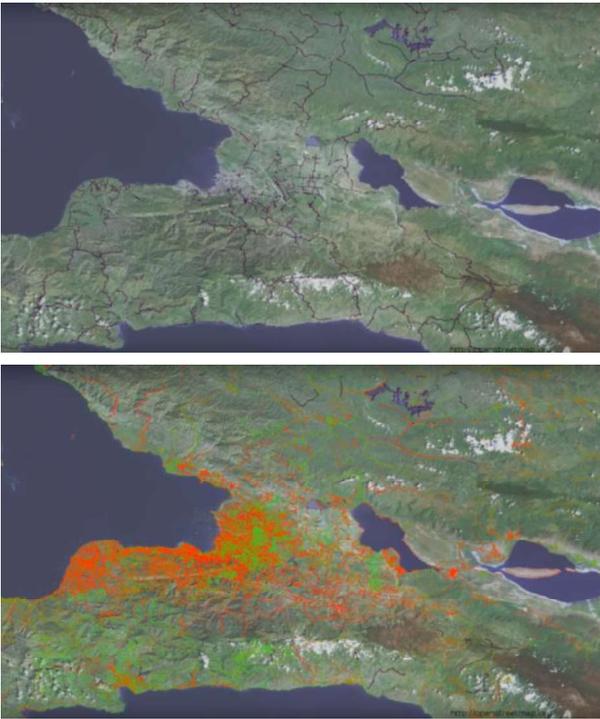


Fig. 2 – Base cartográfica do Haiti na plataforma Open Street Map antes e após o terremoto em 2010. Fonte: Adaptado de HUMANITARIAN OSM TEAM (2010)

Desde então, essas iniciativas originadas no Haiti têm sido mencionadas por diversos autores como o principal marco temporal das aplicações do mapeamento colaborativo na gestão de riscos e desastres, e impulsionaram também uma série trabalhos relacionados em outros lugares do planeta.

Visando compreender o desenvolvimento de aplicações baseadas em VGI na gestão de desastres, Horita *et al.* (2013) realizaram uma revisão bibliográfica sistemática de trabalhos científicos relacionados ao tema, confirmando a importância e viabilidade dessas aplicações. Ao analisar 21 trabalhos publicados em periódicos internacionais, os autores identificaram o desenvolvimento das primeiras aplicações no ano de 2005, e um crescimento desse número no período entre 2010 e 2012, estando relacionado ao desenvolvimento e utilização dessas aplicações após o terremoto que atingiu o Haiti em 2010. Os autores também identificaram a utilização predominante de redes sociais e de dispositivos móveis para o compartilhamento e obtenção das informações, e a necessidade de aplicações voltadas para as fases pré-desastres, tendo em vista que a maioria dos trabalhos analisados foi desenvolvida para a fase de resposta.

Goodchild (2007) considera que o crescimento das informações geográficas voluntárias tem atribuído à população a possibilidade de atuar como sensores humanos que podem captar diversas informações em seu cotidiano e as transmitir a partir de computadores e telefones móveis de forma voluntária. A localização dessas informações, que irá atribuir o seu caráter geográfico (MAGUIRE, 2001), pode ser realizada através da adição de atributos de localização (nome da rua, bairro, cidade, estado, país), coordenadas geográficas fornecidas automaticamente por dispositivos móveis (tablets e smartphones), e também por meio de mapas interativos (GOODCHILD, 2007; SUI, 2008; ELWOOD, 2008; COLEMAN, GEORGIADOU & LABONTE, 2009; ESMAIL, NAESERI & ESMAIL, 2013; SHELTON *et al.*, 2014; BRAVO & SLUTER, 2015).

O primeiro fator determinante para o surgimento dessas iniciativas colaborativas foi o crescimento dos mapas na rede mundial de computadores a partir de 1995, período que Peterson (2005) chama de uma década de mapas na internet, quando constatou que a taxa de crescimento dos mapas na *web* foi superior ao crescimento da própria internet. Embora não estivesse falando ainda do seu caráter colaborativo, pode-se dizer que neste período os mapas se popularizaram e passaram ser utilizados por cidadãos em geral, demonstrando também a familiarização desses usuários com a cartografia (PETERSON, 2005). O segundo fator foi a mudança no formato da *internet*, que passou de uma estrutura de comunicação unidirecional, em que o usuário era apenas consumidor das informações disponibilizadas, para uma plataforma de comunicação onde os usuários consomem e também produzem informações, interagindo com os sites e também com outros usuários da rede (O'REILLY, 2007; GOODCHILD, 2007; SIEBER, 2007; SUI, 2008; ELWOOD, 2008; SEGARAN, 2008).

De acordo com Segaran (2008), este novo caráter interativo da internet, nomeado Web 2.0 (O'REILLY, 2007; SEGARAN, 2008), possibilitou a criação de sites voltados para a colaboração dos usuários como o Wikipedia e outras plataformas baseadas no conceito de inteligência coletiva, ou *crowdsourcing* na língua inglesa, em que a colaboração e

compartilhamento de informações, até então dispersas entre indivíduos, contribuem para a solução de diversos problemas de natureza técnica, científica e cotidiana.

Em suma, estas iniciativas envolvendo VGI surgiram a partir da combinação entre a popularização dos mapas e *internet* (PETERSON, 2005), surgimento da *Web 2.0*, e pelo crescimento das plataformas *crowdsourcing* (GOODCHILD, 2007; SIEBER, 2007; SUI, 2008; ELWOOD, 2008). Da mesma forma, deve ser mencionado também o avanço das tecnologias de comunicação que atualmente possibilitam a conexão móvel com a *internet*, favorecendo o compartilhamento de informações em tempo real, e pela possibilidade de localizar informações de forma automatizada através de receptores GPS disponíveis em telefones celulares e *tablets* (GOODCHILD, 2007; SUI, 2008; ELWOOD, 2008; COLEMAN, GEORGIADOU & LABONTE, 2009; SHELTON *et al.*, 2014; ESMail, NAESERI & ESMail, 2013; BRAVO & SLUTER, 2015).

Além de contribuir para a obtenção de informações geográficas com baixo custo, atualização contínua, em tempo real, com ampla cobertura geográfica e em grandes volumes (GOODCHILD, 2007; ESMail, NAESERI & ESMail, 2013), as aplicações baseadas em VGI possibilitam o compartilhamento de informações específicas sobre um determinado lugar e população, indo além do mapeamento sistemático convencional (SUI, 2008; ELWOOD, 2008; LIU & PALEN, 2010).

Na gestão de riscos e desastres, Neal (1997, apud LIU & PALEN, 2010) considera que os modelos tradicionais utilizados na análise de riscos e desastres possuem limitações no que diz respeito à generalização obtida nos resultados e no desconhecimento dos elementos relacionados às particularidades de cada região e da população afetada. Nesse sentido, as aplicações baseadas em VGI podem ser inseridas também no que Turner (2006) define como Neogeografia, referindo-se a um conjunto de técnicas e ferramentas utilizadas pela própria população na disseminação de informações geográficas, que promove a participação da população, incluindo grupos sociais minoritários no planejamento de ações governamentais (LIU e PALEN, 2010; SUI,

2008; ELWOOD, 2008; GOODCHILD, 2009).

Por outro lado, Sieber (2007) enfatiza que muitas vezes, as informações utilizadas em aplicações baseadas em VGI são compartilhadas pelos usuários em suas redes sociais apenas para fins de interatividade, e que os produtores dessas informações não estão necessariamente conscientes ou interessados em suas contribuições nesse contexto. E por isso, a autora caracteriza o termo “voluntário” como a produção de informações pelo usuário independente da sua participação, consciência ou interesse sobre as contribuições e resultados obtidos nas aplicações baseadas em VGI (SIEBER, 2007). Da mesma forma, Haklay (2013) aponta que as práticas realizadas até então não promoveram o caráter participativo e democrático das informações geográficas voluntárias no contexto da neogeografia, pois mesmo em aplicações em que o processo colaborativo é consciente, o envolvimento dos usuários tem sido resumido ao compartilhamento de informações, não atingindo a participação no processo de consolidação dos resultados ou nas decisões que serão tomadas a partir da sua colaboração (HAKLAY, 2013).

Assim, é possível observar os múltiplos conceitos, aplicações e reflexões que abrangem as informações geográficas voluntárias, e por isso, vários termos ou ramificações têm surgido para caracterizar aplicações que envolvem VGI, como: mapas colaborativos (RIBEIRO & LIMA, 2011; HIRATA *et al.*, 2013; BRITO *et al.*, 2014), *crowdsourcing* geoespacial (HEIPKE, 2010; GOODCHILD & GLENNON, 2010; LIU, 2014), *crowd-mapping* (LIU, 2014), *geowiki* (SEE *et al.*, 2015), *WikiGIS* (ROCHE *et al.*, 2012), *geocolaboração* (SCHAFER, GANOE & CARROL, 2007; SIGALA, 2012; SOUSA, 2012) e outras expressões semelhantes, que surgem na medida em que se aprofundam os levantamentos bibliográficos sobre o tema.

Entretanto, este estudo não visa chegar a uma conclusão sobre um conceito ou nomenclatura universal para as aplicações que envolvem VGI. Porque, mesmo havendo múltiplos entendimentos desta temática, relativamente nova, é possível observar um consenso na sua compreensão que é a obtenção e utilização de informações geográficas produzidas por usuários da *internet*, que não necessariamente são especialistas em geociências ou áreas

afins. Além disso, o volume de trabalhos já apresentados sobre o tema e seu potencial em questões socioambientais, principalmente na gestão de riscos e desastres, demonstra que o mais importante a ser realizado nesse momento é compreender o uso dessas aplicações, buscando soluções para as suas deficiências e para a consolidação e reconhecimento das informações geográficas voluntárias como um ramo da cartografia.

#### 4. METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática visando identificar e caracterizar aplicações já desenvolvidas para a gestão de riscos hidrológicos e que utilizaram VGI como fonte de dados espaciais, obtendo assim as características predominantes.

Para isso foram coletados artigos científicos nas plataformas Springer, Science Direct, Scopus e Web of Science, utilizando os motores de buscas de cada plataforma, a partir da consulta de trabalhos científicos que continham palavras chave relacionadas com VGI (volunteered geographic information, collaborative mapping e crowdsourcing) e palavras chave relacionadas com riscos hidrológicos (flood, inundation e overflow). Assim, foram apresentados apenas artigos em que fosse encontrada pelo menos uma palavra chave de cada tema. Nas buscas em que se utilizou o termo crowdsourcing foi necessário adicionar o termo map, evitando a coleta de trabalhos não relacionados com a utilização de dados espaciais.

A utilização dos termos na língua inglesa e das plataformas selecionadas para a realização da coleta teve como objetivo identificar trabalhos de circulação internacional e assim obter a caracterização das aplicações de VGI em diferentes regiões do planeta, incluindo aplicações desenvolvidas no contexto brasileiro, publicadas em periódicos internacionais.

As buscas foram realizadas utilizando a combinação de uma palavra-chave de cada tema, explorando-se todas as combinações possíveis: “volunteered geographic information” AND “flood”; “volunteered geographic information” AND “inundation”; “volunteered geographic information” AND “overflow”; “collaborative mapping” AND “flood”; “collaborative mapping”

AND “inundation”; “collaborative mapping” AND “overflow”; “crowdsourcing” AND “map” AND “flood”; “crowdsourcing” AND “map” AND “inundation”; “crowdsourcing” AND “map” AND “overflow”.

Após a coleta, foram identificados os trabalhos encontrados em mais de uma busca, sendo inicialmente excluídas as repetições. Posteriormente foram selecionados apenas aqueles que tratavam sobre o desenvolvimento de aplicações baseadas em VGI na gestão de riscos hidrológicos ou que citavam experiências já realizadas. A inclusão de aplicações citadas, mas não desenvolvidas no trabalho, teve como objetivo abranger também iniciativas aplicadas fora do contexto acadêmico, como trabalhos realizados por entidades governamentais e outras organizações. A caracterização das aplicações foi realizada a partir da identificação dos atributos apresentados na tabela 3.

Após a identificação dos atributos em cada aplicação, as informações foram sistematizadas na forma de tabela, permitindo a sintetização dos dados, realização de gráficos e análise das características predominantes, sendo possível responder:

a) Em que período surgiram as primeiras aplicações? Ao longo do tempo, o número de aplicações aumentou, diminuiu ou se manteve com a mesma quantidade? b) Em quais países essas aplicações foram desenvolvidas? c) Qual a escala predominante das informações geográficas voluntárias utilizadas? As aplicações têm sido desenvolvidas para obter informações na escala local (rua, casa, bairro) ou regional (cidade, estado, região)? d) Qual o grau de conscientização dos usuários em relação às suas colaborações? Eles estão colaborando diretamente, ou indiretamente? e) Quais os recursos utilizados para o georreferenciamento das informações colaboradas? Exigem que tipo de conhecimento do usuário para a sua utilização? f) para qual fase dos desastres predominam as aplicações já desenvolvidas: antes, durante ou depois da ocorrência do desastre?

Por fim, além da caracterização das aplicações em função dos atributos pré-definidos, também foram apresentadas nos resultados outras informações relevantes encontradas nos artigos analisados.

Tabela 3: Características e atributos identificados nas aplicações

| Característica das aplicações  | Atributo  |
|--------------------------------|---|
| Ano                            | Ano em que a aplicação foi desenvolvida   |
| País                           | País para o qual a aplicação foi desenvolvida   |
| Escala                         | <b>LOCAL:</b> permite a identificação espacial das informações em relação às ruas, bairros, distritos.<br><b>REGIONAL:</b> permite a identificação espacial apenas em relação às cidades, estados, regiões.   |
| Forma de Colaboração           | <b>DIRETA:</b> quando as contribuições são voluntárias e conscientes no contexto da aplicação.<br><b>INDIRETA:</b> quando as informações são obtidas de fontes externas como redes sociais e coletadas através de recursos de mineração de dados.   |
| Recurso de Georreferenciamento | <b>GPS:</b> através de coordenadas geográficas obtidas por receptores GPS embutidos em dispositivos móveis.<br><b>GEOCODIFICAÇÃO:</b> adição de atributos textuais de localização como nome de rua, bairro, cidade.<br><b>SIG Web:</b> identificação espacial de informações pelo usuário em mapas interativos. |
| Fase de Gestão                 | <b>PRÉ-DESASTRE:</b> Quando as informações são coletadas e utilizadas nas etapas de gestão de riscos anteriores ao desastre.<br><b>PÓS-DESASTRE:</b> Quando as informações são coletadas e utilizadas após a incidência do evento hidrológico.  |

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, na etapa de coleta foram encontrados 674 trabalhos em que foi identificada a presença de pelo menos uma combinação de palavras chave pelos motores de buscas das plataformas Springer (382), Science Direct (255), Scopus (29) e Web of Science (08). Contatou-se a presença de trabalhos coletados mais de uma vez, por estarem presentes em diferentes plataformas ou por conterem mais de uma combinação de palavras chave.

Após a exclusão dos trabalhos repetidos (110) e daqueles que não tratavam ou citavam aplicações de VGI no contexto da gestão de riscos hidrológicos, foram encontradas 35 experiências, em 31 artigos científicos que foram considerados para essa análise (Tabela 4). Os demais trabalhos excluídos tiveram como critérios: a) as palavras chave estavam presentes apenas nas referências bibliográficas; b) o artigo tratava de gestão de riscos hidrológicos e comentava brevemente sobre VGI como uma tendência a ser implantada em trabalhos futuros, e vice versa; e c) na maioria dos trabalhos coletados a partir da palavra chave crowdsourcing, os termos “flood” e “overflow” se referiam à inundação de dados no contexto bigdata.

Em relação às combinações de palavras chave utilizadas foi possível perceber o maior volume de trabalhos selecionados a partir dos termos “Volunteered Geographic Information” e “flood”, os quais possibilitaram a coleta e análise de 21 trabalhos (60% do total).

É possível observar que a aplicação de VGI na gestão de riscos hidrológicos é bastante recente, com os primeiros trabalhos desenvolvidos de forma dispersa em 2005, 2007 e 2009, e o aumento das aplicações a partir do ano de 2010 (Figura 3). A primeira aplicação identificada na pesquisa, denominada *Scipionus*, foi desenvolvida em 2005 após a ocorrência do Furacão Katrina nos Estados Unidos, com o objetivo de compartilhar informações variadas sobre a situação da área atingida (CRUTCHER & ZOOK, 2009; ROCHE, PROPECK-ZIMMERMANN & MERICKSKAY, 2011).

Tabela 4: Aplicações identificadas e caracterização pelos atributos predefinidos

| País           | Ano  | Escala |          | Forma de Colaboração |          | Recurso de Georreferenciamento |                |         | Fase de Gestão |                | Referências   |
|----------------|------|--------|----------|----------------------|----------|--------------------------------|----------------|---------|----------------|----------------|---|
|                |      | Local  | Regional | Direta               | Indireta | GPS                            | Geocodificação | SIG Web | Pré - Desastre | Pós - Desastre |   |
| Estados Unidos | 2005 | X      | X        | X                    |          |                                |                | X       |                | X              | Crutcher & Zook (2009), Roche, Propeck-Zimmermann & Mericskay (2011)                        |
| Inglaterra     | 2007 | X      |          | X                    |          |                                |                | X       |                | X              | Roche, Propeck-Zimmermann & Mericskay (2011)  |
| Alemanha       | 2009 | X      |          |                      | X        |                                | X              |         |                | X              | Poser & Dransch (2010)  |
| Haiti          | 2010 | X      |          | X                    |          |                                |                | X       |                | X              | Liu (2014), Roche, Propeck-Zimmermann & Mericskay (2011)                                    |
| Haiti          | 2010 | X      |          | X                    |          | X                              | X              | X       |                | X              | Liu (2014), Kamel Boulos <i>et al.</i> (2011), Roche, Propeck-Zimmermann & Mericskay (2011) |
| Haiti          | 2010 | X      |          | X                    |          | X                              | X              | X       |                | X              | Liu (2014)  |
| Haiti          | 2010 | X      |          | X                    |          |                                |                | X       |                | X              | Roche, Propeck-Zimmermann & Mericskay (2011)  |
| Haiti          | 2010 | X      | X        | X                    | X        | X                              | X              | X       |                | X              | Roche, Propeck-Zimmermann & Mericskay (2011)  |
| Haiti          | 2010 | X      |          | X                    |          | X                              | X              | X       |                | X              | Roche, Propeck-Zimmermann & Mericskay (2011)  |
| Reino Unido    | 2010 | X      |          |                      | X        | X                              | X              | X       |                | X              | Longueville <i>et al.</i> (2010)  |
| Belize         | 2010 | X      |          | X                    |          | X                              |                |         | X              |                | Dyke <i>et al.</i> (2010)   |
| Reino Unido    | 2011 | X      | X        |                      | X        | X                              | X              |         |                | X              | Schade <i>et al.</i> (2013)   |
| Tailândia      | 2011 | X      |          | X                    |          | X                              | X              | X       |                | X              | Kamel Boulos <i>et al.</i> (2011)   |
| Nova Zelândia  | 2011 | X      |          | X                    |          | X                              | X              | X       |                | X              | Roche, Propeck-Zimmermann & Mericskay (2011)  |
| Nova Zelândia  | 2011 | X      |          | X                    | X        | X                              | X              | X       |                | X              | Roche, Propeck-Zimmermann & Mericskay (2011)  |
| Austrália      | 2011 | X      |          | X                    |          | X                              | X              | X       |                | X              | Koswatte, Mcdougall & Liu (2014), Hung, Kalantari, & Rajabifard (2016)                      |
| Reino Unido    | 2012 | X      | X        | X                    |          |                                |                | X       | X              | X              | Evers <i>et al.</i> (2012)  |
| Alemanha       | 2012 | X      | X        | X                    |          |                                |                | X       | X              | X              | Evers <i>et al.</i> (2012)  |
| Filipinas      | 2012 | X      |          |                      | X        | X                              | X              |         |                | X              | Liu (2014)  |
| Estados Unidos | 2012 | X      |          |                      | X        | X                              | X              |         |                | X              | Shelton <i>et al.</i> (2014)  |
| Holanda        | 2012 | X      |          | X                    |          |                                |                | X       | X              |                | Rijcken, Stijnen e Slootjes (2012)  |
| Alemanha       | 2013 | X      | X        |                      | X        | X                              | X              |         |                | X              | Albuquerque <i>et al.</i> (2015), Herfort <i>et al.</i> (2014)                              |

Continuação

| País        | Ano  | Escala |          | Forma de Coleta |          | Recurso de Georreferenciamento |                |         | Fase de Gestão |                | Referências  |
|-------------|------|--------|----------|-----------------|----------|--------------------------------|----------------|---------|----------------|----------------|--|
|             |      | Local  | Regional | Direta          | Indireta | GPS                            | Geocodificação | SIG Web | Pré - Desastre | Pós - Desastre |  |
| Latvia      | 2013 | X      |          | X               |          | X                              | X              | X       | X              |                | Merkuryeva <i>et al.</i> (2015), Alabyan <i>et al.</i> (2016)                                      |
| India       | 2013 | X      |          | X               |          | X                              |                | X       |                | X              | Krishna Murthy <i>et al.</i> (2014)  |
| Global      | 2014 |        | X        | X               |          |                                |                | X       |                | X              | Wan <i>et al.</i> (2014)   |
| França      | 2014 | X      |          | X               |          |                                |                | X       |                | X              | Bimonte <i>et al.</i> (2014)   |
| Brasil      | 2014 | X      |          | X               |          | X                              | X              | X       | X              |                | Degrossi <i>et al.</i> (2014), Horita <i>et al.</i> (2015), Moreira, Degrossi & Albuquerque (2015) |
| Itália      | 2014 | X      |          | X               | X        | X                              | X              |         | X              | X              | Foresti, Farinosi & Vernier (2014)   |
| Reino Unido | 2014 | X      |          | X               |          |                                |                | X       |                | X              | Kunwar, Simini & Johansson (2014)  |
| Alemanha    | 2014 | X      |          | X               |          | X                              |                | X       | X              |                | Schelhorn <i>et al.</i> (2014)   |
| Áustria     | 2014 | X      |          | X               |          |                                |                | X       | X              |                | Dorn, Vetter & Höfle (2014)  |
| Brasil      | 2014 | X      |          | X               |          |                                |                | X       | X              |                | Souza <i>et al.</i> (2014)   |
| Áustria     | 2015 | X      |          | X               |          |                                |                | X       | X              |                | Klonner <i>et al.</i> (2015)   |
| Alemanha    | 2015 | X      |          |                 | X        | X                              | X              |         |                | X              | Peters & Albuquerque (2015)  |
| Brasil      | 2015 | X      |          | X               |          | X                              | X              | X       |                | X              | Hirata <i>et al.</i> (2015)  |

A iniciativa do projeto Scipionus foi realizada por um morador da região afetada pelo furacão quando o mesmo percebeu a necessidade de obter informações que estivessem localizadas em um mapa, facilitando o conhecimento da situação de uma determinada área de interesse dos usuários (CRUTCHER & ZOOK, 2009; ROCHE, PROPECK-ZIMMERMANN & MERICKSKAY, 2011). De maneira semelhante, a aplicação Live Flood Warning Map, desenvolvida pelo canal BBC durante as inundações que atingiram a Inglaterra em 2007, teve como objetivo o compartilhamento de informações diversas, localizadas no mapa interativo da região (ROCHE, PROPECK-ZIMMERMANN & MERICKSKAY, 2011). Por terem sido desenvolvidas antes da difusão e consolidação

dos conceitos relacionados à VGI, essas aplicações carecem de recursos voltados para a credibilidade e direcionamento das colaborações.

A primeira aplicação de VGI desenvolvida com viés científico na gestão de riscos hidrológicos foi realizada por Poser e Dransch (2010), em que as autoras elaboraram o mapa de inundação e de danos materiais na enchente ocorrida em Eilenburg (Alemanha) a partir de informações obtidas de 1.700 moradores da área atingida, mapeadas através da geocodificação dos endereços dos colaboradores. No Brasil, foram encontradas as iniciativas do Observatório Cidadão de Enchentes, desenvolvido para o monitoramento de enchentes e emissão de alertas na cidade de São Carlos/SP (DEGROSSI *et al.*, 2014; HORITA *et al.*, 2015; MOREIRA,

DEGROSSI & ALBUQUERQUE, 2015). Além do Observatório Cidadão de Enchentes, foram encontrados o projeto *ClickOnMap*, aplicado na gestão de riscos hidrológicos em áreas inundáveis do pantanal brasileiro (SOUZA *et al.*, 2014), e a plataforma de mapeamento de pontos de alagamento na cidade de São Paulo/SP (HIRATA *et al.*, 2015).

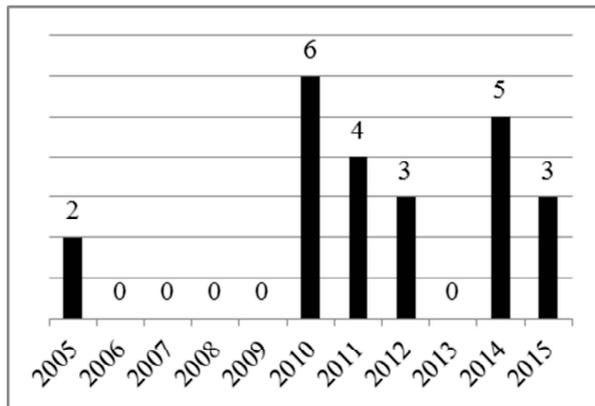


Fig. 3 – Distribuição temporal do número de aplicações identificadas

De acordo com as informações obtidas na análise, percebe-se a relação entre o desenvolvimento de aplicações em momentos de desastres de grande magnitude, como as iniciativas encontradas nos Estados Unidos (Furacão Katrina em 2005), Haiti (terremoto ocorrido em 2010), Nova Zelândia (terremoto de 2011), Tailândia (inundações ocorridas em 2011) e Costa Leste dos Estados Unidos (Furacão Sandy em 2012). Embora em alguns casos, o fenômeno natural causador dos desastres tenham sido terremotos e furacões, estes também causaram inundações e as aplicações analisadas foram desenvolvidas também para os impactos causados pelos eventos hidrológicos.

Nesse sentido, Liu (2014) e Roche, Propeck-Zimmermann e Mericskay (2011) mencionam as iniciativas originadas após o terremoto do Haiti como o principal impulso para o desenvolvimento de aplicações de VGI na gestão de riscos. A distribuição temporal (ano) e espacial (países) das aplicações desenvolvidas (Figura 4), além de reafirmar o Haiti como marco dessas iniciativas na gestão de riscos, permite afirmar que o ano de 2014 representou a expansão dessas aplicações, quando houve o maior número de trabalhos desenvolvidos em diferentes países. No ano de 2010, entre as 08 aplicações desenvolvidas, 06

concentraram-se no Haiti (*OpenStreetMap – Project Haiti, Ushahidi, CrowdMap, Google’s Crisis Response, ESRI’s Haiti Earthquake Map e Virtual Disaster Viewer*).

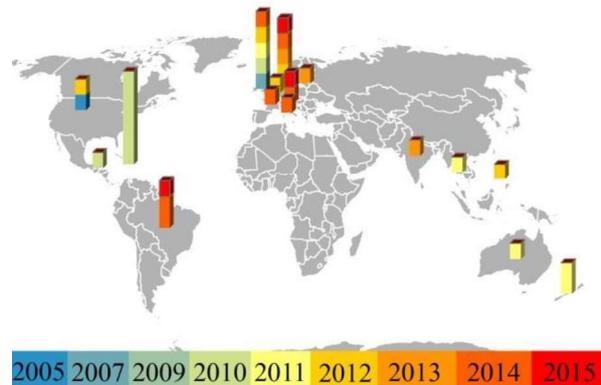


Fig. 4 – Distribuição temporal e espacial das aplicações caracterizadas

Sobre o número reduzido de aplicações no ano de 2015 em relação ao ano de 2014 deve-se considerar o período de desenvolvimento deste trabalho e a possibilidade de projetos ainda não publicados.

Em relação à escala de informações colaboradas, existe uma concentração de aplicações que utilizam a escala local, capazes de identificar espacialmente informações localizadas em uma edificação, rua ou bairro (Figura 5). Porém, vale salientar que as informações obtidas nessa escala também podem ser utilizadas em escalas regionais, desde que sejam realizados tratamentos nos dados, como a generalização cartográfica. Este resultado permite destacar o desenvolvimento de aplicações com maior precisão espacial das informações, visto que o processo de tomada de decisão em gestão de desastres, sobretudo após a incidência da ameaça, exige o conhecimento espacial do território em maior escala para a execução de ações pontuais de preparação e resposta. Entre os trabalhos analisados, a única aplicação que utilizou apenas informações na escala regional foi desenvolvido por Wan *et al.* (2014), tendo como objetivo a construção de um banco de dados georreferenciados de desastres hidrológicos ocorridos em todo o planeta a partir da colaboração dos usuários, e também de informações oficiais.

Em relação à forma de colaboração, percebe-se a predominância de aplicações em que os usuários estão conscientes da sua colaboração, realizando ações diretamente nas plataformas

(Figura 6). Nesse aspecto as aplicações de VGI na gestão de riscos hidrológicos têm caminhado parcialmente em direção aos princípios da neogeografia (TURNER, 2006), promovendo o engajamento dos seus colaboradores. Mas por outro lado, a participação dos usuários ainda tem sido resumida na colaboração de informações, sem a participação efetiva da população na gestão dos riscos e desastres. Entre as aplicações baseadas em colaborações indiretas, predomina a coleta e utilização de informações compartilhadas em redes sociais, como *Twitter* e *Flickr*, devido à abundância de dados e disponibilidade de coleta através de recursos de mineração de dados (LONGUEVILLE *et al.*, 2010; SCHADE *et al.*, 2013; HERFORT *et al.*, 2014; LIU, 2014; SHELTON *et al.*, 2014; ALBUQUERQUE *et al.*, 2015; PETERS & ALBUQUERQUE, 2015).

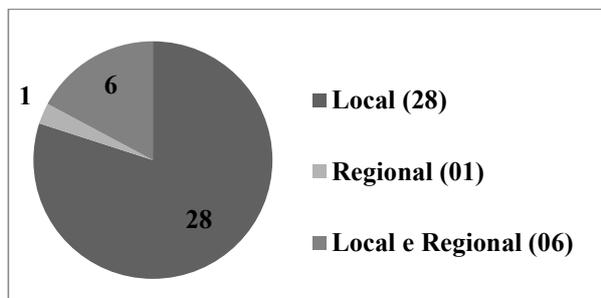


Fig. 5 – Distribuição das aplicações em relação ao atributo Escala.

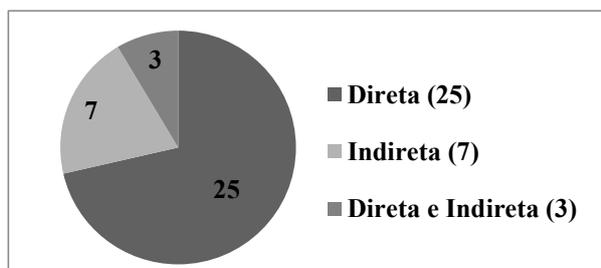


Fig. 6 – Distribuição das aplicações em relação ao atributo Forma de Colaboração.

A pesquisa demonstrou uma prevalência no desenvolvimento de aplicações híbridas, em relação aos recursos de georreferenciamento das informações e, utilização de tecnologias digitais como telefones móveis e computadores (Figura 7). O recurso de geocodificação amplia o número de usuários capazes de compartilhar informações, considerando que exige um menor domínio de funções como manuseio de receptores GPS ou mapas interativos digitais (SIG Web). Sobre esta

característica, as aplicações baseadas em VGI devem considerar o potencial da geocodificação e da toponímia (TUAN, 2012) para ampliar o espectro de colaboradores que não possuem conhecimentos específicos no manejo de dispositivos eletrônicos, mas capazes de localizar informações a partir da toponímia.

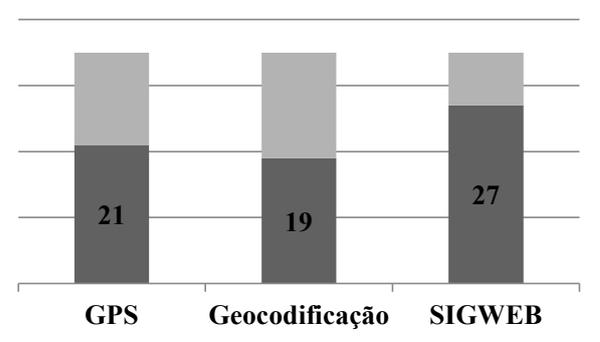


Fig. 7 – Caracterização das aplicações em relação ao Recurso de Georreferenciamento

Foi possível observar a concentração de trabalhos voltados para as etapas de Preparação, Resposta e Recuperação na Gestão de Riscos, através do compartilhamento de pontos de alerta e de áreas atingidas. Mesmo nas aplicações voltadas para a emissão de alertas, considerado como pré-desastre, as colaborações eram realizadas após a incidência da ameaça, podendo ser consideradas como pós-desastre. Estes fatores explicitam a predominância o uso da técnica em situações de crise e demonstram a necessidade de trabalhos que incorporem funcionalidades para a mitigação de riscos hidrológicos (Figura 8).

Porém, considerando que a gestão de riscos é composta por etapas organizadas na forma de ciclo, as informações obtidas nas fases pós-desastre podem ser utilizadas posteriormente para a mitigação dos riscos, como a identificação de áreas de prioritárias a partir da concentração de pontos de alerta que foram feitos em um determinado local.

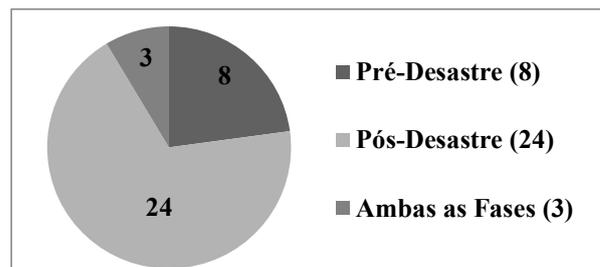


Fig. 8 - Distribuição do atributo Fase de Gestão entre as aplicações.

Foi observado que aplicações voltadas para a mitigação de riscos precisam considerar com maior atenção os aspectos relativos à motivação dos usuários. Em situações pós-desastre a motivação tem sido impulsionada pelo sentimento de solidariedade em função dos danos ocorridos e da necessidade de ações de socorro e recuperação, motivação que não está necessariamente presente em ações de mitigação.

Embora não tenha sido analisado na forma de atributos e na tabela síntese, foi possível observar que os recursos computacionais mais utilizados para o desenvolvimento das aplicações são o OpenStreetMap (OSM), Ushahidi e API Google Maps. O OSM é utilizado como fonte de criação e obtenção de bases cartográficas de vias, edificações e outros elementos topográficos, enquanto que o Ushahidi e a API Google Maps têm sido utilizados no desenvolvimento de aplicações customizadas para a coleta de variadas informações como alertas e vulnerabilidade na forma de textos, fotografias e vídeos.

Kamel Boulos *et al.* (2011), Schade *et al.* (2013) e Bimonte *et al.* (2014) mencionam o fator da credibilidade das informações compartilhadas como o principal desafio no desenvolvimento de metodologias baseadas em mapeamento colaborativo na gestão de riscos. O trabalho realizado por Schade *et al.* (2013) buscou comprovar a eficiência das informações geográficas voluntárias em relação a credibilidade das informações e desenvolvimento de metodologias para avaliação da qualidade e validação dos dados compartilhados. Entre outras alternativas citadas, destaca-se a utilização de interfaces intuitivas e didaticamente desenvolvidas em função do perfil dos usuários. Também foi mencionado o estabelecimento de níveis de colaboração em que informações complexas e/ou confidenciais possam ser adicionadas apenas por usuários especializados (permissão concedida através de cadastro de usuários), enquanto que as informações básicas podem ser adicionadas por usuários em geral.

Por fim, além do desenvolvimento de aplicativos e metodologias, foi destaca-se a criação de redes de voluntários digitais, com o objetivo de ampliar a rede de voluntários e otimizar a colaboração através da distribuição de tarefas entre os participantes, como exemplo

da Humanitarian OpenStreetMap Team StandbyTask Force e Digital Humanitarian Network (LIU, 2014).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, foi possível reafirmar o surgimento das aplicações de VGI na gestão de riscos hidrológicos como algo recente, de modo que as iniciativas desenvolvidas durante o terremoto que atingiu o Haiti em 2010 são consideradas o principal marco, ainda que outros trabalhos tenham sido realizados anteriormente. Também se afirmou que o desenvolvimento de metodologias de gestão de riscos e desastres baseadas em VGI constituem um canal de comunicação entre a população e os órgãos responsáveis pela gestão de riscos, sendo fundamental como apoio ao monitoramento de fatores relacionados aos riscos e em situações de desastres.

Foi identificada a predominância de aplicações voltadas para as fases de preparação, resposta e recuperação, abrangendo o compartilhamento de informações sobre alertas e áreas atingidas, utilização de informações compartilhadas na rede social Twitter, obtidas indiretamente através de recursos de mineração de dados, e desenvolvimento de soluções individuais de colaboração direta a partir das plataformas Ushahidi, Open Street Map e aplicações desenvolvidas a partir da API Google Maps.

Entre os principais desafios encontrados estão aqueles relacionados à credibilidade das informações e motivação dos usuários. As aplicações inseridas nas fases pós-desastre demandam urgência na coleta de informações, reduzindo a capacidade de validação dos dados compartilhados, mas por outro lado possuem maior motivação dos usuários no fornecimento de informações. Já as aplicações voltadas para mitigação de riscos fornecem maior tempo para validação das informações, mas precisam de uma maior atenção às estratégias para estimular a participação dos colaboradores.

A pesquisa identificou o elevado número de trabalhos desenvolvidos para situações pós-desastre e a necessidade de que trabalhos futuros passem a explorar as suas aplicações no contexto pré-desastre. Nesse sentido recomenda-se o desenvolvimento de aplicações voltadas para a fase de mitigação de riscos, e mecanismos

que promovam a motivação da população para que o mapeamento realizado na fase anterior ao acontecimento de catástrofes, e assim possa contribuir para a sua mitigação.

A metodologia de revisão bibliográfica estruturada e caracterização das aplicações a partir de atributos predefinidos demonstrou ser eficiente para a análise das experiências já desenvolvidas e identificação das características predominantes. A partir dos resultados obtidos pela caracterização das aplicações analisadas é possível compreender como as aplicações de VGI na gestão de riscos hidrológicos têm sido desenvolvidas e pode ser utilizada como referencial para a concepção de novas aplicações.

Por fim, recomenda-se que estudos futuros aprofundem as pesquisas ampliando o número de aplicações analisadas e com maior detalhamento em relação aos atributos de caracterização, em especial nos métodos utilizados para qualificar a credibilidades das informações e estratégias de motivação dos colaboradores.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALABYAN A.M., KRYLENKO I.N., POTRYASAEV S.A., SOKOLOV B.V., YUSUPOV R.M., ZELENTOV V.A. Development of intelligent information systems for operational river-flood forecasting. **Herald of the Russian Academy of Sciences**, v.86, p.24-33, 2016.
- ALBUQUERQUE, J.P., HERFORT, B. BRENNING, A., ZIPF, A. A Geographic Approach for Combining Social Media and Authoritative Data towards Identifying Useful Information for Disaster Management. **International Journal of Geographical Information Science**, v.29, n.4, p.667-689, 2015.
- BIMONTE, S., BOULCEMA, O., MACHABERT, O., SELLAMI, S. A New Spatial OLAP Approach for the Analysis of Volunteered Geographic Information. **Journal of Computers, Environment and Urban Systems**, v. 48, p. 111-123, 2014.
- BRANDÃO, A.C., NADIER, D., TANAJURA, E.X., MIRANDA, L., DORES, L., ARAÚJO, M., CRUZ, M., COSTA, R., XAVIER, R., ANJOS, S. **O MDT como Subsídio para o Planejamento Urbano - Estudo de Caso: Lajedinho/BA**. São Paulo: MundoGEOXperience - Maratona de Ideias Geográficas, 2014. Disponível em: <[http://mundogeoexperience.com/2014/arquivos/palestras/7\\_mai-lajedinho.pdf](http://mundogeoexperience.com/2014/arquivos/palestras/7_mai-lajedinho.pdf)>. Acesso em: 18 out 2014.
- BRASIL. **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas**. Brasília: Ministério das Cidades, p.1-176, 2006.
- BRASIL. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 2007.
- BRASIL. **Lei N. 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; Dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm)>. Acesso em: 21 out 2014.
- BRAVO, J.V.M., SLUTER, R.C. O problema da qualidade de dados espaciais na era das Informações Geográficas Voluntárias. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v.21, p.56-73, 2015.
- BRITO, P.L., JESUS, E.G.V., SANT'ANA, R.M.S., MARTINS, C., DELGADO, J.P.M., FERNANDES, V.O. Official crime data versus collaborative crime mapping at a Brazilian city. **ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v.XL-2, p.137-144, 2014.
- CÂMARA, G., MONTEIRO, A.M., DAVIS, C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2003.
- CASTELEIN, W.T., GRUS, L., CROMPVOETS, J.W.H.C., BREGT, A.K. A Characterization of Volunteered Geographic Information. **In: 13th AGILE International Conference on Geographic Information Science**, Guimaraes, Portugal, p.1-10, 2010.
- CASTRO, A. L. C. **Glossário de Defesa Civil, estudos de risco e medicina dos desastres**. 5ª Edição. Brasília: SEDEC/MI, 2009.
- COBRADE. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres**. Disponível em <

- [http://www.mi.gov.br/documents/3958478/0/Anexo+V+-+Cobrade\\_com+simbologia.pdf/d7d8bb0b-07f3-4572-a6ca-738daa95feb0](http://www.mi.gov.br/documents/3958478/0/Anexo+V+-+Cobrade_com+simbologia.pdf/d7d8bb0b-07f3-4572-a6ca-738daa95feb0). Acesso em: 22 set 2015.
- COLEMAN, D.J., GEORGIADOU, Y., LABONTE, J. Volunteered Geographic Information: The Nature and Motivation of Producers. **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v.4, p.332-358, 2009.
- CROOKS, A., WISE, S. GIS and agent-based models for humanitarian assistance. **Computers, Environment, and Urban Systems**, v.41, p.100-111, 2013.
- CRUTCHER, M., ZOOK, M. Placemarks and Waterlines: Racialized Cyberscapes in Post Katrina Google Earth. **GeoForum**, v.40, n.4, p.523-534, 2009.
- DEGROSSI, L.C., ALBUQUERQUE, J.P., FAVA, M.C., MEDIONDO, E.M. Flood Citizen Observatory: a crowdsourcing-based approach for flood risk management in Brazil. In: **26th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering**, Vancouver, Canada, 2014.
- DORN, H., VETTER, M., HÖFLE, B. GIS-Based Roughness Derivation for Flood Simulations: A Comparison of Orthophotos, LiDAR and Crowdsourced Geodata. **Remote Sensing**, v.6, n.2, p.1739-1759, 2014.
- DOURADO, F., ARRAES, T.C., SILVA, M.F. O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro: as causas do evento, os mecanismos dos movimentos de massa e a distribuição espacial dos investimentos de reconstrução no pós-desastre. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, Rio de Janeiro, v.35, n.2, p.43-54, 2012.
- DYKE, G., GILL, S., DAVIES, R., BETORZ, F., ANDALSVIK, Y., CACKLER, J., DOS SANTOS, W., DUNLOP, K., FERREIRA, I., KEBE, F., LAMBOGLIA, E., MATSUBARA, Y., NIKOLAIDIS, V., OSTOJA-STARZEWSKI, S., SAKITA, M., VERSTAPPEN, N. Dream project: Applications of earth observations to disaster risk management. **Acta Astronautica**, v.68, n.1, p.301-315, 2010.
- ELWOOD, S. Volunteered geographic information: key questions, concepts and methods to guide emerging research and practice. **GeoJournal**, v.72, p.133-135, 2008.
- ESMAIL, R., NAESERI F., ESMAIL, A. Quality assessment of Volunteered Geographic Information. **American Journal for Geographic Information System**, v.2, n.2, p.19-26, 2013.
- EVERS, M., JONOSKI, A., MAKSIMOVIC, C., LANGE, L., OCHOA, S., DINKNEH, A., CORTÉS, J., ALMORADIE, A., VAN ANDEL, S.J., SIMÕES, N., WANG, L., MAKROPOULOS, C. Collaborative modelling for active involvement of stakeholders in urban flood risk management. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v.12, n.9, p.2821-2842, 2012.
- FORESTI, G.L., FARINOSI, M., VERNIER, M. Situational awareness in smart environments: socio-mobile and sensor data fusion for emergency response to disasters. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, v.6, n.2, p.239-257, 2014.
- GATRELL, A. C. Concepts of space and geographical data. In: Longley, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Geographic Information Systems and Science**. Inglaterra: John Wiley & Sons, 2001.
- GOODCHILD, M. F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. **GeoJournal**, v.69, p.211-221, 2007.
- GOODCHILD, M. F. NeoGeography and the nature of geographic expertise. **Journal of Location Based Services**, v.3, n.2, p.82-96, 2009.
- GOODCHILD, M.F., GLENNON, J.A. Crowdsourcing geographic information for disaster response: a research frontier. **International Journal of Digital Earth**, v.3, p.23-241, 2010.
- GUIMARÃES, R.B, GUERREIRO J.A.S., PEIXOTO, J.A.S. Considerações sobre os riscos ambientais e urbanos no tocante aos desastres e emergências. **VERACIDADE**, Salvador, v.4, n.7, p.51-65, 2008.
- HAKLAY, M. Neogeography and the delusion of democratisation. **Environment and Planning**,

v.45, p. 55-69, 2013.

HEIPKE, C. Crowdsourcing geospatial data. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.65, n.6, p.550-557, 2010.

HERFORT, B., ALBUQUERQUE, J.P., SCHELHORN, S., ZIPE, A. Exploring the geographical relations between social media and flood phenomena to improve situational awareness: A study about the River Elbe Flood in June 2013. **In: 17th AGILE Conference on Geographic Information Science: Connecting a Digital Europe through Location and Place**, Castellón, Espanha, p.55-71, 2014.

HIRATA, E., GIANNOTTI, M.A., LAROCCA, A.P.C., QUINTANILHA, J.A. Mapeamento dinâmico e colaborativo de alagamentos na cidade de São Paulo. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v.19, p.602-623, 2013.

HIRATA, E., GIANNOTTI, M.A., LAROCCA, A.P.C., QUINTANILHA, J.A. Flooding and inundation collaborative mapping - use of the Crowdmap/Ushahidi platform in the city of Sao Paulo, Brazil. **Journal of Flood Risk Management**, v.8, 2015.

HORITA, F.E.A., DEGROSSI, L.C., ASSIS, L.F.F.G., ZIPE, A., ALBUQUERQUE, J.P. The use of Volunteered Geographic Information and Crowdsourcing in Disaster Management: a Systematic Literature Review. **In: Proceedings of the Nineteenth Americas Conference on Information Systems**, Atlanta, EUA, p.1-10, 2013.

HORITA, F.E.A., ALBUQUERQUE, J.P., DEGROSSI, L.C., MENDIONDO, E.M., UEYAMA, J. Development of a spatial decision support system for flood risk management in Brazil that combines volunteered geographic information with wireless sensor networks. **Computers & Geosciences**, v.80, p.84-94, 2015.

HUMANITARIAN OSM TEAM. **Progress of Openstreetmap Haïti coverage after 2010 earthquake**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=OF-JuFxDt8>>. Acesso em: 17 abr. 2016.

HUNG, K., KALANTARI, M., RAJABIFARD, A. Methods for assessing the credibility of volunteered geographic information in flood

response: A case study in Brisbane, Australia. **Applied Geography**, v.68, p.37-47, 2016.

KAMEL BOULOS, M.N., RESCH, B., CROWLEY, D.N., BRESLIN, J.G., SOHN, G., BURTNER, R., PIKE W.A., JEZIERSKI, E., CHUANG, K.S. Crowdsourcing, citizen sensing and sensor web technologies for public and environmental health surveillance and crisis management: trends, OGC standards and application examples. **International Journal of Health Geography**, v.10, n.67, p.1-29, 2011.

KLONNER, C., BARRON, C., NEIS, P., HÖFLE, B. Updating digital elevation models via change detection and fusion of human and remote sensor data in urban environments. **International Journal of Digital Earth**, v.8, n.2, p.153-171, 2015.

KOSWATTE, S., MCDUGALL, K., LIU, X. SDI and Crowdsourced Spatial Information Management Automation for Disaster Management. **In: Geospatial Crowdsourcing and VGI: Establishment of SDI & SIM (FIG Commission 3 Workshop)**, Bologna, Itália, p.307-315, 2014.

KRISHNA MURTHY, Y.V.N., RAJU, P.L.N., SRIVASTAV, S.K., KUMAR, P., MITRA, D., KARNATAK, H., SARAN, S., PANDEY, K., OBERAI, K., SHIVA REDDY, K., GUPTA, K., SWAMY, M., DESHMUKH, A., DADHWAL, V.K., BOTHALE, V., DIWAKAR, P.G., RAVIKUMAR, M.V., LEISELY, A., ARULRAJ, M., KUMAR, S., RAO, S.S., SINGH RAWAT, R., PATHAK, D.M., DUTT, V., NEGI, D., SINGH, J., SHUKLA, K.K., TOMAR, A., AHMED, N., SINGH, B., SINGH, A.K., SHIVA KUMAR, R. Capacity Building for collecting primary data through Crowdsourcing - An Example of Disaster affected Uttarakhand State (India). **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v.XL-8, p.1249-1252, 2014.

KUNWAR, B., SIMINI, F., JOHANSSON, A. Large scale pedestrian evacuation modeling framework using volunteered geographical information. **Transportation Research Procedia**, v.2, p.813-818, 2014.

LIU, S.B. Crisis Crowdsourcing Framework:

- Designing Strategic Configurations of Crowdsourcing for the Emergency Management Domain. **Computer Supported Cooperative Work (CSCW)**, v.23, n.4-6, p.389-443, 2014.
- LIU, S.B., PALEN, L. The new cartographers: Crisis map mashups and the emergence of neogeographic practice. **Cartography and Geographic Information Science**, v.37, p.69-90, 2010.
- LONGUEVILLE, B.D., LURASCHI, G., SMITS, P., PEEDELL, S., GROEVE, T. Citizens as sensors for natural hazards: A VGI integration workflow. **Geomatica**, v.64, p.41-59, 2010.
- MAGUIRE, D. J. An overview and definition of GIS. In: Longley, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Geographic Information Systems and Science**. Inglaterra: John Wiley & Sons, 2001.
- MANSILLA, E. **Riesgo y Ciudad**. Cidade do México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2000. Disponível em: <<http://www.desenredando.org/public/libros/2000/ryc/>>. Acesso em: 20 out. 2014
- MASKREY, A. (Org). **Navegando entre brumas. La aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en América Latina**. Lima: ITDG - Red de Estudios Sociales em Prevención de Desastres em América Latina, 1998.
- MERKURYEVA, G., MERKURYEV, Y., SOKOLOV, B.V., POTRYASAEV, S., ZELENTSOV, V.A., LEKTAUERS, A. Advanced river flood monitoring, modelling and forecasting. **Journal of Computational Science**, v.10, p.77-85, 2015.
- MOREIRA, R.B., DEGROSSI, L.C., ALBUQUERQUE, J.P. An experimental evaluation of a crowdsourcing-based approach for flood risk management. In: **12th Workshop on Experimental Software Engineering (ESELAW)**, Lima, Peru, p.393-403, 2015.
- O'REILLY, T. **What is web 2.0: design patterns and business models for the next generation of software**. O'Reilly Publishing, p.17-37, 2007.
- PARKER, C.J. **A Human Factors Perspective on Volunteered Geographic Information**. Tese de Doutorado. Loughborough University, Inglaterra, 412 p., 2012.
- PETERS, R., ALBUQUERQUE, J.P. Investigating images as indicators for relevant social media messages in disaster management. In: **12th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM)**. Kristiansand, Norway, p.1-8, 2015.
- PETERSON, M.P. A decade of maps and the internet. In: **XXII International Cartographic Conference**, International Cartographic Association, La Corunha, Espanha, 2005. 10p.
- POSER, K., DRANSCH, D. Volunteered geographic information for disaster management with application to rapid flood damage estimation. **Geomatica**, v.64, n.1, p.89-98, 2010.
- RIBEIRO, J.C., LIMA, L.B. Mapas colaborativos digitais e (novas) representações sociais do território: uma relação possível. **Ciberlegenda**, v.25, p.38-47, 2011.
- RIJCKEN, T., STIJNEN, J., SLOOTJES, N. "SimDelta"-Inquiry into an Internet-Based Interactive Model for Water Infrastructure Development in The Netherlands. **Water**, v.4, p.295-320, 2012.
- ROCHE, S., MERICKSKAY, B., BATITA, W., RONDEAU, M. WikiGIS Basic Concepts: Web 2.0 for Geospatial Collaboration. **Future Internet**, v.4, p.265-284, 2012.
- ROCHE, S., PROPECK-ZIMMERMANN, E., MERICKSKAY, B. GeoWeb and crisis management: issues and perspectives of volunteered geographic information. **GeoJournal**, v.78, n.1, p.21-40, 2011.
- SCHADE, S., DÍAZ, L., OSTERMANN, F., SPINSANTI, L., LURASCHI, G., COX, S., DE LONGUEVILLE, B. Citizen-based sensing of crisis events: sensor web enablement for volunteered geographic information. **Applied Geomatics**, v.5, n.1, p.3-18, 2013.
- SCHAFFER, W.A., GANOE, C.H., CARROLL, J.M. Supporting Community Emergency Management Planning through a Geocollaboration Software Architecture. **Computer Supported Cooperative Work (CSCW)**, v.16, p.501-537, 2007.

- SCHELHORN, S.J., HERFORT, B., LEINER, R., ZIPF, A. Identifying Elements at Risk from OpenStreetMap: The Case of Flooding. **In: 11th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM)**, Pennsylvania, EUA, p.1-5, 2014.
- SEE, L., FRITZ, S., PERGER, C., SCHILL, C., MCCALLUM, I., SCHEPASCHENKO, D., DUERAUER, M., STURN, T., KARNER, M., KRAXNER, F., OBERSTEINER, M. Harnessing the power of volunteers, the internet and Google Earth to collect and validate global spatial information using Geo-Wiki. **Technological Forecasting and Social Change**, v.98, p.324-335, 2015.
- SEGARAN, T. **Programando a inteligência coletiva: desenvolvendo aplicativos inteligentes web 2.0**. Rio de Janeiro: Alta Books, 316p., 2008.
- SHELTON, T., POORTHUIS, A., GRAHAM, M., ZOOK, M. Mapping the data shadows of Hurricane Sandy: Uncovering the sociospatial dimensions of 'big data'. **Geoforum**, v.52, p.167-179, 2014.
- SIEBER, R. Geoweb for social change. **Workshop on Volunteered Geographic**, Santa Barbara, EUA, 2007.
- SIGALA, M. Investigating the role and impact of geovisualisation and geocollaborative portals on collaborative e-learning in tourism education. **Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education**, v.11, n.1, p.50-66, 2012.
- SOUSA, P. V. B. **Mapas colaborativos na Internet: um estudo de anotações espaciais dos problemas urbanos**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Cultura Contemporâneas da Faculdade de Comunicação da Universidade Federal da Bahia, 168p., 2012.
- SOUZA, W.D., FILHO, J.L., HENRIQUE, J., OLIVEIRA, A.P. ClickOnMap: A Framework to Develop Volunteered Geographic Information Systems with Dynamic Metadata. **In: 14th International Conference on Computational Science and Applications (ICCSA 2014)**, Guimaraes, Portugal, p.532-546, 2014.
- SUI, D. The wikification of GIS and its consequences: Or Angelina Jolie's new tattoo and the future of GIS. **Computers, Environment and Urban Systems**, v.32, p.1-5, 2008.
- TUAN, Y. **Topofilia: Um estudo da percepção, atitude e valores do meio ambiente**. Tradução de Livia de Oliveira. Londrina: Eduel, 2012. 341p.
- TURNER, A.J. **Introduction to Neogeography**. O'Reilly Media, Inc., 54p., 2006. Disponível em: <<http://brainoff.com/iac2009/IntroductionToNeogeography.pdf>> Acesso em: 15 out. 2014.
- UNHCR. **Climate Change, Natural Disasters and Human Displacement: a UNHCR perspective**. United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR), 14 ago. 2009. Disponível em: <<http://www.refworld.org/docid/4a8e4f8b2.html>> Acesso em: 24 out. 2014.
- VEYRET, Y. **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.
- WAN, Z., HONG, Y., KHAN, S., GOURLEY, J., FLAMIG, Z., KIRSCHBAUM, D., TANG, G. A cloud-based global flood disaster community cyber-infrastructure: Development and demonstration. **Environmental Modelling & Software**, v.58, p.86-94, 2014.
- ZOOK, M., GRAHAM, M., SHELTON, T., GORMAN, S. Volunteered Geographic Information and Crowdsourcing Disaster Relief: A Case Study of the Haitian Earthquake. **World Medical & Health Policy**, v.2, n.2, 201