

## MAPEAMENTO DINÂMICO E COLABORATIVO DE ALAGAMENTOS NA CIDADE DE SÃO PAULO

*Dynamic and collaborative mapping of flooding in the city of São  
Paulo*

ELIANE HIRATA  
MARIANA ABRANTES GIANNOTTI  
ANA PAULA CAMARGO LAROCCA  
JOSÉ ALBERTO QUINTANILHA

Departamento de Engenharia de Transportes – PTR  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP  
São Paulo - Brasil

lihirata@usp.br; mariana.giannotti@usp.br; laroCCA.ana@usp.br; jaquinta@usp.br

### RESUMO

A tendência de utilização de dados voluntários e colaborativos em contextos de desastres naturais é crescente. Esse fato aliado aos cenários de alagamentos que ocorrem na cidade de São Paulo traz a possibilidade de exploração sobre o modo voluntário e colaborativo de geração e transmissão da informação geográfica de forma dinâmica. E estas são proporcionadas por tecnologias acessíveis à população, como o GPS (*Global Positioning System*) embarcado em celulares e a internet. O presente artigo tem como objetivo a proposta de um esquema conceitual para um sistema dinâmico e colaborativo de mapeamento dos pontos alagados, cuja fonte dos dados advém das pessoas equipadas com aparelhos celulares que permitem a sua localização. Os resultados apresentados correspondem aos esquemas conceituais do sistema, bem como ao protótipo “Pontos de Alagamento” - mapa disponibilizado via web com os pontos de alagamento da cidade, fornecidos no momento da ocorrência do evento por pessoas comuns. O protótipo foi desenvolvido por meio da plataforma livre e de código aberto – Crowdmap/Ushahidi. O sistema foi avaliado através de um questionário respondido por usuários, os quais opinaram sobre a viabilidade do mesmo, bem como os ajustes que devem ser realizados para o uso efetivo da população.

**Palavras-chave:** Mapa Colaborativo; Aparelhos Celulares; Alagamento; GPS.

### ABSTRACT

The trend of using volunteered and crowd data in natural disaster contexts is growing. This fact coupled with scenarios of flooding that occurred in the city of São Paulo, brings the possibility of exploration about the voluntary and collaborative approach to the generation and transmission of the geographic information dynamically. And these possibilities are provided by technologies accessible to the population, such as GPS (Global Positioning System) embedded in cell phones and internet. This article aims at presenting a conceptual scheme for a dynamic and collaborative mapping system of flooding, whose data source corresponds to those equipped with mobile devices that enable location. The results correspond to the conceptual schemes of the system as well as the prototype “Points of Flooding” – available map on the web with the points of flooding, provided at the time of the event by people. The prototype was developed through the free and open source platform – Crowdmapping/Ushahidi. The system was evaluated by a questionnaire answered by users, who stated their opinion about the viability of this as well as the adjustments that must be done for the effective use by population.

**Keywords:** Collaborative Map; Cell phones; Flooding.

### 1. INTRODUÇÃO

A cidade de São Paulo vivencia situações de alagamentos e inundações desde o início de sua ocupação. As características dos rios existentes, bem como o modo como se deu a ocupação urbana e como foi implantado o sistema de geração de energia elétrica são fatores que corroboram para a ocorrência de alagamentos e inundações na cidade (SÃO PAULO, 2010).

Alagamentos e inundações são fenômenos recorrentes nos meses de verão, cujas consequências acarretam diversos transtornos e perdas materiais para a população afetada. Como exemplo recente pode ser citada a ocorrência do dia 08 de março de 2013, na qual foram registrados 43 pontos de alagamento (CGE, 2013) após um temporal. Em decorrência desse episódio, um total de 261 quilômetros de vias ficou congestionado, ruas foram bloqueadas e pessoas ficaram ‘ilhadas’ em um prédio que teve o piso térreo inundado (AGÊNCIA BRASIL, 2013).

Diante desse cenário e dos demais desastres naturais ocorridos nos últimos tempos é válido destacar o modo como tais eventos vêm sendo gerenciados pela sociedade em geral. Desde o terremoto no Haiti, ocorrido em 2010, diversos esforços têm sido realizados no sentido de envolver a colaboração da sociedade civil na produção de informações sobre as áreas atingidas por desastres, o que é possível devido à disponibilidade das tecnologias de informação e comunicação, como GPS, Web 2.0, aparelhos celulares, entre outros (GOODCHILD, 2007a).

A popularização do GPS aliada à disponibilidade de ferramentas de Geoprocessamento de forma livre e gratuita permite ao cidadão uma maior participação na produção da informação geográfica, assim como o compartilhamento das informações em forma de mapa e sua disponibilização na

internet. Esse processo de geração de dados por pessoas não qualificadas (usuários comuns) é conhecido como *Volunteered Geographic Information* (VGI), assim denominado por Goodchild (2007a).

O VGI é um fenômeno relativamente recente, em que as pessoas atuam como ‘sensores’ na coleta de informações e tornam-se capazes de fornecer dados que podem ser usados para diversos fins pela sociedade e que também funcionam bem em situações de desastres naturais (GOODCHILD, 2007a).

A fim de contribuir com a temática em questão, este trabalho tem como objetivo apresentar e discutir um esquema conceitual para um sistema dinâmico e colaborativo de mapeamento dos pontos alagados. No esquema proposto a transmissão dos dados é realizada através do sistema de localização do aparelho celular, cujo aplicativo disponibilizado para *iPhone* e *Android* permite que os dados sejam carregados automaticamente num mapa.

Como prova de conceito foi desenvolvido o protótipo “Pontos de Alagamento” (<https://pontosdealagamento.crowdmap.com/>) através da plataforma livre e de código aberto – Crowdmap/Ushahidi. Nesse protótipo foram mapeados os pontos de alagamento na cidade de São Paulo com dados obtidos por meio da contribuição voluntária a fim de testar a viabilidade da proposta.

Para o sistema em questão o termo “dato geográfico” corresponde aos pontos de alagamento coletados pelos usuários no momento do evento, enquanto o termo “informação geográfica” corresponde ao conteúdo gerado pelo sistema e disponibilizado em forma de mapa na *web*. Tais termos foram definidos de acordo com suas citações em trabalhos já realizados acerca do conceito de VGI, como pode ser visto em Elwood, Goodchild e Sui (2012); Hardy, Frew e Goodchild (2012); Sui e Goodchild (2011), entre outros.

## **2. VGI E AS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO EM SITUAÇÕES DE DESASTRES NATURAIS**

Segundo Goodchild (2007a), acontecimentos como o tsunami ocorrido no Oceano Índico (2004) ou o furacão Katrina nos Estados Unidos (2005) despertaram a atenção para a importância do acesso à informação geográfica, em tempo real, no gerenciamento de emergências e na fase posterior aos desastres.

Nessas situações, os cidadãos podem contribuir com informações a respeito da identificação e quantificação de riscos, dos parâmetros de vulnerabilidade, do planejamento de ações de emergência e do histórico dos desastres. Os usuários podem ainda comunicar suas opiniões e percepções sobre as estratégias de enfrentamentos dos riscos e medidas de mitigação. Durante o evento, os cidadãos podem contribuir com dados dinâmicos, como a descrição e monitoramento da extensão e intensidade do evento, bem como dos resultados e status das atividades de resposta (POSER & DRANSCH, 2010).

Goodchild (2007b) afirma que cada pessoa pode ser considerada um ‘sensor móvel’, equipada com suas próprias habilidades que permitem ainda serem otimizadas com a ajuda de equipamentos que podem ser utilizados na coleta da

informação geográfica, por exemplo, os telefones celulares habilitados com GPS, câmeras digitais ou sensores que monitoram a poluição atmosférica.

De acordo com Sui (2008), atualmente as pessoas têm sido usuários ativos na produção e disponibilidade de dados, enquanto que até recentemente eram consideradas usuários passivos. Para ilustrar a ideia do autor, Goodchild e Glennon (2010) discorrem sobre uma série de incêndios em Santa Bárbara (Califórnia/EUA), nos anos de 2008/2009, que perdurou por dias e destruiu centenas de casas. Outro caso semelhante aconteceu na Austrália, em fevereiro de 2009, em que uma série de mapas voluntários apareceram na internet durante os incêndios ocorridos nos estados de Victoria, Nova Gales do Sul e parte da capital australiana (ROCHE *et al.*, 2011).

Com o mesmo propósito foi desenvolvido, em 2008, um aplicativo web chamado Ushahidi para a geração de mapas colaborativos destinados à gestão de crises (crise política, desastres naturais, conflitos locais etc). Esse aplicativo permite que qualquer pessoa possa compartilhar informações através de mensagens para celular, e-mail ou formulários disponíveis na página. Trata-se de um aplicativo gratuito, de código fonte aberto, que opera de acordo com a lógica *mashups*, isto é, combina diversos serviços da web, tais como mapeamento, banco de dados, ferramentas de manipulação de dados, funcionalidades visuais, dentre outros. Desde sua criação, o Ushahidi foi usado em várias situações de desastres como apoio às vítimas, ONGs (Organização Não-Governamental) e autoridades nas respostas aos eventos (ROCHE *et al.*, 2011).

No Brasil, as experiências com VGI também vêm acontecendo e já existem diversos websites de mapeamento voluntário como Wikimapa, Wikicrimes, OpenStreetMap Brasil, dentre outros.

Quanto à temática relacionada aos alagamentos, a cidade de São Paulo possui iniciativas de mapeamento que informam sobre pontos de alagados por meio de órgãos públicos e projetos colaborativos. O CGE (Centro de Gerenciamento de Emergências), órgão da Prefeitura responsável pelo monitoramento das condições meteorológicas na cidade, disponibiliza informações sobre alagamento em seu website, por meio de dados fornecidos pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), órgão municipal responsável pelo monitoramento, avaliação e controle dos índices de congestionamento diário no trânsito. As informações são classificadas sob três categorias - Transitável, Intransitável e Inativo – e disponibilizadas na página em forma de texto (CGE, 2013).

Os dados gerados pelo CGE também podem ser visualizados através do aplicativo para celulares *iPhone* “Alaga SP”. Este aplicativo informa quais ruas, avenidas e vias estão alagadas na cidade em tempo quase real (NOEL ROCHA, 2012).

Outro aplicativo disponível para usuários *iPhone* e *iPods touch* é o ‘Apontador Trânsito’, onde é possível acompanhar a situação do trânsito de corredores, vias e estradas. Além disso, o aplicativo traz notícias e informações sobre incidentes em

tempo quase real e disponibiliza imagens das câmeras da cidade e rodovias (MAPLINK TRÂNSITO, 2013).

Existe também o aplicativo “Waze”, desenvolvido para *iPhone* e *iPad*, o qual traz informações em tempo quase real sobre o trânsito e eventos relacionados, como acidentes, perigos e quaisquer situações que possam interferir na rota viária (iTunes, 2013).

A CET, por sua vez, possui técnicos que realizam as atividades operacionais em viaturas ou por posicionamento no alto dos prédios, com a finalidade de transmitirem as informações sobre as ocorrências, inclusive de pontos alagados através de computadores de mão e celular para a Central de Operações onde os dados são processados, armazenados e apresentados na página on-line em forma de mapas, gráficos e tabelas em tempo quase real (CET, 2013).

Quanto à iniciativa colaborativa, observa-se que ainda há carência da participação popular em mapeamentos dos pontos de alagamento e inundação específicos da cidade de São Paulo. Existem algumas páginas na web destinadas ao mapeamento das enchentes e inundações em todo o Brasil, casos que incluem a cidade, porém de forma generalizada. Como exemplo, pode ser citado o “Projeto Enchentes”, cujo objetivo é prestar serviços de informação e ajuda no enfrentamento de enchentes em todo o país, de forma colaborativa. No blog existe uma página ligada ao Google Maps, onde é possível localizar e compartilhar dados relacionados a áreas de inundações, áreas de risco, áreas seguras, locais de abrigo, rotas alternativas, deslizamentos em estradas e locais de doação (PROJETO ENCHENTES, 2012).

Essas experiências no Brasil e no mundo demonstram que há uma forte tendência para a obtenção, compartilhamento e disseminação de dados pela própria sociedade civil. As pessoas estão cada vez mais engajadas nesse processo e a facilidade de acesso à informação permite a criação e publicação de tais dados. Para os fenômenos naturais, considerados desastres ou não, o VGI já se tornou elemento fundamental dada às experiências conhecidas onde, em muitos casos, há a necessidade por dados e informações em questão de horas para salvar vidas.

Em diversos países, entretanto, há uma deficiência no quadro de profissionais habilitados para a utilização de dados provenientes de fontes oficiais, havendo uma sobrecarga nas instituições governamentais nos contextos de desastres, onde a demanda é muito maior em relação ao cotidiano.

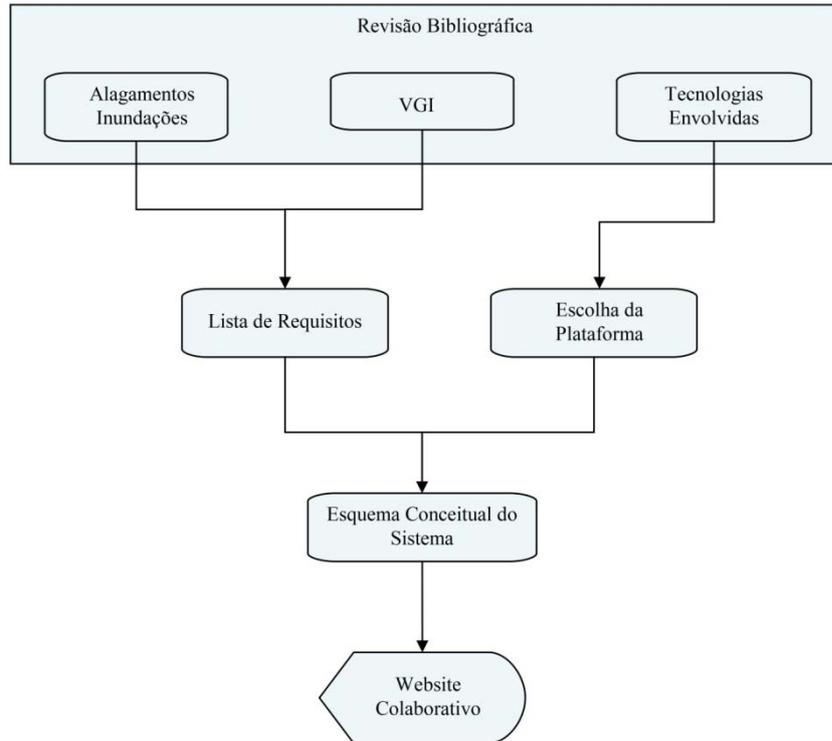
A disponibilidade de imagens de satélites com alta resolução, aliada a ferramentas como o Google Earth tornam, então, possíveis a disponibilidade de dados, em questão de dias, através de interfaces simples em que pessoas comuns podem utilizar de forma efetiva, mesmo não possuindo qualificação profissional alguma - apenas disposição para compartilhar (GOODCHILD, 2006).

### 3. MÉTODO

O esquema conceitual do sistema “Pontos de Alagamento” corresponde à formulação de um projeto colaborativo em que qualquer pessoa que saiba operar o

celular ou computador possa informar pontos alagados na cidade de São Paulo. Os dados podem ser enviados via aplicativo para celular ou página web, os quais são carregados dinamicamente no mapa. Para o desenvolvimento conceitual do sistema foram realizados o levantamento bibliográfico dos temas correlatos, a elaboração da lista de requisitos, a escolha da plataforma, a elaboração do esquema e a apresentação do protótipo. O desenvolvimento do sistema seguiu as etapas representadas na figura 01.

Figura 01 – Esquema geral das etapas do trabalho.



### 3.1 Lista de Requisitos

Algumas perguntas foram formuladas para orientar o desenvolvimento dos esquemas conceituais e implementação do protótipo, as quais foram julgadas necessárias para o bom funcionamento do sistema, como constam na relação abaixo.

- Perguntas relacionadas aos locais alagados:
  - 1 – A rua X está alagada?

- 2 – A rua X está interditada?
- 3 – Desde que horas a rua X está alagada?
- 4 – O local ainda está alagado?

- Perguntas relacionadas aos usuários:

- 1 – O usuário se identificou?
- 2 – Quantas vezes o usuário contribuiu?
- 3 – Quantos comentários ou votos de credibilidade o usuário recebeu?
- 4 – O usuário compartilhou a informação com redes sociais?
- 5 – O usuário é cadastrado para receber alertas?

- Perguntas relacionadas aos dados:

- 1 – O dado foi informado através do website?
- 2 – O dado foi informado através do aplicativo para celular?
- 3 – Quantos dados foram informados na mesma rua?

- Perguntas relacionadas aos metadados:

- 1 – Qual o título do dado?
- 2 – Qual a data e horário que o dado foi informado?
- 3 – Qual foi o IP responsável?
- 4 – Qual o nome (ou identificador) da pessoa?
- 5 – Qual é o sistema de referência?
- 6 – A qual categoria da legenda o dado pertence?
- 7 – Possui resumo (descrição)?
- 9 – Qual o formato do arquivo?
- 10 – Qual é a data dos metadados?

De acordo com a revisão bibliográfica e a lista de requisitos, o sistema “Pontos de Alagamento” foi implementado através da plataforma Crowdmap do Ushahidi. Sendo assim, se faz oportuno esclarecer as características de tal plataforma para a melhor compreensão do sistema em questão.

### 3.2 Plataforma Crowdmap/Ushahidi

O aplicativo web Ushahidi foi originado no Quênia em 2008, como um sistema destinado a mapear os incidentes de violência, bem como os esforços de paz no país durante um período de crise relacionado às consequências pós-eleitorais no início do ano de 2008. Atualmente o sistema conta com cerca de 45.000 usuários no Quênia, dentre os quais se encontram indivíduos com as mais diversas experiências, como pessoas que trabalham com direitos humanos e pessoas que desenvolvem softwares (USHAHIDI, 2013).

Mardsen (2012) ressalta a robustez, eficácia e facilidade de uso do aplicativo em situações de desastres naturais. O Ushahidi foi utilizado pela ONU (Organização

das Nações Unidas) nos terremotos do Haiti e de Fukushima/Japão. De acordo com o autor, as inundações de Queensland/Austrália e as fortes tempestades na região dos Bálcãs também são exemplos de desastres em que foi utilizado o aplicativo web.

O Crowdmap é uma plataforma do Ushahidi, onde os mapas e os bancos de dados são hospedados, sem a necessidade de instalação do servidor. É um serviço prestado pelo Ushahidi para facilitar o uso das pessoas na implementação de sistemas colaborativos.

A plataforma Crowdmap permite criar uma página e personalizá-la, escolher temas, editar categorias, solicitar relatórios, entre outros. Tudo é desenvolvido online, sendo necessárias apenas a criação de uma conta de e-mail com senha e o preenchimento de um pequeno formulário. A partir de então o website já é implementado e passível de ser configurado de acordo com as necessidades do usuário (CROWDMAP, 2013).

As características da plataforma em questão, assim como suas possibilidades de uso sem a exigência de conhecimentos técnicos foram pontos que colaboraram na escolha da aplicação, já que o propósito do VGI é viabilizar mapas com informações provenientes de voluntários, sem a necessidade de conhecimentos técnicos para tal. Sendo assim, a plataforma Crowdmap/Ushahidi se apresentou compatível ao objetivo do estudo, fato que justifica sua escolha.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados da pesquisa consistem na apresentação e análise do esquema conceitual do sistema, bem como do protótipo “Pontos de Alagamento” e sua avaliação por meio da análise de um questionário.

##### **4.1 Esquema Conceitual do Sistema**

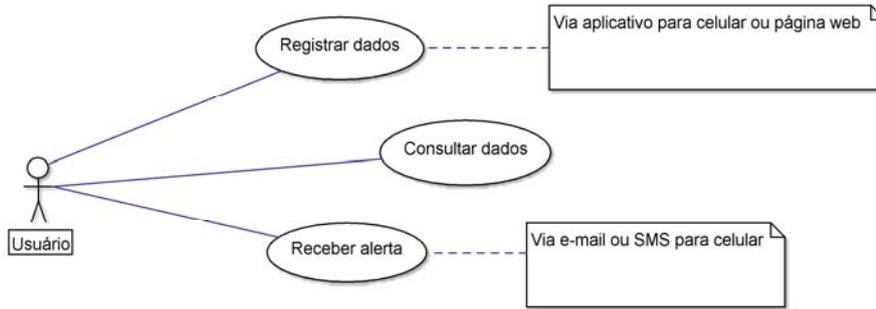
O esquema conceitual do sistema em questão foi elaborado a partir da linguagem UML (Unified Modeling Language) descrita em Booch et al. (2005). Para a representação do esquema conceitual foram utilizados os diagramas de casos de uso e os diagramas de atividades com o objetivo de apresentar a ideia e funcionamento geral do sistema.

###### **4.1.1 Interação do Usuário com as Funcionalidades do Sistema**

O diagrama de casos de uso, apresentado pela figura 02, descreve a interação do usuário com o sistema de mapeamento.

O usuário pode interagir com o sistema na medida em que informa onde estão os pontos alagados, consulta os pontos de alagamento e recebe alertas. O registro dos dados se dá quando o usuário que se encontra em situação de alagamento informa sua localização e o dado é registrado no sistema através do aplicativo para celular ou website.

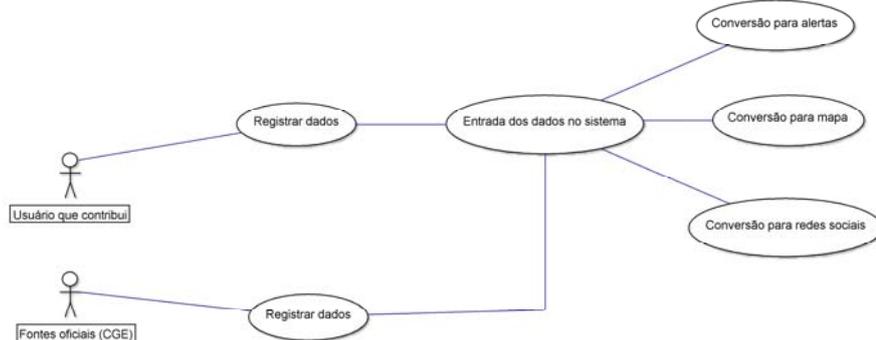
Figura 02 – Diagrama de casos de uso – Usuários.



No caso da consulta dos pontos, o usuário acessa o sistema e verifica onde há pontos de alagamento na cidade. Quanto ao recebimento de alertas, o usuário faz um cadastro prévio no sistema, no qual serão registrados os endereços alvos de alagamento para os quais o usuário deseja receber alerta quando estes estiverem alagados. No cadastro ainda deve ser estipulado um raio de distância que envolve o endereço para limitar o espaço que o usuário deseja receber mensagens de alerta. O recebimento de mensagens de alerta se dá através do e-mail ou celular.

O diagrama de casos de uso (figura 03) descreve a interação entre as fontes de dados e o sistema. Uma das fontes corresponde ao usuário que contribui com dados e a outra fonte corresponde aos órgãos oficiais geradores de dados de alagamentos. Nesse caso, a fonte oficial sugerida é o CGE de São Paulo, o qual fornece informações sobre os locais alagados na cidade baseados em dados produzidos pela CET, conforme descrito anteriormente.

Figura 03 – Diagrama de casos de uso – Usuários contribuintes.

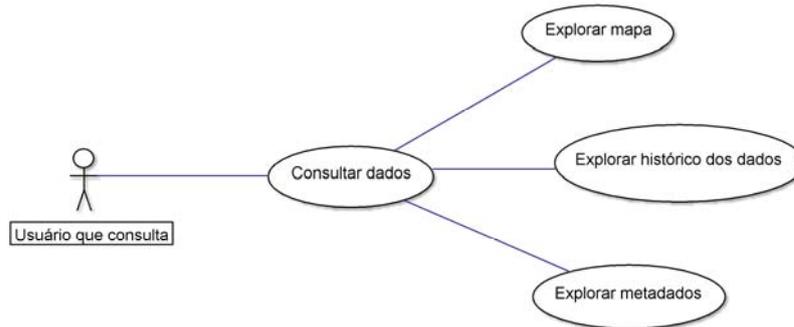


O usuário que se encontra em situação de alagamento registra o ponto através do aplicativo ou website. Os dados entram no sistema e são convertidos automaticamente para pontos a serem visualizados no mapa, para informações a serem compartilhadas com redes sociais (facebook ou twitter) e mensagens de alerta a serem enviados via e-mail ou SMS para as pessoas que cadastraram endereço no sistema.

Da mesma forma, as fontes oficiais informam seus dados através de web service, os quais são carregados automaticamente no sistema e posteriormente convertidos para os mesmos usos descritos acima. No caso do protótipo “Pontos de Alagamento”, a sugestão foi a inclusão dos dados provenientes do CGE.

O diagrama de casos de uso, representado pela figura 04, mostra a interação do usuário que consulta o mapa para saber sobre os pontos de alagamento da cidade.

Figura 04 – Diagrama de casos de uso – Usuários visitantes.



O usuário pode realizar a consulta com os objetivos de:

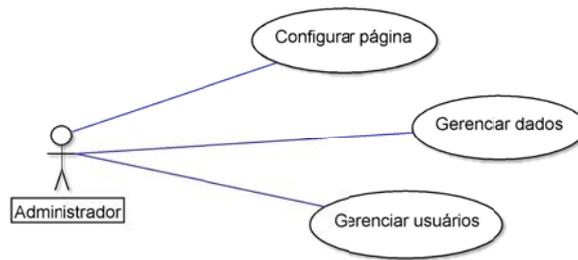
- explorar o mapa que mostra os pontos alagados no dia;
- consultar do histórico dos dados guardados em um banco de dados, os quais podem ser filtrados por datas ou períodos de tempo, de acordo com seu interesse;
- buscar os metadados.

Nesse caso, o usuário acessa a página através da web ou aplicativo e por meio da navegação no sistema, ele busca a informação que deseja.

O diagrama de casos de uso, apresentado na figura 05, demonstra a interação do administrador da página com o sistema. O administrador é a pessoa que possui uma senha de acesso e a sua função corresponde à configuração da página, ao gerenciamento dos dados e ao gerenciamento dos usuários cadastrados. O administrador possui livre autonomia para realizar qualquer alteração que julgue necessária para o bom funcionamento e credibilidade do sistema. Dentre elas estão

incluídas a alteração ou exclusão de dados, bem como a desativação de cadastro de usuários.

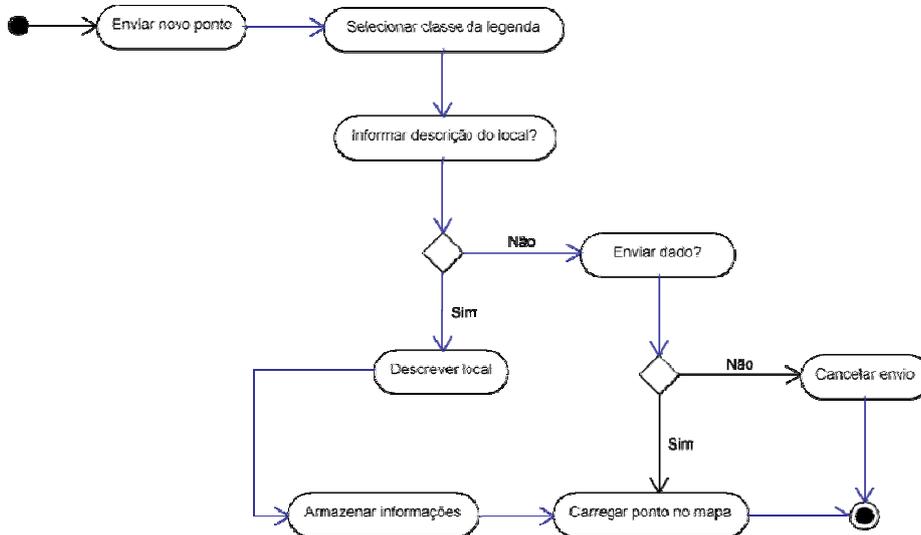
Figura 05 – Diagrama de casos de uso – Administrador do sistema.



#### 4.1.2 Fornecimento dos Dados

Os dados podem ser fornecidos através do aplicativo para celular ou através do website. A figura 06 apresenta o diagrama de atividades, cuja descrição refere-se ao fornecimento do dado por meio de aplicativo para celular.

Figura 06 – Diagrama de atividades – Fornecimento dos dados via aplicativo.



Parte-se do pressuposto de que o aplicativo deve ser simples para que o dado seja transmitido rapidamente. Então, ao enviar um ponto, o usuário deve apenas informar uma classe da legenda para que possa ser organizado o banco de dados com vista às consultas futuras.

As classes da legenda foram baseadas naquelas utilizadas pelo CGE, que são: “Local intransitável”, para locais onde o trânsito de veículos está totalmente impedido; “Local transitável”, para locais onde há alagamento, porém, com tráfego de veículos liberado; “Inativo”, para os locais onde houve alagamento, mas este já foi encerrado. Ainda, foi acrescentada a classe intitulada “CGE” para os dados oficiais fornecidos pela própria instituição.

A descrição do local em forma de texto ou a visualização em forma de foto são campos opcionais que não impedem o envio do dado sem o seu preenchimento.

Quando o dado é enviado por meio do website é possível deixar como obrigatório o campo relacionado à descrição do local. Essa opção ajudaria na localização mais precisa do ponto alagado, já que nesse caso, o ponto seria desenhado manualmente no mapa, fato que pode acarretar em informações incorretas sobre o local desejado. Sendo assim, no caso de consulta, o usuário teria um parâmetro extra para tomada de decisão, que seria a descrição em forma de texto, além da possibilidade de carregar outros arquivos, como fotos, vídeos e links da web.

Para o fornecimento do dado, o usuário acessa a página de envio, escolhe uma classe da legenda de acordo com a situação do local alagado que está sendo informado e opta entre descrever mais detalhes do local ou enviar o ponto imediatamente. A descrição pode ser feita através de um texto escrito em um campo apropriado e/ou envio de fotos e vídeos.

#### 4.1.3 Consulta sobre os Pontos Alagados

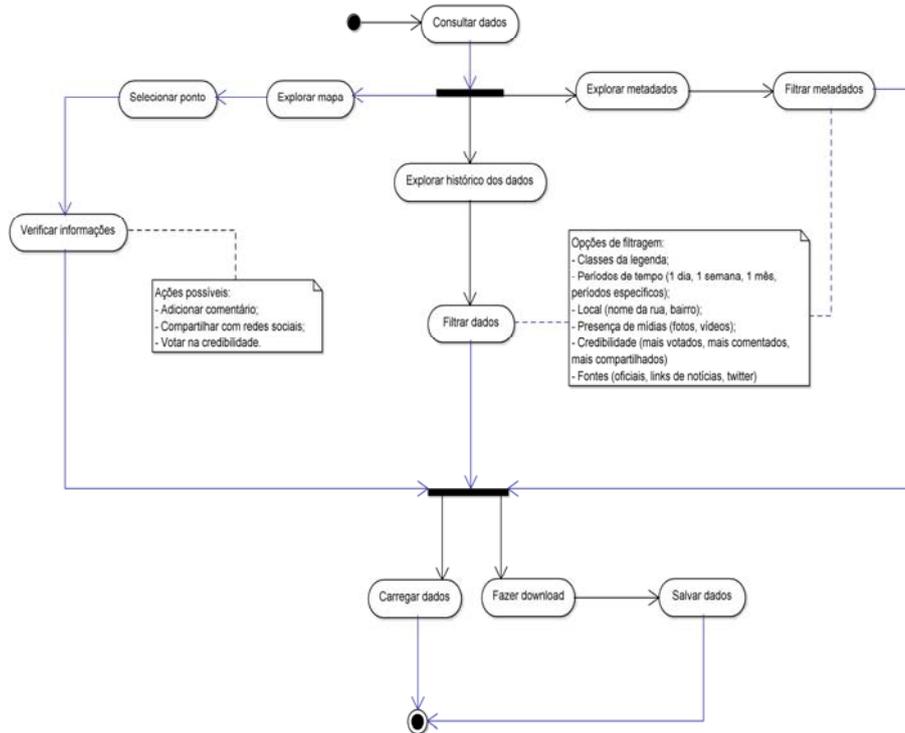
O diagrama de atividades (figura 07) apresenta a descrição dos tipos de consulta que o usuário pode realizar. Uma das atividades envolve a consulta ao mapa, o qual permite a visualização das informações relacionadas ao ponto selecionado. Nesse caso, o usuário pode adicionar um comentário, compartilhar a informação com as redes sociais facebook e/ou twitter e dizer se aprova ou não a informação através do voto de credibilidade.

Além disso, o usuário pode verificar o histórico dos dados e metadados, em que é possível a visualização e *download* do banco de dados através da seleção dos dados de interesse, cuja operação pode ser realizada por meio da aplicação de filtros de busca. Dentre eles podem ser citadas as classes da legenda, períodos de tempo, local, existência de mídias, grau de credibilidade e fontes dos dados.

A consulta ao mapa permite o conhecimento sobre os pontos de alagamento existentes. Ao clicar sobre um ponto específico o usuário saberá detalhes como o horário e a data em que o ponto foi enviado, assim como qual foi a fonte do dado (usuários ou fonte oficial). A partir do filtro dos dados, o usuário obterá as informações específicas e de acordo com o seu interesse. Sendo assim, os dados

podem ser carregados e visualizados na própria página do sistema ou salvos após ser realizado o *download*.

Figura 07 – Diagrama de atividades – Consultas ao sistema.



#### 4.1.4 Gerenciamento do Sistema

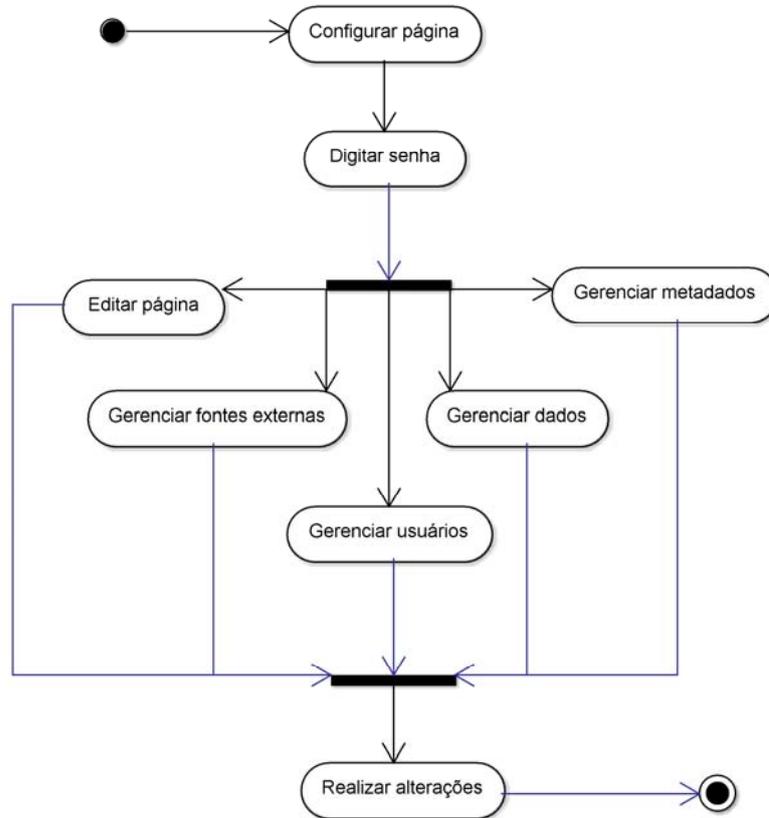
O gerenciamento do sistema é feito pelo administrador, o qual possui um *login* e uma senha. As atividades passíveis de serem realizadas pelo administrador constam no diagrama da figura 08. Dentre as atividades encontram-se a edição da página e o gerenciamento das fontes externas, dos usuários, dos dados e metadados.

O sistema não depende do administrador para seu funcionamento, não há a necessidade de permissão para o envio do dado, bem como para o cadastro de recebimento de alertas ou o *download* dos dados e metadados, pois a ideia é que seja um sistema automático.

Porém, a existência de um administrador é necessária para filtrar dados considerados incorretos, usuários com intenções não condizentes com o objetivo do sistema e manutenção periódica para garantir o funcionamento, caso seja necessário.

Diante da necessidade de configurar a página, uma senha é solicitada, a qual permitirá o acesso às opções de gerenciamento e edições. Após a realização das alterações, finaliza-se o processo.

Figura 08 – Diagrama de atividades – Gerenciamento do sistema.



#### 4.2 Sistema “Pontos de Alagamento”

O protótipo do sistema pode ser observado através das figuras 09 e 10. A figura 09 apresenta a página inicial do sistema com a descrição da aplicação, o mapa com os pontos de alagamento inativos para a data, as notícias relacionadas ao trânsito e um resumo das informações sobre os pontos alagados, como locais e data.

Figura 09 – Página inicial do website.

Fonte: <https://pontosdealagamento.crowdmap.com/> Acesso em 06/11/2013.

**Pontos de Alagamento**  
Pontos de Alagamento na cidade de São Paulo

ENVIAR RELATO

Pontos de Alagamento é parte de uma pesquisa desenvolvida na Poli / USP (Depto. Eng. Transportes). Para informar os pontos alagados envie um relato ou utilize o aplicativo para celular (para download do aplicativo clique em "como relatar"). Para mais detalhes dos pontos, acesse "ver relatos". Os relatórios podem ser vistos em forma de lista ou no mapa e filtrados por data, categoria ou local específico. É possível ainda colaborar para o aperfeiçoamento do sistema respondendo um questionário rápido, disponível em "questionário".

INÍCIO VER RELATOS ENVIAR RELATO RECEBER ALERTAS CONTATO QUESTIONÁRIO

Filtrar Relatos Por

Como relatar

Scale = 1 : 54K | -23.50620, -46.67148

**Notícias oficiais e dos meios de comunicação**

TÍTULO	FONTE	DATA
TRÂNSITO AGORA: acompanhe o trânsito em...	Trânsito - Esta...	Nov 5 2013
TRÂNSITO AGORA: acompanhe o trânsito em...	Trânsito - Esta...	Nov 4 2013
TRÂNSITO AGORA: acompanhe o trânsito em...	Trânsito - Esta...	Nov 1 2013

**Relatos**

TÍTULO	LOCAL	DATA
Alaga sempre	Rua Santa Clara, 219-437, São José dos Campos, SP, Brasil	Oct 6 2013
Trânsito lento	23010-001	Jun 27 2013

A figura 10 demonstra a página para envio de uma ocorrência de alagamento por meio da página web. São fornecidos os campos para preenchimento das informações referentes ao ponto alagado, as classes da legenda (categorias) para serem selecionadas, as informações pessoais do usuário e as ferramentas de edição para a localização manual do ponto, além dos campos para acrescentar fotos, vídeos e notícias relacionadas.

O protótipo foi divulgado em revistas eletrônicas, como a Agência USP de Notícias, revista Exame e revista Galileu, além da rádio Band News FM e alguns blogs na Internet.

Figura 10 – Página para envio de relatos.

Fonte: <https://pontosdealagamento.crowdmap.com/>. Acesso em 06/11/2013.

The screenshot shows the 'Enviar novo relato' (Send new report) page of the 'Pontos de Alagamento' website. The page is titled 'Pontos de Alagamento' and 'Pontos de Alagamento na cidade de São Paulo'. A navigation bar at the top includes 'INÍCIO', 'VER RELATOS', 'ENVIAR RELATO' (highlighted), 'RECEBER ALERTAS', 'CONTATO', and 'QUESTIONÁRIO'. A green banner at the top of the main content area reads: 'Informe os pontos alagados neste momento na cidade de São Paulo. Pare o mouse sobre cada categoria para visualizar sua descrição.'

The main form is titled 'Enviar novo relato' and contains the following sections:

- Titulo do relato \***: A text input field.
- Descrição \***: A large text area with a note: 'Etiquetas HTML permitidas: "a, p, img, br, b, u, strong, em, i'. It also includes a note: 'Itens não são apenas permitidos desde: www.youtube.com/watch?v=...&autoplay=1'.
- Data e horário:** 'Hoje às 08:34 am (America/Sao\_Paulo)' with a 'Modificar data' link.
- Categorias \***: A tree view showing 'CGE' as the selected category, with sub-categories 'intransitável' and 'transitável'.
- Informações opcionais**: Fields for 'Nome', 'Sobrenome', and 'Email'.
- Mapa**: A Google Maps view showing a red pin on a street in São Paulo. Below the map are buttons for 'APAGAR O ÚLTIMO', 'APAGAR SELECIONADOS', and 'LIMPAR MAPA'.
- Cidade, estado e/ou país**: A text input field with an 'Encontrar localidade' button. A note below reads: '\* Procure o local usando o nome do lugar, as coordenadas de latitude e longitude (formato: 38.19, -95.61), ou clique sob o local para apontar o ponto exato no mapa.'.
- Refinar nome do local \***: A text input field with an example: 'Exemplo: Esquina do Palácio do Congresso Nacional, Praça dos Três Poderes, Brasília'.
- Link de fonte de notícias**: A text input field.
- Link de Video Externo**: A text input field.
- Enviar fotos**: A button 'Escolher arquivo' and a status 'Nenhum arquivo selecionado'.

At the bottom of the page, there is a navigation bar with 'INÍCIO | ENVIAR RELATO | RECEBER ALERTAS | CONTATO | CROWDMAP.TOS' and a footer that says 'POWERED BY THE Ushahidi PLATFORM'.

Através dos meios de comunicação foi possível verificar o interesse da população pelo sistema. No entanto, foi detectada também a dificuldade em motivar os usuários para contribuir com dados no momento do evento. Duas possibilidades de justificativa para tal situação foram levantadas - primeiro, o fato das chuvas e alagamentos serem fenômenos cotidianos dos meses de verão na cidade e acontecerem em período de tempo muito curto, e segundo, devido às questões funcionais de usabilidade da plataforma em que a página está hospedada.

A título de teste os dados disponibilizados pelo CGE foram incluídos no sistema no período entre 23 de outubro de 2012 e 01 de dezembro de 2012. A

página ainda está ativa e pode ser consultada (<https://pontosdealagamento.crowdmap.com/>).

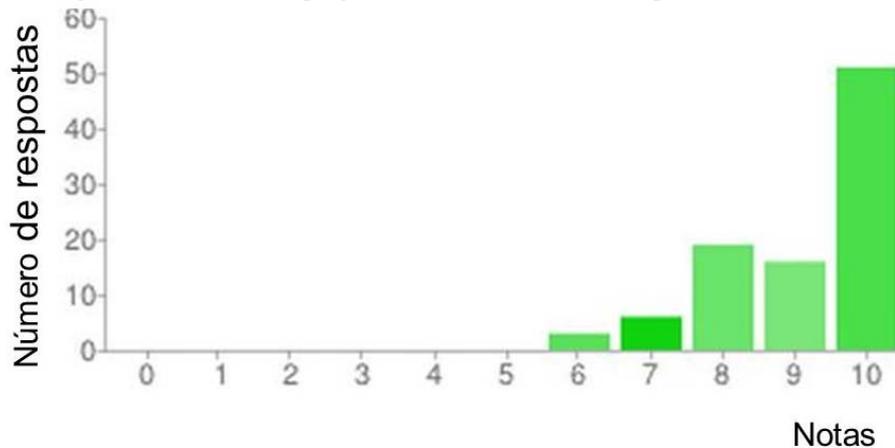
#### 4.3 Avaliação do Sistema – Questionário

A avaliação do sistema foi realizada através de um questionário disponibilizado na página do protótipo. O questionário ficou disponível no período de 01 de novembro de 2012 a 25 de março de 2013. Nesse período foram registradas 100 respostas válidas, ou seja, respostas cujo usuário tenha consultado o sistema para responder às questões.

As perguntas do questionário foram formuladas com o objetivo de investigar as questões consideradas relevantes para o funcionamento de um sistema dinâmico de mapeamento colaborativo, como a motivação em contribuir, a confiabilidade dos dados, a usabilidade do protótipo e a divulgação do sistema.

Os resultados demonstraram que há um significativo interesse e aprovação da população ao protótipo “Pontos de Alagamento”. Para a pergunta referente à utilidade pública do sistema 51% dos respondentes atribuíram nota 10 (muito bom), como pode ser observado através da figura 11.

Figura 11 – Gráfico da pergunta relacionada à utilidade pública do sistema.



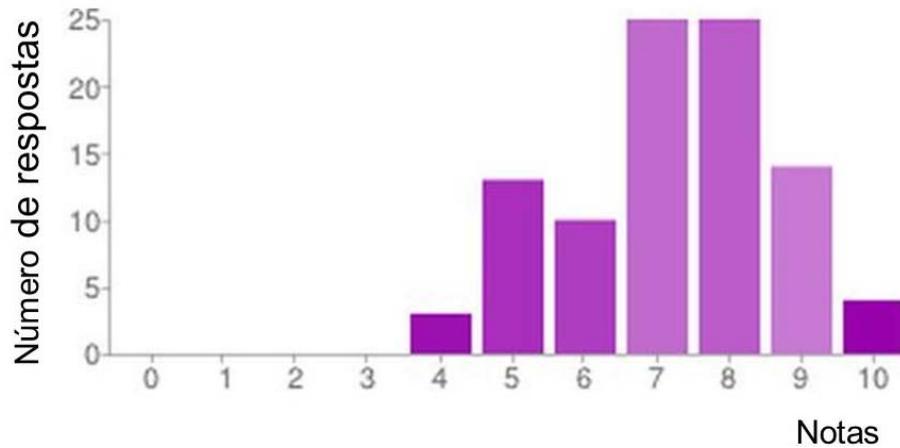
As respostas referentes à motivação das pessoas em contribuir com dados indicaram a ação de ajuda ao próximo como o principal motivo. Ainda foi mencionado o altruísmo, o engajamento social, o interesse pela tecnologia da aplicação e a utilidade do sistema tanto para as pessoas sujeitas aos alagamentos quanto para as prefeituras e empresas de limpeza urbana e construção civil.

De acordo com Goodchild & Li (2012), o VGI possui grandes vantagens por ser uma informação livre, possível de ser disponibilizada em grandes quantidades e fornecer dados nunca mapeados anteriormente. Porém, a sua qualidade pode ser

muito variável e irregular, fato que poderia torná-la uma fonte insuficiente para determinadas pesquisas científicas, por exemplo.

A questão da qualidade dos dados em VGI remete à questão da confiabilidade das informações disponibilizadas pelo sistema. Quando perguntados sobre o aspecto da confiabilidade dos dados, as respostas variaram bastante, embora a maioria das pessoas atribuisse notas consideradas médias e boas (entre 05 e 10), como demonstra a figura 12.

Figura 12 – Gráfico da pergunta relacionada à confiabilidade dos dados.



Perguntas sobre a usabilidade do sistema foram também formuladas com a expectativa de identificar quais seriam os aspectos que contribuiriam para o maior uso do website, considerando-se a plataforma em que o sistema está hospedado.

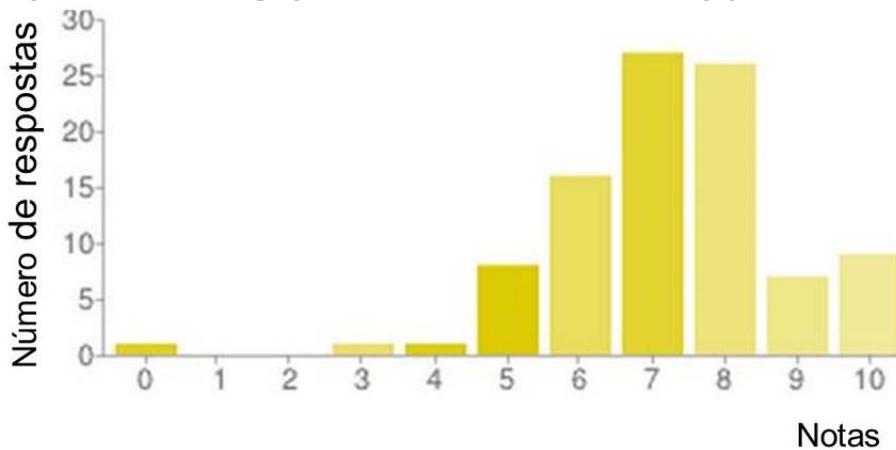
Nesse quesito, os respondentes concordaram que os pontos-chave significativos para o uso do sistema seriam a melhoria dos aspectos gráficos da página e a melhoria do aplicativo para celular. Além disso, a manutenção dos formatos referentes à página inicial, às quatro categorias da legenda e ao raio de aproximadamente 20 km do local cadastrado para o recebimento de alertas de alagamento, também contribuiriam ao maior uso do sistema.

Ainda, foi perguntado sobre a facilidade de navegação no website “Pontos de Alagamento”. As respostas indicaram certo grau de dificuldade quanto à navegação na plataforma Crowdmap/Ushahidi, dado que existem restrições para não programadores quanto às configurações do sistema nessa plataforma. A figura 13 apresenta os resultados para tal questão.

Quanto à divulgação do sistema, as respostas demonstraram que além da divulgação por meio das mídias convencionais, como rádio e televisão, as redes sociais seriam grandes aliadas. De acordo com sugestões dos respondentes, a conexão das postagens com o twitter, o facebook e o instagram, em tempo quase

real, seria muito importante para a interação e consequente contribuição da população com dados.

Figura 13 – Gráfico da pergunta relacionada à facilidade de navegação no website.



Dentre outras sugestões, a vinculação às fontes oficiais de dados, como o CGE e CET, também foi mencionado para fornecer maior credibilidade ao sistema. Além disso, foi sugerida a inclusão de outros sistemas de informação relacionados ao trânsito, como as rotas alternativas, o tempo estimado de viagem e outros fatores que pudessem apresentar alguma interferência.

## 5. CONCLUSÃO

O trabalho apresentou o esquema conceitual para sistemas de mapeamento dinâmico e colaborativo de alagamentos. Como prova de conceito foi analisado o protótipo “Pontos de Alagamento”, cujo objetivo foi mapear os pontos de alagamento da cidade de São Paulo através de dados informados voluntariamente pelos cidadãos no momento do evento. O desenvolvimento do sistema foi realizado por meio da plataforma Crowdmap/Ushahidi - uma plataforma livre e de código aberto.

Os resultados do questionário, aplicado para avaliar o sistema, demonstram a utilidade pública da aplicação e o interesse da população por um sistema dinâmico que possibilite a troca de informações sobre o problema dos alagamentos em tempo quase real. Além disso, confirma a viabilidade do desenvolvimento de sistemas de mapeamento colaborativo e dinâmico de alagamentos com dados voluntários, fornecidos pela localização do celular.

As contribuições sociais da aplicação podem ser consideradas relevantes, pois colabora ao evitar problemas ao sistema de trânsito na medida em que a população pode evitar circular por vias alagadas ao receber alertas por e-mail. O sistema

também pode somar esforços com órgãos oficiais responsáveis pela informação de alagamentos na cidade.

O uso de aparelhos celulares para a transmissão do dado contribui para a característica dinâmica do sistema, uma vez que o usuário pode informar a ocorrência no momento do evento e contar com as demais ferramentas disponibilizadas pelo celular, como câmeras de foto e vídeo para a complementação da informação. Esse aspecto concede maior veracidade à informação, fato que eleva a confiabilidade dos dados.

O Crowdmap ainda permite o armazenamento dos dados numa série histórica e a disponibilidade dos mesmos para *download*. Os registros dos pontos de alagamento podem ser utilizados para diversos estudos posteriores.

A troca de informações com outras mídias sociais, como facebook e twitter dinamiza o uso do sistema de mapeamento, uma vez que possibilita a interação em tempo quase real, o que os torna meios complementares de divulgação da informação.

No entanto, a avaliação de VGI de um evento dinâmico, como alagamentos, tem suas complexidades. É um evento que predomina em uma época do ano apenas e apesar de ser cotidiano acontece em um intervalo de tempo curto dentro de um dia. A natureza temporal do fenômeno alagamento requer um formato dinâmico de sistema, cujas características funcionais exigem divulgação e sensibilização da população também de forma dinâmica. Esse é um fator que interfere diretamente na usabilidade do website e na contribuição com dados.

Ainda que haja aspectos de implementação a serem melhorados, a prova de conceito do sistema através do protótipo “Pontos de Alagamento” foi suficiente para avaliar e aprimorar os esquemas conceituais propostos.

#### **AGRADECIMENTOS:**

Os autores agradecem ao CNPQ pela concessão da bolsa de pesquisa, cujo financiamento viabilizou o desenvolvimento do projeto e pelas bolsas de Produtividade em Pesquisa.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AGÊNCIA BRASIL. *São Paulo tem maior congestionamento do ano*. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2013-03-08/sao-paulo-tem-maior-congestionamento-do-ano>. Acesso em 09 de março de 2013.
- BOOCH, B; RUMBAUGH, J; JACOBSON, I. UML: guia do usuário. Rio de Janeiro:Elsevier, 2005, 6ª edição.
- CET – Companhia de Engenharia de Tráfego. Trânsito agora. Disponível em: <http://cetsp1.cetsp.com.br/monitransmapa/agora/ajuda.htm>. Acesso em 24 de fevereiro de 2013.
- CGE – Centro de Gerenciamento de Emergências. *Alagamentos*. Disponível em: <http://www.cgesp.org/v3/alagamentos.jsp?dataBusca=17%2F07%2F2012&enviaBusca=Buscar>. Acesso em 24 de fevereiro de 2013.

- CROWDMAP. *About Crowdmap*. Disponível em: <https://crowdmap.com/welcome>. Acesso em 18 de julho de 2013.
- ELWOOD, S.; GOODCHILD, M.; SUI, D. Researching Volunteered Geographic Information: Spatial Data, Geographic Research, and New Social Practice. In: *Annals of the Association of American Geographers*, 102(3) 2012, pp. 571–590.
- GOODCHILD, M. F. Citizens as Sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 2007, Vol. 69, 211-221. (a)
- GOODCHILD, M. F. Citizens as Voluntary Sensors: Spatial Data Infrastructure in the world of Web 2.0. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 2007, Vol. 2, 24-32. (b)
- GOODCHILD, M. F. GIS and disasters: Planning for catastrophe. *Computers, Environment and Urban System*, 2006, Vol. 30, 227-229.
- GOODCHILD, M. F.; GLENNON, J. A. Crowdsourcing geographic information for disaster response: a research frontier. *International Journal of Digital Earth*, 2010, Vol. 3, 231-241.
- GOODCHILD, M. F.; LI, L. Assuring the quality of volunteered geographic information. *Spatial Statistic*; 2012, Vol. 1, 110-120.
- HARDY, D.; FREW, J.; GOODCHILD, M. Volunteered geographic information production as a spatial process. In: *International Journal of Geographical Information Science*. iFirst, 2012, 1–22.
- ITUNES. *Waze GPS social e trânsito*. Disponível em: <https://itunes.apple.com/br/app/waze-gps-social-e-transito/id323229106?mt=8>. Acesso em 24 de abril de 2013.
- MAPLINK TRÂNSITO. *De Apontador & MapLink – LBS Local S.A.* Disponível em: <http://itunes.apple.com/br/app/maplink-transito/id296691011?mt=8>. Acesso em 17 de fevereiro de 2013.
- MARSDEN, J. Stigmergic self-organization and the improvisation of Ushahidi. *Cognitive Systems Research*, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cogsys.2012.06.005>. Acesso em 02 de agosto de 2012.
- NOEL ROCHA. *Novo aplicativo para iPhone: Alaga SP*. Disponível em: <http://noelrocha.com.br/2010/02/novo-aplicativo-para-iphone-alaga-sp/>. Acesso em 02 de agosto de 2012.
- O ECO. *Participe: mapa colaborativo OECO dos desastres das chuvas*. Disponível em: <http://www.ecocidades.com/2011/01/13/participe-mapa-colaborativo-oeco-dos-desastres-das-chuvas/>. Acesso em 17 de fevereiro de 2013.
- POSER, K.; DRANSCH, D. Volunteered geographic information for disaster management with application to rapid flood damage estimation. *Geomatica*, 64, 1, pp89-98, 2010.
- PROJETO ENCHENTES. *Mapa*. Disponível em: <http://projetoenchentes.radioramabrazil.com/mapa/>. Acesso em 02 de agosto de 2012.
- ROCHE, S.; PROPECK-ZIMMERMANN, E.; MERICKSKAY, B. GeoWeb and crisis management: issues and perspectives of volunteered geographic information. *GeoJournal*, Junho de 2011.

- SÃO PAULO. *Cidade. Em Cartaz: guia da Secretaria Municipal de Cultura*. N. 33, mar. 2010. p. 56-57. Texto revisto em 16.9.2010.
- SUI, D. Z. The wikification of GIS and its consequences: Or Angelina Jolie's new tattoo and the future of GIS. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2008; Vol. 32 1-5.
- SUI, D, S; GOODCHILD, M. The convergence of GIS and social media: challenges for GIScience. In: *International Journal of Geographical Information Science*. Vol. 25, No. 11, November 2011, 1737-1748.
- USHAHIDI. *About us*. Disponível em: <http://ushahidi.com/about-us>. Acesso em 02 de fevereiro de 2013.

(Recebido em junho de 2013. Aceito em agosto de 2013).