



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**JOAQUIM SEVERO DA SILVA JUNIOR**

**UMA METODOLOGIA DEDICADA AO MONITORAMENTO DA  
INFRAESTRUTURA URBANA DA CIDADE DE FORTALEZA-CE ATRAVÉS DE UM  
APLICATIVO BASEADO EM CROWDSOURCING**

**FORTALEZA**

**2018**

JOAQUIM SEVERO DA SILVA JUNIOR

UMA METODOLOGIA DEDICADA AO MONITORAMENTO DA INFRAESTRUTURA  
URBANA DA CIDADE DE FORTALEZA-CE ATRAVÉS DE UM APLICATIVO  
BASEADO EM CROWDSOURCING

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Uchôa da Silva.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S58m Silva Junior, Joaquim Severo da.  
Uma metodologia dedicada ao monitoramento da infraestrutura urbana da cidade de Fortaleza-CE através de um aplicativo baseado em crowdsourcing / Joaquim Severo da Silva Junior. – 2018.  
59 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. Carlos Augusto Uchôa da Silva.
1. Georreferenciamento. 2. Crowdsourcing. 3. Infraestrutura urbana. I. Título.

CDD 620

---

JOAQUIM SEVERO DA SILVA JUNIOR

UMA METODOLOGIA DEDICADA AO MONITORAMENTO DA INFRAESTRUTURA  
URBANA DA CIDADE DE FORTALEZA-CE ATRAVÉS DE UM APLICATIVO  
BASEADO EM CROWDSOURCING

Monografia apresentada ao Curso de  
Engenharia Civil da Universidade Federal do  
Ceará, como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Carlos Augusto Uchôa da Silva (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Mário Angelo Nunes de Azevedo Filho  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Me. Sameque Farias Cunha de Oliveira  
Examinador externo

Aos meus pais, Joaquim e Luzia.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal do Ceará e aos professores do curso de Engenharia Civil pelos ensinamentos transmitidos ao longo da graduação.

Ao Prof. Dr. Carlos Augusto Uchôa da Silva pela excelente orientação e pelo apoio nessa fase de término de curso.

Aos companheiros de projeto de extensão Edgar Galvão, Guilherme Freitas, David Harley e Yara Alves, sem os quais este trabalho não teria saído do papel.

Aos participantes da banca examinadora Prof. Dr. Mário Angelo Nunes de Azevedo Filho e Me. Sameque Farias Cunha de Oliveira pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos meus pais Joaquim e Luzia por todo o suporte ao longo da minha vida estudantil e pelo incessante estímulo nos momentos mais difíceis.

À minha tia Fátima e seu marido José, por terem me acolhido nos últimos anos.

Aos colegas de curso, pelas contribuições, reflexões, críticas e sugestões recebidas.

“Que beleza é conhecer o desencanto  
E ver tudo bem mais claro no escuro”  
(Tim Maia – Que Beleza)

## RESUMO

O crescente processo de urbanização observado nas metrópoles brasileiras nas últimas décadas tem contribuído para a acentuação dos chamados problemas urbanos. O emprego de ferramentas baseadas em *crowdsourcing*, isto é, em colaboração coletiva, permite o engajamento da população e pode auxiliar os responsáveis pela busca de soluções para os transtornos supracitados. Este trabalho visa o desenvolvimento de um sistema que possibilite a criação e o provimento de uma base de dados sobre problemas existentes na infraestrutura urbana de Fortaleza a partir da contribuição voluntária de seus residentes. Utilizando programas computacionais, um aplicativo para dispositivos móveis (*Android* e *iOS*) foi implementado, com o intuito de gerar um canal de comunicação entre os usuários e o sistema, bem como coletar e exibir as informações de interesse. Para armazená-las, modelou-se e implantou-se um banco de dados capaz de lidar com objetos geográficos. Como resultado, obteve-se uma ferramenta funcional, que oferece os principais recursos previstos pelo método proposto. A mesma consegue mapear e apresentar os problemas, diferenciando-os por tipo e georreferenciando-os com base na localização informada pelo usuário no ato do envio da ocorrência.

**Palavras-chave:** Georreferenciamento. *Crowdsourcing*. Infraestrutura urbana.

## ABSTRACT

The growing urbanization process observed in the Brazilian metropolises in the last decades has contributed to the accentuation of the so-called urban problems. The use of tools based on crowdsourcing allows the engagement of the population and can assist those who are responsible for finding solutions to the disorders mentioned. This work aims to develop a system that allows the creation and provision of a database on existing problems in the urban infrastructure of the city of Fortaleza, based on the voluntary contribution of its residents. Using computer programs, an application for mobile devices (Android and iOS) has been developed with the aim of generating a channel of communication between users and the system, as well as collecting and displaying information of interest. To store them, a database capable of dealing with geographic objects was modeled and deployed. As a result, a functional tool was obtained, which offers the main resources foreseen by the proposed method. The tool can map and present the problems, differentiating them by type and georeferencing them based on the location informed by the user at the time of sending the information.

**Keywords:** Georeferencing. Crowdsourcing. Urban infrastructure.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura geral de um sistema de informação geográfica .....	21
Figura 2 – Representação de dados em vetor e em <i>raster</i> .....	22
Figura 3 – SIG organizado em camadas .....	23
Figura 4 – Arquiteturas de integração entre SIG e SGBD .....	28
Figura 5 – Fluxograma de atividades do método proposto .....	40
Figura 6 – Fluxograma de interação entre o usuário e a interface gráfica.....	42
Figura 7 – Modelo conceitual do banco de dados central .....	44
Figura 8 – Entrada de dados no aplicativo <i>Android</i> .....	47
Figura 9 – Envio de informações adicionais no aplicativo <i>Android</i> .....	48
Figura 10 – Entrada de dados no aplicativo <i>iOS</i> .....	49
Figura 11 – Visualização do mapa de problemas no aplicativo <i>Android</i> .....	50
Figura 12 – Modelo relacional do banco de dados implantado.....	51

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Estado da arte em mapeamento colaborativo de problemas urbanos: Resumo .....34

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>Application Program Interface</i>
Cagece	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
DET	Departamento de Engenharia de Transportes
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IPECE	Instituto de Pesquisas Econômicas do Ceará
LAG	Laboratório de Geomática Aplicada
LBSN	<i>Location-Based Social Networks</i>
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
SBL	Serviços Baseados em Localização
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIGV	Sistema de Informação Geográfica Voluntária
SQL	<i>Structured Query Language</i>
SSH	<i>Secure Shell</i>
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>
UFC	Universidade Federal do Ceará

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 Contextualização.....	14
1.2 Problema.....	16
1.3 Justificativa .....	16
1.4 Objetivos.....	16
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>18</b>
2.1 Planejamento urbano .....	18
2.1.1 <i>Planejamento urbano e participação popular</i> .....	19
2.2 Sistema de informação geográfica.....	20
2.2.1 <i>Sistema de informação geográfica voluntária</i> .....	23
2.2.2 <i>Sistema de informação geográfica móvel</i> .....	25
2.3 Banco de dados geográficos .....	26
2.3.1 <i>Modelagem conceitual de dados geográficos</i> .....	28
2.4 Estado da arte em mapeamento colaborativo de problemas urbanos.....	29
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>36</b>
3.1 Materiais.....	36
3.1.1 <i>Ubuntu Server</i> .....	36
3.1.2 <i>PostgreSQL</i> .....	37
3.1.3 <i>PostGIS</i> .....	37
3.1.4 <i>Android Studio</i> .....	37
3.1.5 <i>Java Development Kit</i> .....	37
3.1.6 <i>Google Maps API</i> .....	38
3.1.7 <i>Git</i> .....	38
3.1.8 <i>Xcode</i> .....	38
3.1.9 <i>Frameworks Apple</i> .....	39
3.2 Método .....	39
3.2.1 <i>Definição dos problemas a serem investigados</i> .....	40
3.2.2 <i>Desenvolvimento do aplicativo para dispositivos móveis</i> .....	40
3.2.3 <i>Modelagem e configuração do banco de dados</i> .....	43
3.2.4 <i>Comunicação entre o aplicativo e o banco de dados</i> .....	44
3.2.5 <i>Publicação e divulgação da ferramenta</i> .....	45

<i>3.2.6 Análise dos resultados</i> .....	45
<b>4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>46</b>
<b>4.1 Considerações iniciais</b> .....	<b>46</b>
<b>4.2 Aplicativo para dispositivos móveis</b> .....	<b>46</b>
<i>4.2.1 Entrada de dados</i> .....	<i>46</i>
<i>4.2.2 Visualização de dados</i> .....	<i>49</i>
<b>4.3 Banco de dados central</b> .....	<b>51</b>
<b>4.4 Considerações finais</b> .....	<b>52</b>
<b>5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>55</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

As cidades brasileiras têm vivenciado um crescente processo de urbanização nas últimas décadas. Dados do último Censo Demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, indicaram que 84,4% da população do país já era urbana. A previsão do Programa da Organização das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (ONU-Habitat) é que, em 2030, esse índice seria de 91,1% (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011; PORTAL BRASIL, 2016).

Estudos publicados pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), com base no referido censo, avaliaram o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) em 24 Regiões Metropolitanas brasileiras. Em 23 delas, o IDHM 2010 – que levou em conta os fatores saúde, educação e renda – foi considerado alto ou muito alto (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2013, 2014, 2015, 2017).

Apesar dos resultados positivos alcançados pelas Regiões Metropolitanas brasileiras no IDHM 2010, aqueles que habitam essas metrópoles ainda são obrigados a conviver com os chamados problemas urbanos, em sua maioria de caráter político, econômico e social. Dentre os quais ganham destaque: déficit habitacional, más condições de moradia, infraestrutura urbana inexistente, insuficiente e de má qualidade, sistema de transporte público precário, falta de escolas e creches, falta de hospitais, falta de locais de lazer, uso inadequado do solo urbano, degradação ambiental, desigualdade social, desemprego/subemprego, conflitos sociais e violência (BRAZIL, *et al.*, 2013; MAY *et al.*, 2000; WATSON, 2009).

A cidade de Fortaleza, localizada na região metropolitana homônima, possui IDHM 2010 classificado como alto, sendo a 19ª colocada entre as capitais brasileiras e a sétima entre as nordestinas. Com uma população no último censo de 2.452.185 pessoas (estimada em 2.627.482 pessoas para o ano de 2017), que a configura como a quinta maior cidade do país no quesito, apresenta uma densidade demográfica de 7.786,44 hab/km<sup>2</sup>, a maior entre as capitais (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011, 2017; MENEZES e MEDEIROS, 2012).

Sabe-se que a comunidade fortalezense, assim como as de outras grandes cidades brasileiras, enfrenta diariamente os diversos problemas urbanos sobreditos. Como já exposto, estes abrangem aqueles relacionados à infraestrutura urbana – sua manutenção, suas

deficiências e, em alguns casos, sua total ausência –, tais como: defeitos na pavimentação de vias ou sua inexistência, drenagem pluvial ineficiente ou inexistente, congestionamentos, falta de calçadas, falta de iluminação pública, ocupação irregular de áreas impróprias para habitação, descarte inadequado de resíduos, poluição sonora, do ar, do solo e da água, dentre outros.

A responsabilidade por administrar tal infraestrutura recai sobre o Poder Público municipal, que, de acordo com Carrera e Ferreira (2007), tem a função de tomar decisões estratégicas de planejamento, gerenciamento e manutenção de seus serviços, embora faça isso sem, nem sempre, se preocupar com a criação e o provimento de bancos de dados sistemáticos que armazenem essas informações referenciadas por local e período de tempo.

Segundo Câmara, Davis e Monteiro (2001), as técnicas de geoprocessamento apresentam-se como ferramentas de enorme potencial na coleta de informações que sirvam de apoio à tomada de decisão voltada à mitigação dos transtornos presentes na vida daqueles que ocupam grandes aglomerados urbanos. Em especial os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), por terem papel fundamental na investigação de problemas cuja localização espacial seja uma característica intrínseca; além de permitirem a integração de informações geográficas oriundas de diversas fontes em bancos de dados, bem como seu tratamento e análise. Nesse aspecto, o Sistema de Informação Geográfica Voluntária (SIGV) se destaca, pois possibilita a participação da população em geral (GOODCHILD, 2007).

A inovação tecnológica vivida nas últimas décadas proporcionou o desenvolvimento e a difusão em massa de dispositivos móveis equipados com recursos e sensores que permitem aos usuários a produção de informações geoespaciais de maneira rápida e fácil. Esses recursos possibilitam, por exemplo, identificar a localização de tais dispositivos em tempo real, por meio do sistema de posicionamento global (GPS), desde que exista conexão com a *Internet* por meio de rede móvel ou sem fio (HAKLAY, 2013).

Redes Sociais Baseadas em Localização (LBSN) tiram proveito do poder e da grande disseminação dos dispositivos móveis modernos para oferecer aos seus usuários a possibilidade de compartilhar informações relacionadas aos lugares que frequentam (TRAYNOR e CURRAN, 2013). Para além do simples compartilhamento de localização, o *crowdsourcing* agrega a capacidade de empregar a inteligência coletiva dos usuários de sistemas do tipo LBSN na construção de conhecimento sobre diferentes aspectos regionais (BRABHAM, 2008).

A conjunção de tecnologias e conceitos como os citados (*smartphones*, LBSN, *crowdsourcing*), pode ser útil para identificar os pontos de ocorrência de deficiências na

infraestrutura urbana de um município e, a partir de então, mapear os problemas por tipo e gravidade e apontar quais são as regiões mais críticas.

## **1.2 Problema**

A inexistência de uma base de dados atualizada para recolher informações acerca das variadas deficiências presentes na infraestrutura urbana de uma grande cidade como Fortaleza, que permita a participação ativa e célere dos residentes locais, principais interessados em suas resoluções, dificulta a determinação de quais regiões são afetadas em maior ou menor escala. Pode-se ter, como consequente resultado, a lentidão e/ou a imprecisão na busca por ações que possam solucionar tais demandas.

## **1.3 Justificativa**

A participação popular voluntária na geração de informações geográficas referentes às variadas adversidades presentes no ambiente urbano das cidades tem sido objeto de estudo de vários trabalhos nos últimos anos no Brasil e no mundo (FURTADO *et al.*, 2010; DAVIS JR., VELLOZO e PINHEIRO, 2013; HIRATA *et al.*, 2013; BROVELLI, MINGHINI e ZAMBONI, 2015; CAMARGOS, HOLANDA e ARAÚJO, 2015). Que diferem entre si pelo problema investigado e pelo método de coleta e armazenamento dos dados, mas que compartilham o fato de se aterem, geralmente, à análise de uma única demanda (locais de alagamento, irregularidades no pavimento de ruas, poluição sonora, etc.).

No entanto, nas cidades brasileiras, especificamente em Fortaleza, o poder do mapeamento colaborativo tem sido pouco explorado como instrumento de apoio ao planejamento urbano. Isto pode distanciar os projetos implantados da realidade vivida pelos seus habitantes. Desta forma, propõe-se oferecer à comunidade de Fortaleza uma ferramenta que lhe permita ter participação ativa na produção e disseminação do conhecimento geoespacial local associado às deficiências presentes na infraestrutura urbana. Deste modo, as informações geradas podem, também, ser utilizadas como suporte na definição de políticas públicas relacionadas a essa esfera da gestão governamental.

## **1.4 Objetivos**

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma ferramenta baseada em

*crowdsourcing*, a fim de difundir e incentivar a colaboração coletiva da comunidade local no mapeamento de problemas relacionados à infraestrutura urbana.

Como objetivos específicos para o desenvolvimento deste trabalho, têm-se:

- a) implementar um aplicativo para dispositivos móveis para funcionar como ferramenta de obtenção e visualização de dados voluntários;
- b) modelar e implementar um banco de dados para armazenar as informações obtidas;
- c) divulgar e incentivar o uso do aplicativo implementado.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Planejamento urbano

Segundo Oliveira (2011), o planejamento é um dos elementos fundamentais para compreender a produção do espaço urbano, pois expressa as ações e decisões dos agentes produtores do mesmo. Que tendem a gerar desigualdades expressas na própria paisagem urbana, visto que o planejamento (assim como a gestão) não é neutro, é a expressão da sociedade, logo contém ideologias e interesses que os agentes produtores do espaço urbano lutam para assegurar.

Souza (2010) argumenta que, por sempre remeter ao futuro, o planejamento tenta simular os desdobramentos de um processo, com o objetivo de precaver-se dos problemas e de aproveitar da melhor forma os benefícios, por isso é importante distinguir os conceitos de planejamento e gestão. Já que esse último se refere ao presente, à administração de uma situação a partir dos recursos atualmente disponíveis, tendo em vista as necessidades imediatas. As ações de planejamento visam promover uma mudança social positiva nas cidades, ou seja, o desenvolvimento urbano.

Na visão de Souza (2010), o termo desenvolvimento, fortemente ligado ao campo econômico, quando qualificado como urbano, geralmente está relacionado à modernização da sociedade no sentido capitalista, fundamentado em conceitos como crescimento, urbanização e expansão. Porém, o desenvolvimento urbano, para além do aumento da área urbanizada, deve ser, acima de tudo, um desenvolvimento socioespacial resultado da conquista de melhoria na qualidade de vida e de aumento da justiça social.

A ideia de justiça social, ou equidade, pode ser resumida pelo princípio de “tratar os iguais igualmente e os desiguais desigualmente”. Assim, um exemplo de aumento da justiça social – que calibra e contextualiza a melhoria da qualidade de vida – seria estabelecer que a satisfação das necessidades básicas dos grupos menos privilegiados tenha prioridade sobre a satisfação das necessidades não-básicas dos grupos mais privilegiados.

Grostein (2001) aponta que noções abrangentes e abstratas como o de “desenvolvimento urbano sustentável” são referências condutoras de políticas e práticas governamentais, devendo ser flexíveis e socialmente construídas, isto é, resultantes da compreensão dos conflitos e embates presentes nos processos de expansão e transformação urbana. Consequentemente, poderão influenciar a formulação de políticas públicas para a construção de um ambiente urbano equilibrado e justo. Diante de questões geradas

sobremaneira na esfera socioeconômica, as políticas públicas formuladas e assumidas têm um papel fundamental na distribuição dos benefícios urbanos gerados por obras públicas e na justiça social definida pela democratização dos acessos a todas as esferas da vida urbana. Souza (2005) defende que os profissionais envolvidos com o planejamento urbano devem estar ética e tecnicamente preparados para perseguir um autêntico desenvolvimento urbano, isentos de influências sofridas pelo aparelho administrativo, político e interesses econômicos.

Em seu trabalho de revisão sobre o processo de planejamento urbano no Brasil, Villaça (1999) destaca que o mesmo passou por algumas mudanças que acompanharam as transformações históricas do país. Ele apresenta uma separação do fenômeno em três fases distintas, que compreendem os períodos: de 1875 a 1930; de 1930 a 1990; e de 1990 em diante. A primeira é marcada por reformas higienistas, ou seja, obras de embelezamento e melhoramento, feitas principalmente nas cidades do Rio de Janeiro e de São Paulo. A segunda é marcada pela ideologia do planejamento enquanto técnica de base científica, indispensável para a solução dos chamados problemas urbanos. A terceira é uma reação a segunda e trás uma nova visão baseada na retomada dos planos diretores e na maior democratização do planejamento e da gestão. Para o autor, a tendência de esconder a origem dos problemas urbanos, tratando-os como fruto do crescimento caótico das cidades, para os quais a solução estaria no planejamento com técnicas e métodos bem definidos – característica do segundo período –, ainda perdura nos dias de hoje.

### ***2.1.1 Planejamento urbano e participação popular***

Souza (2005) aponta que a participação popular no planejamento e na gestão das cidades é um assunto que alimenta acaloradas discussões. Entre os argumentos favoráveis está o ganho de eficiência, já que sobre a base da participação popular, as decisões relacionadas à alocação de recursos ou às intervenções no espaço estariam sendo mais bem informadas, à luz das necessidades reais da população, reduzindo-se, assim, o desperdício. Outro argumento a favor é que uma vez que se sintam participantes de processos decisórios, as pessoas tenderiam, também, a se sentir mais responsáveis perante os bens públicos e os destinos da cidade.

Por outro lado, por razões tanto técnicas quanto ideológicas, há os que alegam que a participação popular pode acarretar ineficiência alocativa, além de ter legitimidade questionável. Há controvérsias, também, sobre a natureza e o alcance da participação popular desejável. Se a mesma deve ser apenas consultiva (isto é, com as pessoas apenas sendo

consultadas pelos governantes) ou realmente deliberativa (ou seja, o Estado delegaria poder decisório à própria sociedade civil).

Para Brabham (2009), apesar do debate em torno do tema, é preciso explorar novos métodos de participação popular no planejamento urbano. A tecnologia atual pode permitir níveis mais profundos de engajamento entre pessoas e governos, particularmente por meio da *Web*. O modelo baseado em *crowdsourcing* (termo explorado no item 2.2.1), por exemplo, por apresentar um método que aproveita o intelecto coletivo na busca de soluções criativas para os problemas, através de redes de cidadãos organizados, pode oferecer resultados que atendam às necessidades dos planejadores.

## 2.2 Sistema de informação geográfica

Zeiler (1999) define sistema de informação geográfica (SIG) como uma combinação de pessoas capacitadas, dados espaciais e descritivos, métodos analíticos e ferramentas computacionais (*hardware* e *software*); todos organizados para automatizar, gerenciar e fornecer informações por meio de representação geográfica. Longley *et al.* (2005) salientam que sistemas de informação desse tipo se diferenciam dos demais por serem capazes de monitorar não apenas a ocorrência de determinado evento, mas também a sua localização. Essa última se apresenta como característica inerente aos denominados problemas geográficos e constitui dado fundamental para a busca de suas possíveis soluções.

Câmara *et al.* (1996) afirmam que o uso de SIGs permite a associação de dados obtidos a partir de fontes heterogêneas e sua posterior apresentação de modo compreensível ao usuário final. O grupo formado por esses usuários não se limita a especialistas de um campo exclusivo e engloba indivíduos de diferentes níveis de formação. Os SIGs possuem uma vasta gama de aplicações, que abrangem diversas áreas do conhecimento e diferentes tipos de dados de entrada. São exemplos: agricultura, gestão de recursos hídricos, conservação ambiental, uso do solo, planejamento urbano, transportes, assistência social, demografia, cartografia, dentre outras (CÂMARA *et al.*, 1996; ZEILER, 1999).

Quanto às características de um SIG, Câmara, Davis e Monteiro (2001) indicam as principais:

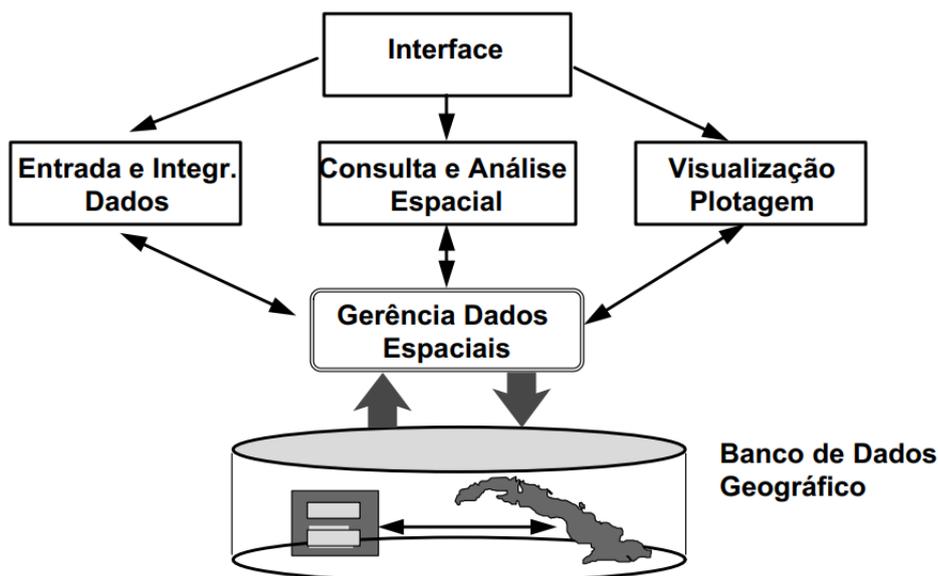
- a) permite inserir e integrar, em uma única base de dados, informações espaciais provenientes de meio físico-biótico, de dados censitários, de cadastros urbano e rural, e outras fontes de dados como imagens de satélite, e GPS;
- b) oferece mecanismos para combinar as várias informações, por meio de

algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar e visualizar o conteúdo da base de dados geográficos.

Os componentes de sua arquitetura, listados a seguir, se relacionam conforme mostrado na Figura 1.

- a) interface do usuário (que define como o sistema será operado e controlado);
- b) mecanismos de entrada e integração de dados espaciais;
- c) funções de processamento (consulta e análise espacial);
- d) mecanismos de visualização e plotagem;
- e) armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos (gerência do banco de dados geográficos).

Figura 1 – Estrutura geral de um sistema de informação geográfica

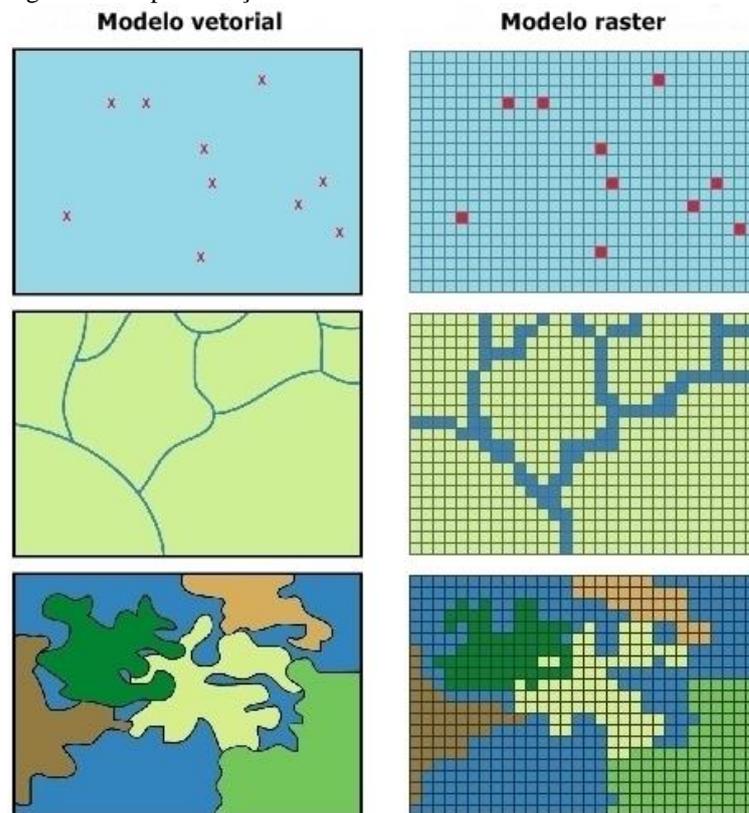


Fonte: Câmara, Davis e Monteiro (2001).

Dois métodos são frequentemente usados para traduzir fenômenos geográficos em formatos que podem ser codificados digitalmente e interpretados por computadores, as chamadas representações em vetor e em *raster*. Vetores apresentam as formas dos objetos espaciais de maneira precisa e compacta como um conjunto ordenado de coordenadas com atributos associados. Essa representação oferece suporte a operações geométricas, como o cálculo de comprimentos e áreas, a identificação de sobreposições e interseções e a localização de outros objetos que estejam adjacentes ou próximos. Dentre as muitas fontes de dados vetoriais, destacam-se as pesquisas de campo e os receptores GPS (Sistema de Posicionamento Global, do inglês *Global Positioning System*). São empregados sobretudo no

estudo de fenômenos de natureza discreta. Em um *raster*, o espaço é dividido em uma matriz de células retangulares, geralmente quadradas. Todas as variações geográficas são então expressas atribuindo propriedades ou atributos a essas células. Dados em *raster* são obtidos, dentre outros meios, especialmente através de imagens de satélite e da aerofotografia, sendo usados mais comumente na análise de fenômenos de natureza contínua (LONGLEY *et al.*, 2005; ZEILER, 1999). A Figura 2 exemplifica o modo como cada modelo interpreta e exibe informações constituídas por pontos, linhas e polígonos.

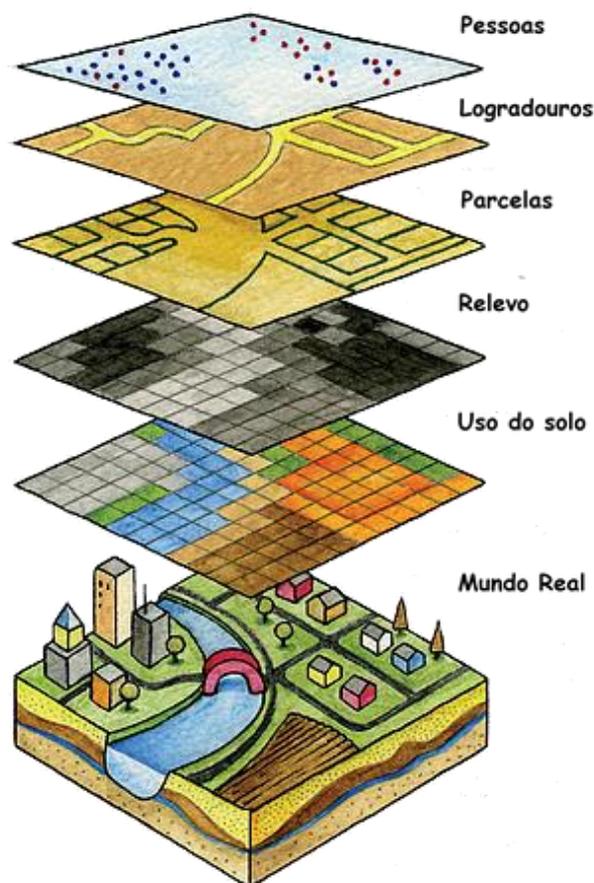
Figura 2 – Representação de dados em vetor e em *raster*



Fonte: Adaptado de Environmental Systems Research Institute (2018).

Segundo Campbell e Shin (2012), nos sistemas de informação geográfica, os objetos geográficos do mundo real são geralmente organizados em camadas. Cada uma representa um item geográfico diferente (como ruas, edifícios, lagos, estradas, por exemplo), sua respectiva localização e seus atributos particulares. A representação mais próxima da realidade ocorre quando se constrói um modelo no qual todas as camadas são sobrepostas umas sobre as outras. Na Figura 3, tem-se um exemplo que simula a estrutura de uma cidade em camadas. Onde, de cima para baixo, representam-se os moradores como pontos, as ruas como linhas, os lotes como polígonos, a topografia e o uso do solo, ambos como matrizes e, por fim, o modelo formado pela sobreposição de todas.

Figura 3 – SIG organizado em camadas



Fonte: Adaptado de Campbell e Shin (2012).

### 2.2.1 Sistema de informação geográfica voluntária

Um sistema de informação geográfica voluntária (SIGV) tem como alicerce a produção e o compartilhamento de dados geográficos através da participação espontânea de indivíduos comuns. Seu surgimento se deu graças ao advento das tecnologias desenvolvidas nos últimos anos como *Web 2.0*, georreferenciamento, GPS, conexão banda larga, redes sem fio, *smartphones*, computação na nuvem e outras. E sua disseminação se apresentou como uma das alternativas capazes de contornar o declínio das ações de mapeamento promovidas por órgãos oficiais ligados a governos nacionais em todo o mundo (GOODCHILD, 2007).

O *crowdsourcing* é um conceito diretamente ligado a esse tipo de sistema de informação, pois consiste em utilizar conhecimentos coletivos para a construção de soluções para os problemas do dia a dia. O termo foi cunhado por Jeff Howe e Mark Robinson em 2006, a partir da fusão das palavras *crowd* (multidão) e *outsourcing* (terceirização), para descrever um novo modelo de negócios baseado na participação coletiva para a resolução de

adversidades (BRABHAM, 2008).

Sui, Goodchild e Elwood (2013) destacam que a recente transformação tecnológica alterou radicalmente o modo como os dados geográficos são coletados, armazenados, analisados, visualizados e utilizados. E citam o papel cada vez mais importante das populações na produção descentralizada desses dados, em contraste ao tradicional processo de imposição de informações “de cima para baixo” por parte das agências governamentais. Como resultado, tem-se um massivo crescimento, em escala diária, da quantidade de dados georreferenciados relacionados aos mais variados temas.

Por outro lado, Goodchild e Li (2012) alertam para o fato de que, apesar do SIGV ter provado ser um meio eficaz para a obtenção de informações geográficas detalhadas a um baixo custo, ainda sofre com algumas deficiências. Como ter uma distribuição de frequência das contribuições com gráfico em formato de cauda longa – poucos indivíduos fazem muitas contribuições e muitos indivíduos fazem poucas – e não oferecer garantias de qualidade. E, para contornar essa última, sugerem a adoção de medidas que auxiliem no controle de qualidade durante as etapas de aquisição e compilação de dados geoespaciais. Que sejam capazes de determinar se um fato reportado é verdadeiro ou falso, bem como de tomar decisões quanto ao questionamento de cada contribuição, sua aceitação ou sua rejeição. Como exemplo, citam três alternativas que podem ser exploradas nessa tarefa:

- a) deixar a própria comunidade de colaboradores livre para verificar e corrigir os possíveis erros individuais cometidos;
- b) criar um sistema de reputação no qual os usuários com melhores avaliações se tornem moderadores e passem a analisar as demais contribuições;
- c) usar conhecimentos geográficos para definir se uma suposta ocorrência é coerente com o que já se sabe sobre a região na qual está inserida, pois o que acontece em um ponto específico deve condizer com o que se passa na vizinhança.

Quanto às motivações que levam indivíduos a contribuírem com a produção de informações geográficas, o estudo de Coleman, Georgiadou e Labonte (2009) condensou as principais, que envolvem: altruísmo, interesse pessoal ou profissional, estímulo intelectual, proteção de um investimento pessoal, recompensa social, melhora da reputação pessoal e orgulho da comunidade local. Já os principais motivos para contribuições com informação falsa são: travessura, conluio, malícia e/ou intenção criminal.

### 2.2.2 Sistema de informação geográfica móvel

De acordo com Solyman (2005) um sistema de informação geográfica móvel (SIG Móvel) pode ser definido como uma estrutura integrada de *software/hardware* para o acesso a dados espaciais através de dispositivos móveis via redes sem fio. Sua arquitetura é similar à das demais aplicações do tipo cliente-servidor, comumente chamada de Arquitetura de Três Camadas por ser constituída por uma camada de apresentação, uma camada de negócios e uma camada de dados. A primeira contém os componentes do lado cliente, responsáveis por enviar requisições ao servidor e apresentar os resultados (mapas e dados). A segunda consiste nos componentes do lado servidor e se apresenta como o coração de qualquer sistema dessa categoria por ter como função o armazenamento de dados. A terceira é responsável pelo gerenciamento dos dados alocados na camada anterior, ambas podem estar localizadas no mesmo servidor ou não.

Para esse autor, existem duas áreas principais de aplicação dos SIG Móveis:

- a) SIG baseado em campo: que se concentra na coleta, validação e atualização de dados SIG (dados espaciais e de atributo);
- b) serviços baseados em localização (SBL): que se concentram em funções de gerenciamento de localização orientadas aos negócios, tais como navegação, determinação de rotas, localização específica ou rastreamento de veículos.

Segundo Longley *et al.* (2005), a forma mais simples e óbvia de se obter a localização de dispositivos móveis é através de um receptor GPS. E os dispositivos mais onipresentes equipados com esta função e, portanto, com capacidade SBL são os *smartphones* atuais. Entretanto, uma das maiores limitações desses aparelhos continua sendo a bateria, cuja tecnologia, apesar do salto vivido nos últimos anos, não avançou tão rapidamente quanto outros componentes, como processadores e dispositivos de armazenamento.

Em um SBL, a conectividade é outro fator essencial apontado pelos referidos autores como causa de problemas tanto quanto a bateria limitada. Em dispositivos móveis, a conexão sem fio tende a sofrer com:

- a) cobertura espacial limitada: os pontos de distribuição de redes banda larga sem fio possuem alcance restrito e a comunicação via satélite ainda é a única com cobertura global, embora seja bastante lenta quando comparada à primeira;
- b) interferências: quando os dispositivos se deslocam pelo ambiente urbano, erros na comunicação causados por barreiras físicas ou problemas técnicos nos pontos de distribuição de rede ainda são comuns;

- c) cobertura temporal limitada: um dispositivo em movimento pode perder a conexão de vez em quando, especialmente nas regiões de fronteira da área de cobertura;
- d) insegurança: comunicações sem fio ainda não possuem segurança adequada para evitar invasões indesejadas e a obtenção de informações confidenciais por parte de um intruso é relativamente fácil.

As Redes Sociais Baseadas em Localização (LBSN, do inglês *Location-Based Social Networks*) são uma amostra de união entre os conceitos de SIGV e SIG Móvel. Traynor e Curran (2013) afirmam que a premissa básica das LBSNs atuais consiste na interação entre cliente e aplicação, através de um dispositivo móvel, para divulgar detalhes acerca de sua localização para uma rede de usuários. Sutko e De Souza e Silva (2011) apontam que cada pessoa que utilize um aplicativo desse tipo tem à sua disposição informações sobre pontos próximos a si, exibidas em um mapa. E citam alguns exemplos de aplicação, como *Foursquare*, *Loopt*, *Latitude* e *CitySense*.

Por fim, alguns pontos ressaltados por Tomko (2003) merecem atenção especial no processo de desenvolvimento de um SIG Móvel:

- a) armazenamento e recuperação de informações em um banco de dados geográficos integrado, que seja capaz de reconstruir a topologia de objetos espaciais e que permita a análise de dados e a extração de conhecimento;
- b) tecnologia de determinação de localização que ofereça precisão, confiabilidade, disponibilidade e cobertura;
- c) acesso e consulta a dados remotos, encriptação de informações e de protocolos de comunicação entre os dispositivos móveis e o sistema.

### **2.3 Banco de dados geográficos**

Um banco de dados é uma ferramenta capaz de armazenar e acessar um conjunto integrado de informações sobre um determinado assunto. Bancos de dados tradicionais armazenam informações em campos e registros (colunas e linhas ou atributos e valores) no formato de tabelas. Os tipos de dados que os campos podem conter variam entre diferentes tipos de bancos de dados, mas, em geral, eles contêm dados numéricos e de texto. A principal característica de um banco de dados é a consulta, que permite recuperar informações que atendam a critérios específicos. Bancos de dados relacionais possibilitam a união de informações de várias tabelas usando uma informação comum presente nas mesmas

(MITCHELL, 2005).

Bancos de dados geográficos são simplesmente bancos de dados que agregam informações geográficas para um fim específico. Todos os grandes SIGs operacionais são construídos com base em um banco de dados geográfico. Esse constitui uma parte crítica daqueles, devido ao custo de criação e manutenção e ao impacto em todas as atividades de análise, modelagem e tomada de decisão. Atualmente, os grandes SIGs armazenam seus dados com o auxílio de um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD), *software* especialista projetado para organizar de maneira eficaz e eficiente o armazenamento, o acesso e a atualização dos dados (LONGLEY *et al.*, 2005).

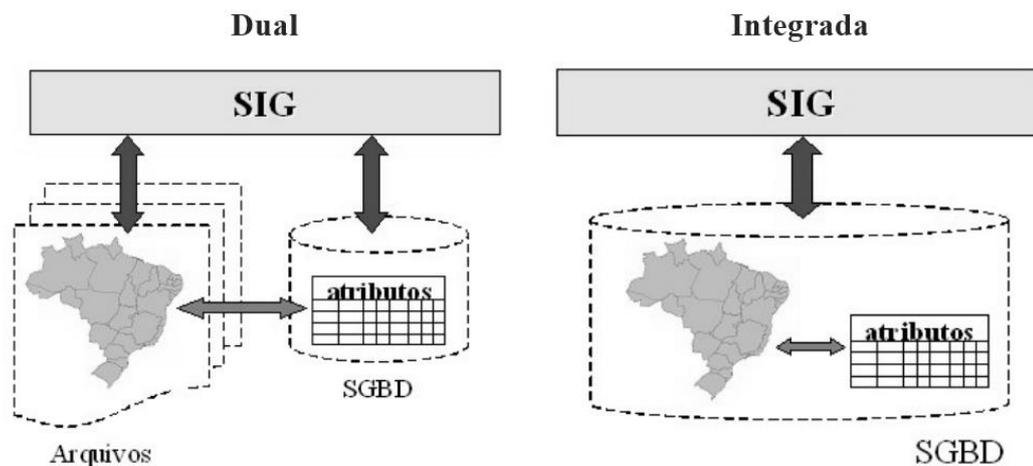
Quando os SGBDs convencionais surgiram, seu foco de aplicação se voltou principalmente para o mundo dos negócios – bancos, gerenciamento de recursos humanos, controle de estoque e inventário, etc. Desta forma, não foram projetados para lidar nativamente com dados complexos – como objetos espaciais, som e vídeo. Portanto se fez necessário o desenvolvimento de extensões capazes de realizar a tarefa de armazenar, gerenciar e consultar objetos geográficos. A extensão *PostGIS* é um exemplo, desenvolvida para o SGBD de código aberto *PostgreSQL* (LONGLEY *et al.*, 2005; MITCHELL, 2005).

De maneira geral, consultas a dados em SIGs podem envolver tanto o estado de um fenômeno quanto a sua distribuição espacial e temporal. As consultas podem se limitar a um fenômeno específico ou a relacionamentos espaço-temporais entre fenômenos geográficos distintos. Dados georreferenciados são comumente caracterizados a partir de três componentes (CÂMARA *et al.*, 1996):

- a) características não-espaciais, descrevendo o fenômeno sendo estudado, tais como o nome e o tipo da variável;
- b) características espaciais, informando a localização espacial do fenômeno, ou seja, seu georreferenciamento, associada a propriedades geométricas e topológicas;
- c) características temporais, identificando o tempo para o qual tais dados são considerados, isto é, quando foram coletados e sua validade.

Segundo Casanova *et al.* (2005), existem basicamente duas formas de integração entre os SIGs e os SGBDs, que são chamadas de arquitetura dual e arquitetura integrada, exibidas na Figura 4.

Figura 4 – Arquiteturas de integração entre SIG e SGBD



Fonte: Adaptado de Casanova *et al.* (2005).

A arquitetura dual armazena as componentes espaciais dos objetos separadamente. A componente convencional, ou alfanumérica, é armazenada em um SGBD relacional e a componente espacial é armazenada em arquivos com formato proprietário. Essa arquitetura apresenta alguns problemas, como: dificuldade no controle e manipulação da componente espacial; dificuldade em manter a integridade entre as componentes espacial e alfanumérica; dificuldade de interoperabilidade e separação entre os processamentos da parte convencional (realizado pelo SGBD) e da parte espacial (realizado pelo aplicativo).

A arquitetura integrada consiste em armazenar todos os dados em um SGBD, ou seja, tanto a componente espacial quanto a alfanumérica. Sua principal vantagem é a utilização dos recursos de um SGBD para controle e manipulação de objetos espaciais, como gerência de transações, controle de integridade, concorrência e linguagens próprias de consulta. Assim, a manutenção de integridade entre a componente espacial e alfanumérica é feita pelo SGBD.

O *PostGIS* para *PostgreSQL* é um exemplo de arquitetura integrada baseada em extensões espaciais, que permite definir tipos de dados espaciais, equipados com operadores específicos (operadores topológicos e métricos) e métodos de acesso específicos para dados espaciais.

### 2.3.1 Modelagem conceitual de dados geográficos

De modo a obter uma forma de representação conveniente, embora simplificada, dos objetos e fenômenos do mundo real (complexos demais para permitir uma representação

completa), que seja adequada às finalidades das aplicações do banco de dados, é necessário construir uma abstração. Um modelo de dados é um conjunto de conceitos que podem ser usados para descrever a estrutura de um banco de dados. Tal estrutura inclui os tipos de dados, os relacionamentos e as restrições que se aplicam aos dados. O modelo busca sistematizar o entendimento que é desenvolvido a respeito de objetos e fenômenos que serão representados em um sistema informatizado.

A abstração de conceitos e entidades existentes no mundo real é uma parte importante da criação de sistemas de informação, já que funciona como uma ferramenta que ajuda a compreender o sistema, dividindo-o em componentes separados. O sucesso de qualquer implementação em computador de um sistema de informação é dependente da qualidade da transposição de entidades do mundo real e suas interações para um banco de dados informatizado.

A modelagem de dados geográficos é uma atividade complexa, pois envolve a discretização do espaço como parte do processo de abstração, visando obter representações adequadas aos fenômenos geográficos. Os modelos E-R (Entidade-Relacionamento), UML (*Unified Modeling Language*, Linguagem de Modelagem Unificada), OMT (*Object-modeling technique*) e IFO, embora apresentem algumas limitações, são os mais tradicionais e largamente utilizados para a modelagem de aplicações geográficas (CASANOVA *et al.*, 2005).

## **2.4 Estado da arte em mapeamento colaborativo de problemas urbanos**

A seguir são apresentados alguns trabalhos desenvolvidos nos últimos anos que tiveram a finalidade de mapear problemas urbanos a partir da contribuição popular voluntária. Buscou-se por iniciativas executadas em diferentes escalas (regional, nacional e global) e com abordagens distintas.

Furtado *et al.* (2010) idealizaram a aplicação *web WikiCrimes* com o intuito de realizar o mapeamento colaborativo de ocorrências criminais. A mesma permite o registro e o acesso de informações sobre crimes em um mapa digitalizado. O objetivo, porém, não é substituir a atuação dos órgãos de segurança e sim complementá-la. De forma a descentralizar o conhecimento relacionado ao tipo e à localização dos casos, além de combater o problema da subnotificação dos mesmos. O sistema possibilita que usuários registrados reportem o tipo de crime sofrido, o horário, o local, o tipo de arma utilizada pelo criminoso e se houve ou não registro da ocorrência junto às autoridades policiais. A arquitetura baseia-se em Sistemas

Multiagente (SMA) – nos quais agentes humanos e/ou artificiais interagem na busca por objetivos comuns ou individuais – e foi dividida em três camadas: uma camada de visualização, responsável pela interação do usuário com o sistema; uma camada de serviços, contendo toda a parte lógica referente às funcionalidades do sistema e uma camada de integração e acesso aos dados. O projeto iniciou em 2008 na cidade de Fortaleza-CE, alcançando cerca de 3.000 cadastros de usuários (a maioria locais) e mais de 100.000 visitas de 156 países. Mais da metade dos crimes registrados localizaram-se na própria cidade, os autores atribuem o sucesso da plataforma à intensa campanha de divulgação realizada e à articulação com diferentes setores da sociedade.

Bugs *et al.* (2010) analisaram o impacto do uso de ferramentas SIG e *Web 2.0* que propiciam a participação popular em ações de planejamento urbano. Desenvolveram o protótipo de um sistema (baseado em programas de código aberto) capaz de permitir aos seus usuários uma comunicação fácil e dinâmica acerca de problemas encontrados em locais de interesse na cidade de Canela-RS. Em seu estudo, abordaram diferentes temas relacionados às diversas esferas do planejamento, tais como equipamentos comunitários, habitação, economia e turismo, infraestrutura e serviços. A interface *web* da aplicação possibilita que o usuário selecione e explore informações, obtidas junto a órgãos governamentais, sobre os pontos cadastrados em um mapa, bem como enviem suas próprias opiniões, sugestões, dúvidas e reclamações. Todos os dados, tanto os preexistentes como os recebidos voluntariamente, são georreferenciados e alimentam um banco de dados relacional. Para avaliar o desempenho da ferramenta, realizaram um teste com 22 voluntários. Os resultados apontaram que os participantes consideraram a experiência positiva e a aplicação simples de manusear, útil para a comunicação e passível de servir como suporte para ações de planejamento urbano participativo.

Davis Jr., Vellozo e Pinheiro (2013) propuseram uma estrutura para aplicações (móveis e *web*) baseadas em sistemas de informação geográfica voluntária, cujos componentes foram organizados em três camadas: apresentação, atividades e dados. A primeira contém os módulos responsáveis pela coleta dos dados em si; a segunda concentra os serviços que realizam a comunicação entre as camadas de dados e de apresentação; a terceira contém o banco de dados geográfico responsável pelo armazenamento das informações coletadas. Para validar a proposta, criaram o aplicativo *Streptitus*, com o objetivo de possibilitar aos usuários cadastrados a obtenção de uma estimativa do nível de ruído em sua área de localização. Bem como permitir o compartilhamento e o acesso ao mapeamento destas informações. Cada contribuição pode ser editada para incluir texto, imagem, áudio ou vídeo,

de maneira a detalhar o caso. A aplicação foi desenvolvida para *web* e para dispositivos móveis com sistemas operacionais *iOS* e *Android*. Para a configuração do banco de dados, usou-se o sistema gerenciador *PostgreSQL* em conjunto com sua extensão espacial *PostGIS*. Após sua publicação, a plataforma registrou contribuições do mundo inteiro, embora em pequeno número. O que, para os autores, deve-se ao fato da não realização de campanha publicitária.

Hirata *et al.* (2013) apresentaram um projeto que visa coletar informações referentes a pontos de alagamento na cidade de São Paulo. O sistema colaborativo é alimentado por dados fornecidos por pessoas comuns via aplicativo para celular ou página *web*. Os resultados são exibidos de forma dinâmica em um mapa disponível para consulta. A aplicação foi implementada através da plataforma *Crowdmap* (livre e de código aberto), que possibilita a criação e a personalização de páginas e a hospedagem de mapas e bancos de dados sem a necessidade de instalação de um servidor. A interação do usuário com o sistema pode ocorrer com a notificação de locais alagados, com a consulta a esses pontos e com o recebimento de alertas. A divulgação do protótipo se deu em mídias digitais e os autores verificaram que, apesar do interesse da população pela ferramenta, houve dificuldade em motivar contribuições. O que atribuem ao fato de alagamentos serem eventos dinâmicos que predominam em apenas uma época do ano e, apesar de fazerem parte do cotidiano, acontecem em um intervalo de tempo curto dentro de um dia.

Brovelli, Minghini e Zamboni (2015) desenvolveram um protótipo com arquitetura baseada em programas livres e de código aberto com a finalidade de reunir relatos sobre danos presentes no pavimento de estradas. Os usuários indicam a localização do problema e têm a opção de registrar uma imagem do mesmo, além de classificar os danos reportados por categoria e grau de severidade. Para gerenciar os dados coletados a partir dos dispositivos móveis (com sistema operacional *Android*) dos colaboradores, utilizou-se o conjunto de módulos do *Open Data Kit* (ODK). As informações alimentam um banco de dados, cujo sistema gerenciador é o *PostgreSQL* e que, graças à sua extensão espacial *PostGIS*, permite que os pontos indicados sejam disponibilizados em um mapa interativo que pode ser acessado em computadores e dispositivos móveis. Com o objetivo de testar o protótipo, os autores selecionaram uma amostra de 20 pessoas residentes na região de Lombardia, na Itália, com diferentes perfis em termos de idade, gênero e conhecimento. Eles receberam treinamento quanto ao uso do aplicativo e a classificação dos danos no pavimento. Cerca de 100 casos foram notificados pelos usuários escolhidos, numa área com tamanho aproximado de 1000 km<sup>2</sup>. A avaliação do sistema foi positiva no geral e problemas de

*hardware* ou *software* não foram reportados.

Camargos, Holanda e Araújo (2015) propuseram uma arquitetura para coleta de opiniões fornecidas por usuários voluntários acerca do atendimento em serviços públicos. Composta de um aplicativo para dispositivos móveis – responsável pela comunicação entre os cidadãos cadastrados e o sistema – e de uma interface *web* – por meio da qual os gestores dos serviços públicos têm acesso às avaliações. As informações acerca dos estabelecimentos a serem analisados, assim como os relatos coletados, são armazenadas em um banco de dados central comum às duas interfaces, gerenciado com o uso do *PostgreSQL* e de sua extensão espacial *PostGIS*. A interface do usuário apresenta um mapa (que utiliza o *OpenStreetMaps*) com todos os serviços públicos disponíveis para avaliação. Esse mapa, com a adição das notas médias de cada serviço, pode ser visualizado pelos gestores na interface *web*. Com o intuito de validar a proposta, os autores realizaram um pequeno estudo de caso: desenvolveram o aplicativo *ConsultaOpinio*, para o sistema operacional *Android*, no qual cadastraram dois hospitais e duas escolas da cidade de Brasília, além de um questionário com sete perguntas (diferentes para cada tipo de estabelecimento), cujas notas mínima e máxima possíveis eram um e cinco, respectivamente. Na interface do gestor, os estabelecimentos aparecem com um ícone vermelho caso a nota média seja inferior a três e com um ícone verde em caso contrário.

Outras aplicações podem ser citadas, como a rede social *Colab*. Desenvolvida em versão *web* e em aplicativo para *smartphones* (disponível para as plataformas *Android* e *iOS*), possibilita que o usuário comunique e se integre a respeito dos problemas de sua cidade, criando uma rede de engajamento em nível local. Alçado em três pilares fundamentais: fiscalização, proposta e avaliação; o sistema permite a interação crítica do cidadão em diferentes níveis. É possível se conectar a outros usuários, avaliar positivamente as postagens, comentar e retransmitir via *Facebook* e *Twitter*. Um recurso de *gamificação* é utilizado, na medida em que o usuário interage na plataforma (através de postagens, comentários), são feitas pontuações. A rede foi iniciada no ano de 2013 na cidade do Recife, logo foi introduzida em São Paulo e atualmente está presente em diversas cidades brasileiras. Em algumas delas existe uma parceria com a prefeitura – a primeira a adotar a prática foi Curitiba, em 2014 –, com o objetivo de utilizar a base de dados para auxiliar na resolução dos problemas registrados no aplicativo (COLAB, 2018; SILVA e POLICARPO, 2014).

O *Waze* é uma ferramenta de navegação por GPS baseada no compartilhamento de informações relativas ao trânsito de uma cidade, enviadas em tempo real, a partir de sua comunidade de usuários. Oferece um serviço de determinação de rotas, com alertas sobre congestionamentos, acidentes e bloqueios. Também é possível, para o cliente, atualizar dados

sobre o sentido do tráfego das vias, pontos de referência, numeração de residências e estabelecimentos, etc. O aplicativo possui alcance global e em alguns grandes centros urbanos, como Rio de Janeiro, Nova York e Barcelona, é utilizado como suporte pelos setores de inteligência do poder público municipal (ESTADÃO, 2015; WAZE, 2018).

Em Fortaleza, serviços disponibilizados pela Prefeitura Municipal, como o *Bicicletar*, o *Meu Ônibus* e o *Vamo*, surgiram de iniciativas para tentar melhorar a mobilidade urbana. Todos possuem aplicativos gratuitos e compatíveis com celulares *Android* e *iOS*. O *Bicicletar* é um sistema de bicicletas públicas que visa oferecer uma opção de transporte sustentável e não poluente. O mesmo é composto por estações inteligentes – conectadas a uma central de operações via rede sem fio – alimentadas por energia solar, distribuídas em pontos estratégicos da cidade, onde os clientes cadastrados podem retirar uma bicicleta, utilizá-la em seus trajetos e devolvê-la na mesma, ou em outra estação. As bicicletas permanecem disponíveis todos os dias da semana, de 5h as 23h59. A devolução pode ser realizada em qualquer horário do dia. Para usar o sistema compartilhado, é preciso realizar cadastro via internet e adquirir um passe. O usuário pode optar pelo pagamento de anuidade, mensalidade ou diária, sem qualquer custo adicional, desde que respeitadas as regras do serviço. Também é oferecida gratuidade para aqueles que possuem bilhete único ou carteira de estudante do município (PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA, 2018b).

O *Meu Ônibus* permite ao usuário saber o tempo previsto para a chegada do coletivo ao ponto de parada. O aplicativo foi pensado para facilitar o deslocamento do usuário, fazendo com que ele consiga saber em quanto tempo o veículo chega à parada, além de visualizar, em tempo real, o percurso do ônibus e encontrar as paradas mais próximas que possam lhe servir. O *Vamo* oferece uma rede de compartilhamento de carros elétricos, com estações espalhadas em diversos pontos da cidade, nas quais os veículos podem ser retirados. Todo o processo de solicitação e empréstimo é realizado através da aplicação, mediante o pagamento de tarifas que variam de acordo com o tempo de uso (PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA, 2018a, 2018d).

Outra iniciativa da Prefeitura Municipal de Fortaleza resultou na oferta do aplicativo *Central 156*, disponível para *Android* e *iOS*. O objetivo é estimular a colaboração da população para realizar denúncias sobre casos de descarte irregular de lixo em locais inapropriados e para solicitar manutenção de iluminação pública. Existe também a possibilidade de interação, sendo possível o envio de foto da irregularidade a ser denunciada (PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA, 2018c).

A Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece) disponibilizou um aplicativo

para dispositivos móveis para possibilitar a comunicação direta entre o cliente e a empresa. O *Cagece App* permite a comunicação em tempo real, de forma leve e de fácil utilização, com acesso a recursos nativos do *smartphone* ou *tablet* (câmera, GPS, banco de dados local). O cliente pode cadastrar ocorrências – falta d’água, vazamento na rede de abastecimento de água, vazamento na rede de coleta de esgoto –, avaliar o atendimento, acessar informações sobre lojas de atendimento, além de dicas, perguntas frequentes e últimas notícias da Cagece (DIÁRIO DO NORDESTE, 2015; PORTAL CAGECE, 2018).

O Governo do Estado do Ceará, através da Secretaria da Segurança Pública e Defesa Social (SSPDS), lançou o aplicativo *190 Ceará* (para *Android* e *iOS*), que oferece o registro virtual de queixas criminais consideradas mais recorrentes no serviço prestado via telefone – lesão à bala, à faca e a outros; roubo à pessoa, a veículo, a estabelecimento comercial e à residência; disparo de arma de fogo e incêndio à residência, à vegetação e em prédio comercial. O objetivo é ampliar a acessibilidade aos serviços de segurança. Ao utilizar pela primeira vez a ferramenta, o usuário deverá realizar um cadastro para, então, poder enviar ocorrências (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2017).

O Quadro 1 apresenta uma síntese das informações citadas até aqui acerca de trabalhos relevantes sobre o mapeamento colaborativo de problemas urbanos realizados nos últimos anos no Brasil e no mundo.

Quadro 1 – Estado da arte em mapeamento colaborativo de problemas urbanos: Resumo

Ano	Autor(es)	Mapeamento
2010	Furtado <i>et al.</i>	Ocorrências criminais.
2010	Bugs <i>et al.</i>	Planejamento urbano participativo.
2013	Davis Jr., Vellozo e Pinheiro	Poluição sonora.
2013	Hirata <i>et al.</i>	Pontos de alagamento.
2015	Brovelli, Minghini e Zamboni	Danos no pavimento de estradas.
2015	Camargos, Holanda e Araújo	Avaliação de serviços públicos.
2017	Governo do Estado do Ceará	Queixas criminais.
2018	Colab	Problemas urbanos diversos.
2018a	Prefeitura Municipal de Fortaleza	Transporte coletivo.
2018b	Prefeitura Municipal de Fortaleza	Bicicletas compartilhadas.
2018c	Prefeitura Municipal de Fortaleza	Descarte irregular de lixo/ Falta de iluminação pública.
2018d	Prefeitura Municipal de Fortaleza	Carros elétricos compartilhados.
2018	Portal Cagece	Falta d’água/ Vazamentos nas redes de abastecimento de água e de coleta de esgoto.
2018	Waze	Navegação/ Determinação de rotas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante do exposto, percebe-se a existência de interesse, tanto acadêmico quanto governamental, no tema abordado neste estudo. Pode-se notar, em certa medida, uma correspondência entre esta pesquisa e algumas das anteriores aqui mencionadas, quanto às suas finalidades e à abrangência espacial contemplada. No entanto, a falta de transparência observada em alguns casos, no que diz respeito ao tratamento e divulgação dos dados, reafirma a importância da presente investigação.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Materiais

Os materiais utilizados para a construção deste projeto consistem em equipamentos e programas computacionais empregados no desenvolvimento do banco de dados e do aplicativo para dispositivos móveis. Além dos dados primários coletados a partir da contribuição voluntária dos usuários da ferramenta, após sua implementação.

O banco de dados central foi hospedado em um servidor pertencente ao Departamento de Engenharia de Transportes (DET) do Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal do Ceará (UFC), munido com o sistema operacional *Ubuntu Server* e com o SGBD *PostgreSQL*, em conjunto com sua extensão *PostGIS*.

Realizou-se toda a programação, desenvolvimento de algoritmos, do aplicativo para o sistema *Android* no Laboratório de Geomática Aplicada (LAG), vinculado ao DET, que possui computadores modelo *Lenovo ThinkCentre M92p* (com sistema operacional *Windows 7* de arquitetura 32 bits, processador *Intel Core i5 3470*, RAM 8,00 GB). O aplicativo para a plataforma *iOS* foi implementado em um notebook *Apple MacBook Pro* (com sistema operacional *macOS 10.14* de arquitetura 64 bits, processador *Intel Core i3 6006*, RAM 8,00 GB). Utilizou-se, no desenvolvimento para *Android*, os programas *Android Studio*, *Java Development Kit*, e a *API (Application Programming Interface, Interface de Programação de Aplicação)* do *Google Maps*; e, no desenvolvimento para *iOS*, o *software Xcode* e os *frameworks UIKit, MapKit, Core Data, MediaLibrary, AVFoundation* e *PGSQLKit*. Para o controle de versões do código-fonte da aplicação, fez-se uso dos programas *Git* e *Sourcetree*.

#### 3.1.1 *Ubuntu Server*

O *Ubuntu Server* é um sistema operacional livre e de código aberto, baseado no *kernel* (núcleo) *Linux*, voltado para servidores e desenvolvido pela *Canonical*. Tem sido amplamente utilizado em diferentes tipos de redes de computadores e redes de comunicação de dados em geral, por oferecer um vasto leque de ferramentas especializadas para esse campo, além de ser seguro e estável. Nesta pesquisa, utilizou-se a versão 18.04 LTS (*Long Term Support, Suporte de Longo Prazo*) e toda a comunicação com o servidor ocorreu através do protocolo SSH (*Secure Shell*) (UBUNTU, 2018).

### **3.1.2 PostgreSQL**

O *PostgreSQL* é um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) livre e de código aberto desenvolvido pelo *PostgreSQL Global Development Group* (Grupo de Desenvolvimento Global do *PostgreSQL*), entidade composta e patrocinada por diversos indivíduos e empresas. Possui avançados recursos de administração de informações e uma boa reputação em quesitos como integridade e confiabilidade. Embora não possua suporte nativo para o armazenamento de dados geográficos, assim como outros importantes utilitários do gênero, permite a adição de um complemento que lhe conceda essa capacidade. Fez-se uso de sua versão 10.3 para gerenciar as informações primárias adquiridas através da participação dos voluntários no projeto (POSTGRESQL, 2018).

### **3.1.3 PostGIS**

O *PosGIS* é um *software* gratuito e de código aberto criado para funcionar como uma extensão capaz de fornecer ao SGBD *PostgreSQL* a possibilidade de trabalhar com objetos espaciais. Já que esta pesquisa tem como um de seus fundamentos a análise de dados dessa natureza, sua versão 2.5 foi utilizada. O *PosGIS* consegue se comunicar com a grande maioria dos programas da categoria dos sistemas de informação geográfica e com os principais servidores de mapas para serviços *web* (POSTGIS, 2018).

### **3.1.4 Android Studio**

O *Android Studio* é o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE, do inglês *integrated development environment*) oficial para a criação de aplicativos para o sistema operacional *Android*, pertencente à *Google*. Sua utilização torna possível desde a definição da interface do programa até a simulação de seu funcionamento, passando por todo o detalhamento das funções a serem executadas em decorrência da interação do usuário com o sistema. Usou-se a versão 3.1.2 do *software* (ANDROID DEVELOPERS, 2018).

### **3.1.5 Java Development Kit**

O *Java Development Kit (JDK)*, mantido pela *Oracle*, é uma coleção de ferramentas que permite a programação de aplicativos em linguagem *Java*. Como essa é a

linguagem mais utilizada atualmente no desenvolvimento para *Android*, foi escolhida para o presente projeto. O *JDK 8* aqui utilizado possui, dentre outros componentes, um compilador e uma biblioteca de classes que fornece serviços e objetos necessários ao desenvolvimento de aplicações (ORACLE, 2018).

### **3.1.6 Google Maps API**

A *Google Maps API* permite a adição de mapas em aplicações desenvolvidas para *web* e dispositivos móveis, bem como a modificação dos mesmos de acordo com as necessidades do projeto. É possível exibir o mapa de uma área específica para o usuário, reagir de maneira instantânea a gestos e permitir a inclusão de marcadores (ícones ancorados em posições determinadas), polígonos e sobreposições (GOOGLE DEVELOPERS, 2018).

### **3.1.7 Git**

O *Git* é um sistema de controle de versões livre e de código aberto, capaz de registrar o histórico de edições de arquivos de qualquer tipo. É especialmente utilizado em desenvolvimento de *software*, para o gerenciamento do código-fonte, pois permite a contribuição simultânea de diversas pessoas na criação e edição de arquivos sem o risco de suas alterações serem sobrescritas. Utilizou-se a versão 2.18.0 e, dentre as muitas interfaces gráficas disponíveis, optou-se pela *Sourcetree* versão 2.6.10 (GIT, 2018; SOURCETREE, 2018).

### **3.1.8 Xcode**

O *Xcode* é o IDE oficial para a criação de aplicativos para os sistemas operacionais pertencentes à *Apple*, entre eles o *iOS* (cujo desenvolvimento de aplicativos é baseado nas linguagens de programação *Objective-C* e *Swift*). Possui, dentre outras, ferramentas para compilação e depuração do código, para a construção da interface e para simulação do funcionamento da aplicação. O *Xcode* tem, ainda, um conjunto de extras para desenvolvimento, chamados de *SDK* (*Software Development Kit*, *Kit* de Desenvolvimento de *Software*), fornecidos pela *Apple*. Fez-se uso da versão 10.0 do *software* (APPLE DEVELOPER, 2018).

### 3.1.9 Frameworks Apple

O desenvolvimento de aplicações *iOS* é baseado na utilização de *frameworks* construídos pela *Apple*. Que são conjuntos modulares e reutilizáveis de código, usados como blocos de construção de *software*. Os *frameworks* fornecem uma biblioteca de rotinas que podem ser acionadas por um aplicativo para executar uma tarefa específica. Neste projeto, empregaram-se os seguintes:

- a) *UIKit* – fornece toda a infraestrutura necessária à interface da aplicação e gerencia a interação entre o usuário e o sistema (APPLE DEVELOPER DOCUMENTATION, 2018e);
- b) *MapKit* – possibilita a exibição e a manipulação de mapas na interface gráfica (APPLE DEVELOPER DOCUMENTATION, 2018c);
- c) *Core Data* – permite manipular e gerenciar dados (APPLE DEVELOPER DOCUMENTATION, 2018b);
- d) *MediaLibrary* – oferece acesso a arquivos de mídia (imagem, áudio e vídeo) presentes na memória dos dispositivos (APPLE DEVELOPER DOCUMENTATION, 2018d);
- e) *AVFoundation* – oferece acesso às câmeras dos dispositivos (APPLE DEVELOPER DOCUMENTATION, 2018a).

Além dos *frameworks* nativos acima, empregou-se também o *PGSQLKit*, produzido por terceiros (*Druware Software Designs*), para auxiliar na comunicação entre o aplicativo e o banco de dados (DRUWARE SOFTWARE DESIGNS, 2018).

## 3.2 Método

Os tópicos a seguir descrevem cada uma das etapas da metodologia aplicada para a elaboração deste trabalho. A Figura 5 apresenta um resumo do fluxo das atividades desenvolvidas.

Figura 5 – Fluxograma de atividades do método proposto



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.2.1 Definição dos problemas a serem investigados

Esta etapa consistiu na seleção dos problemas relacionados à infraestrutura urbana a serem explorados no estudo e cujas ocorrências, indicadas de maneira voluntária pelos usuários da aplicação, alimentarão o banco de dados. Após a realização da pesquisa bibliográfica, decidiu-se pela análise daqueles considerados mais relevantes, a saber: falta de iluminação, acúmulo de lixo, defeitos no pavimento de vias e falta ou dano no sistema de saneamento básico.

### 3.2.2 Desenvolvimento do aplicativo para dispositivos móveis

Nesta etapa realizou-se toda a programação do código-fonte do aplicativo para os sistemas operacionais *Android* e *iOS*, escolhidos por estarem presentes na maioria dos smartphones atuais, bem como pela disponibilidade de ampla documentação e material online para auxiliar no desenvolvimento. Os pontos a seguir foram considerados com especial

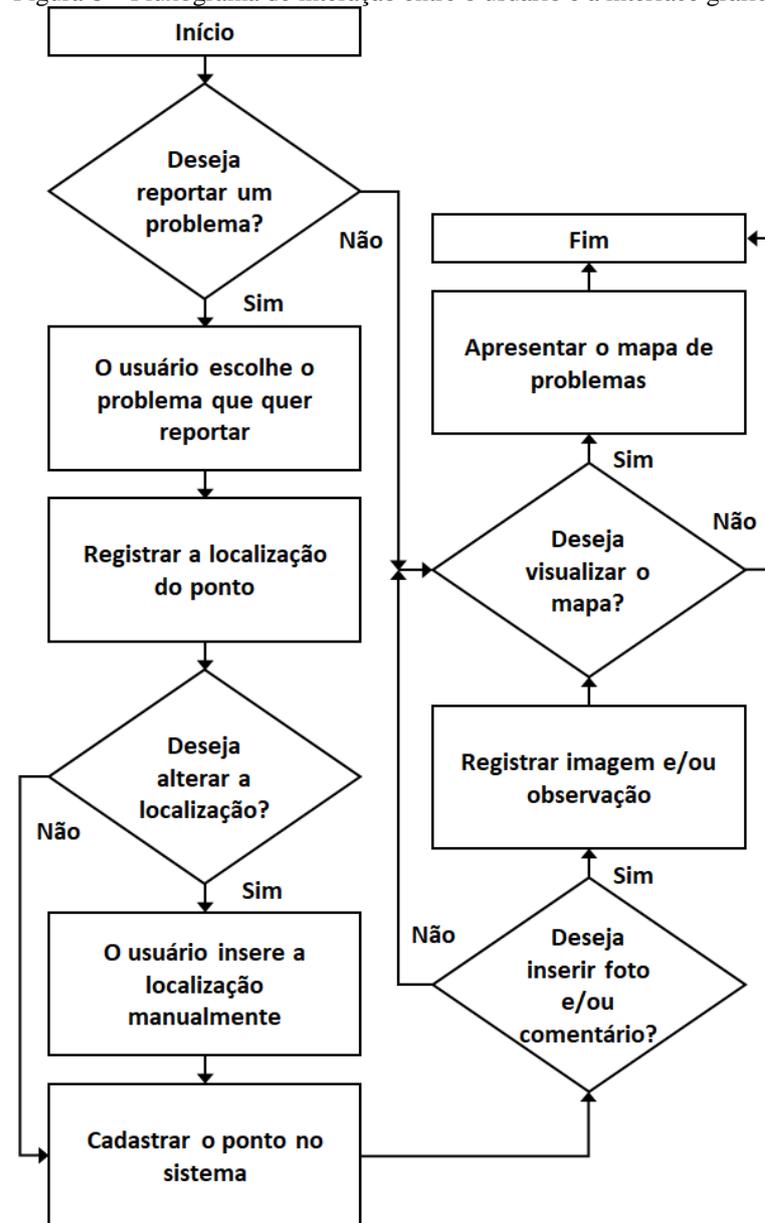
relevância durante a elaboração da aplicação e constituíram-se como requerimentos necessários ao bom funcionamento da mesma (ULAGANATHAN, 2016):

- a) facilidade de instalação e de operação, provimento de opções de entrada de dados pré-configuradas para a escolha do usuário;
- b) garantia de privacidade e de fluidez ao se realizar contribuições para a plataforma;
- c) sistema projetado para ser independente e ter intervenção mínima;
- d) atualização em tempo real e visualização de informações geográficas publicadas;
- e) simplicidade do design com recursos para mostrar mapas, buscar a localização dos usuários e atualizar informações para o servidor.

A aplicação foi escrita de maneira que, após sua instalação no *smartphone* do usuário, um identificador único seja gerado e armazenado no dispositivo, com o objetivo de distinguir cada um dos clientes do serviço. Nenhuma informação pessoal é coletada durante esse processo. Ao executar o aplicativo, o usuário é apresentado à interface gráfica e pode, então, efetuar o envio de contribuições ou visualizar um mapa que contém os dados arquivados no servidor.

A interface gráfica da aplicação foi elaborada para oferecer praticidade e permitir manuseio descomplicado. Através dela, o usuário poderá contribuir com novas informações para o banco de dados e/ou visualizar as informações já armazenadas no mesmo. Partiu-se do princípio que, ao executar o aplicativo, o cliente se depare com opções de entrada pré-estabelecidas dos problemas urbanos definidos no item 3.2.1. Assim, precisará apenas escolher entre uma lista de itens representados por ícones – caracterizados por ilustrações que fazem alusão a cada um dos problemas – e breve descrição textual. Após selecionar uma das alternativas de entrada, facultativamente poderá alterar manualmente a localização da ocorrência, adicionar um pequeno relato acerca do evento e enviar uma imagem que ajude a explicitar a situação. A Figura 6 mostra um fluxograma com a proposta de etapas de interação entre o usuário e o sistema para que uma ocorrência seja cadastrada e/ou para que o mapa de problemas seja visualizado.

Figura 6 – Fluxograma de interação entre o usuário e a interface gráfica



Fonte: Elaborada pelo autor.

No *Android*, o desenvolvimento da interface baseou-se na utilização da classe *activity* e de seus métodos, fundamentada no paradigma de programação do sistema operacional e define cada uma das possíveis interações do usuário com o aplicativo. Além de classes e métodos *Java*, responsáveis pelas ações realizadas pela aplicação, como capturar uma foto utilizando a câmera do dispositivo, por exemplo. No *iOS*, foram usados *storyboards* para definir as relações e as transições entre as diferentes cenas de composição da interface, pelas quais o usuário irá transitar. O uso de *activities* configura o padrão de desenvolvimento no software *Android Studio*, sendo o ponto de partida para o detalhamento das demais partes do código e o mesmo ocorre com os *storyboards* no *Xcode*.

Para permitir que o usuário visualize os dados georreferenciados veiculados no sistema, o aplicativo realiza uma consulta ao servidor e apresenta as informações ali armazenadas em um mapa. A implementação dessa funcionalidade foi assegurada pela inclusão do mapa da região da cidade de Fortaleza, fornecido por serviços *web*. A *Google Maps API* foi utilizada para essa tarefa no desenvolvimento *Android*, enquanto o *framework MapKit* foi usado no *iOS*.

O *Android Studio* possibilita a inserção da *API* de maneira simplificada, bastando ao desenvolvedor apenas criar uma *activity* para o *Google Maps*. Em seguida, é preciso gerar uma chave de acesso ao serviço para mantê-lo ativo na aplicação. No *Xcode*, também de forma intuitiva, cria-se uma nova cena para a interface e pode-se adicionar uma janela para o mapa (*Apple Maps*) com o uso do *MapKit*.

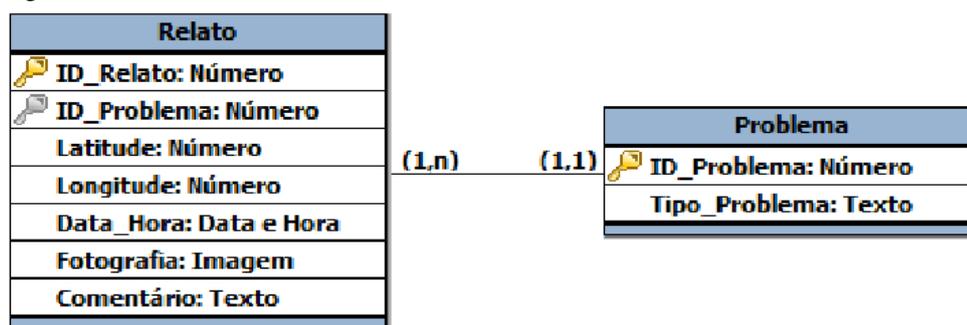
### **3.2.3 Modelagem e configuração do banco de dados**

A camada de dados, composta pelo servidor e pelo SGBD, é responsável por guardar, manter a integridade e proporcionar o acesso às informações obtidas a partir da contribuição colaborativa da comunidade, através do aplicativo móvel.

Cada entrada enviada por meio da interface gráfica possui atrelada a si detalhes obrigatórios – identificador único, tipo de problema, data e hora da ocorrência, localização (latitude e longitude) do dispositivo móvel, obtida através de GPS – e opcionais – comentário, fotografia. Com base nessas particularidades, desenvolveu-se o modelo conceitual do banco de dados, apresentado como um diagrama entidade-relacionamento na Figura 7. O mesmo é composto por duas tabelas: Problema e Relato. A primeira apenas armazena a lista de problemas definidos no item 3.2.1 e auxilia a segunda. Essa última é de fato a responsável por preservar os dados vinculados a cada ocorrência reportada.

A conectividade entre as duas entidades, mostrada na Figura 7, exhibe um relacionamento um-para-muitos no lado Relato, pois a entidade Problema está associada a (“está contida em”) muitos Relatos. No lado Problema, as conectividades mínima e máxima são ambas um, ou seja, cada Relato contém exatamente um Problema.

Figura 7 – Modelo conceitual do banco de dados central



Fonte: Elaborada pelo autor.

Quando o aplicativo fizer uma requisição de armazenamento para o servidor, para o envio de dados informados pelo usuário voluntário, o método de emissão do protocolo TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) – costumeiramente utilizado pelo SGBD *PostgreSQL* – será acionado. Como uma parte integrante dos dados possui características geoespaciais, funções próprias da extensão *PostGIS* também serão usadas. A encriptação da conexão de rede cliente-servidor será garantida pelo uso do protocolo SSH, assegurando a privacidade das informações.

As solicitações realizadas pelo usuário, relativas à visualização de dados no aplicativo, serão respondidas pela função *SELECT*, responsável pelas consultas no *PostgreSQL* (novamente tendo como alicerce o protocolo TCP/IP via SSH), que fará uma busca das ocorrências registradas na tabela *Relato*, apresentada na Figura 7. O sistema gerenciador tem a capacidade de proceder a análise espacial dos eventos – caracterizados nesse estudo por se configurarem como processos pontuais –, como a seleção por atributos, que fica a cargo de funções específicas do *PostGIS* que trabalhem com objetos do tipo *geography*.

### 3.2.4 Comunicação entre o aplicativo e o banco de dados

Com a finalidade de responder as requisições da interface móvel, é preciso realizar, no banco de dados central, uma busca das informações solicitadas, para que possam ser entregues de maneira satisfatória ao usuário. Também é fundamental garantir que os dados enviados pelos usuários sejam armazenados e atualizados em tempo real no banco de dados. Para tanto, efetuou-se a comunicação entre o aplicativo e o banco de dados através do protocolo TCP/IP – sem a utilização de *web services* –, método comumente utilizado pelo *PostgreSQL* em servidores Linux. Na aplicação *Android*, foram implementadas classes *Java*

no código para cumprir essa tarefa. No *iOS*, fez-se uso do framework *PGSQLKit* para permitir a conexão.

### ***3.2.5 Publicação e divulgação da ferramenta***

Nesta etapa realiza-se a publicação da aplicação finalizada para os dois sistemas operacionais, em suas respectivas lojas de aplicativos (*Play Store* e *App Store*). Em seguida prossegue-se com a sua divulgação, praticada opcional e inicialmente em eventos realizados no ambiente acadêmico, em mídias eletrônicas de comunicação, em redes sociais e outros meios de exposição.

### ***3.2.6 Análise dos resultados***

Esta última etapa compreende a discussão sobre a implementação do sistema descrito ao longo das seções do presente capítulo. Que busca examinar a funcionalidade prática dos componentes idealizados para a estrutura da aplicação, ou seja, as interfaces de envio e visualização de informações e o banco de dados.

## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Considerações iniciais

A proposta principal desta investigação foi o desenvolvimento de uma aplicação, baseada em *crowdsourcing*, com a finalidade de mapear os problemas relacionados à infraestrutura urbana presentes em cidades densamente povoadas como Fortaleza. Nesse sentido, um sistema com arquitetura cliente-servidor, composto por um aplicativo para dispositivos móveis (denominado *Colabora!*) e um banco de dados central, foi modelado e implementado a partir da revisão de literatura pertinente.

A elaboração da pesquisa se deu no âmbito de um projeto de extensão vinculado à Pró-Reitoria de Extensão da UFC. Por se tratar de uma atividade com prazo determinado, algumas funcionalidades inicialmente planejadas para a aplicação não foram efetivamente implantadas ainda, ficando como sugestão para etapas futuras, numa eventual continuação do projeto em 2019.

### 4.2 Aplicativo para dispositivos móveis

O sistema implementado possui uma arquitetura em camadas, na qual o aplicativo para *smartphones* compõe a camada de apresentação, sendo responsável por toda a interação com o usuário final e por enviar requisições de entrada e saída de dados ao servidor. A interface gráfica foi implementada para os sistemas operacionais *Android* e *iOS*, escolhidos por juntos exercerem domínio sobre o mercado de dispositivos móveis.

O nome do aplicativo foi definido a partir de uma enquete virtual realizada com a comunidade de estudantes da UFC, através de um formulário produzido com o uso do *Google Forms* e divulgado na rede social *Facebook*. Sua logomarca foi concebida de modo a remeter aos ideais de participação ativa, colaboração e voluntariado, com cores e matizes que fazem alusão à cidade que possui o maior aglomerado urbano do Estado do Ceará, também conhecido como a Terra do Sol.

#### 4.2.1 Entrada de dados

Através da interface de entrada de dados da aplicação, diversos pontos amostrais podem ser coletados e enviados para o servidor. No *Android*, sua implantação baseou-se nos

passos de interação com o usuário propostos no fluxograma da Figura 6 (pág. 42). Ao executar o aplicativo, o cliente é apresentado a uma tela inicial que lhe permite indicar o tipo de problema que quer relatar. A opção de enviar informações adicionais sobre a ocorrência, embora já esteja presente e possa ser acessada pelo item “mais opções” do *menu* de contexto, ainda não está realmente disponível porque o banco de dados não foi configurado para receber essas informações.

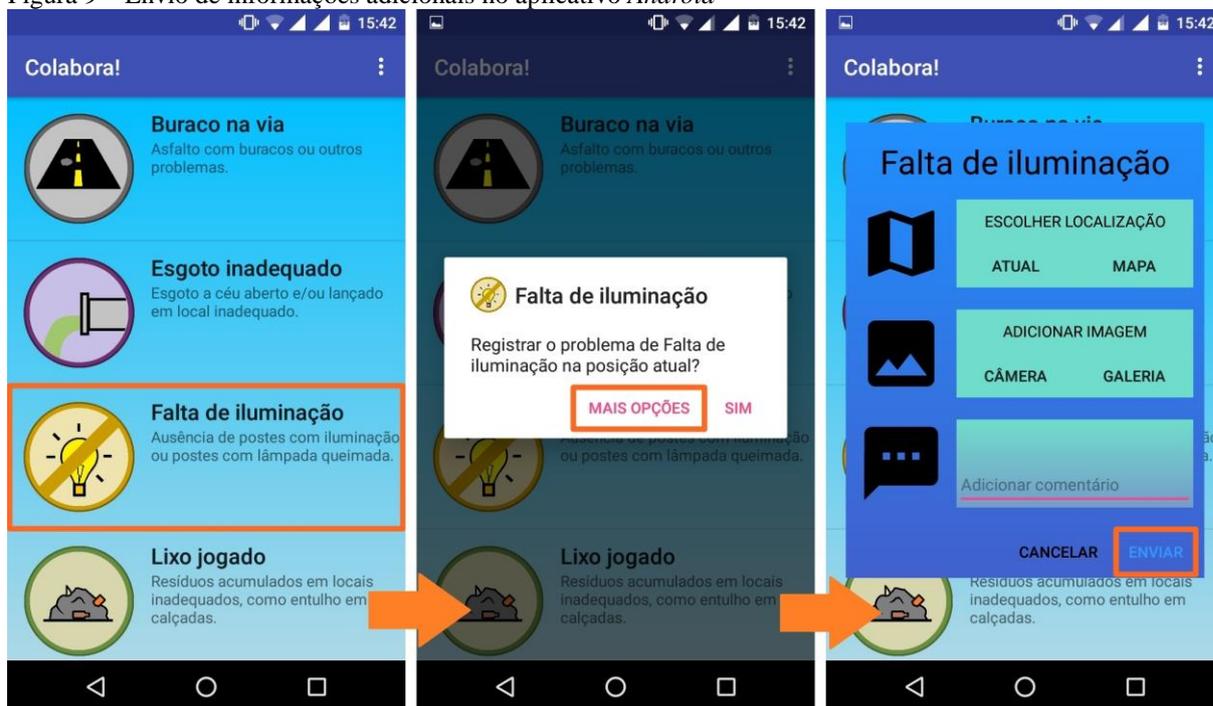
A Figura 8 exemplifica como um usuário pode enviar um relato. À esquerda da figura tem-se a tela inicial do aplicativo, que apresenta uma lista com as quatro opções de entrada – Buraco na via, Esgoto inadequado, Falta de iluminação e Lixo jogado –, simbolizadas por um ícone próprio (ilustração que faz alusão ao problema) e uma breve descrição textual. Ao clicar sobre uma opção, surge na tela uma janela *pop-up* que pergunta se o cliente deseja registrar a ocorrência na localização atual. Em caso positivo, a informação é imediatamente enviada para ser armazenada no servidor.

Figura 8 – Entrada de dados no aplicativo *Android*



Fonte: Elaborada pelo autor.

Caso o usuário queira alterar manualmente a localização do evento, deve proceder conforme mostrado a seguir na Figura 9. Como já dito, embora existam as alternativas para a inserção de uma imagem ou de um comentário, as mesmas ainda não estão funcionais.

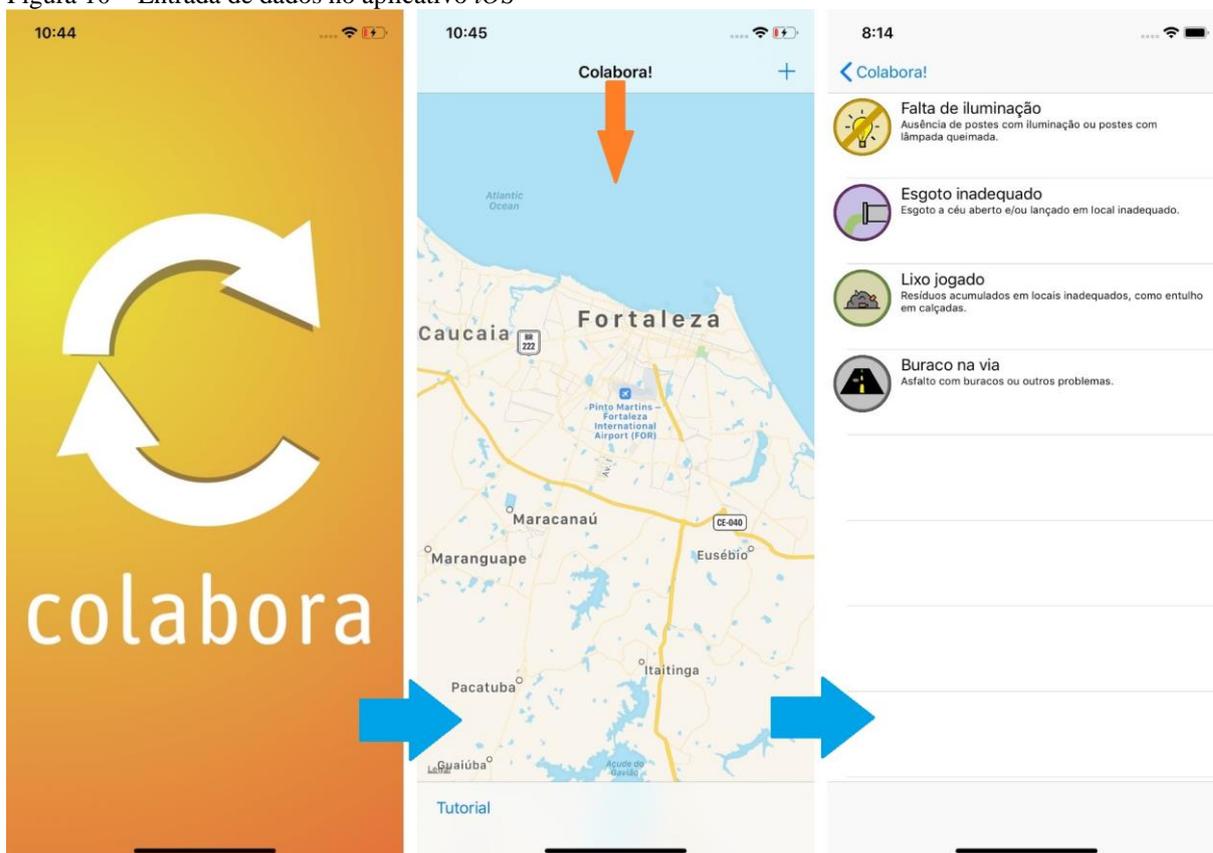
Figura 9 – Envio de informações adicionais no aplicativo *Android*

Fonte: Elaborada pelo autor.

A estratégia de oferecer opções de registro de ocorrência com aparência simples e intuitiva também foi utilizada em outras aplicações anteriormente implantadas, como aquelas desenvolvidas por Portal Cagece (2018) e Brovelli, Minghini e Zamboni (2015). Aqui, no entanto, as opções de entrada são mostradas na janela inicial, sendo o cartão de visitas da interface, de forma a agilizar a interação com o cliente.

No *iOS*, a proposta de interação com o usuário mostrada na Figura 6 (pág. 42) não foi completamente adotada. Durante a inicialização, o aplicativo exibe o seu logotipo e a janela inicial já apresenta o mapa de ocorrências. Quando o cliente clica no topo da interface e realiza o movimento de deslizar para baixo, as alternativas disponíveis para envio de dados se tornam visíveis e a seleção de uma delas pode ser feita. Aqui, a tela que exibe a opção de acrescentar informações adicionais sobre a ocorrência não foi implantada. A Figura 10 apresenta o procedimento de envio de um relato a partir desse sistema operacional.

Figura 10 – Entrada de dados no aplicativo iOS



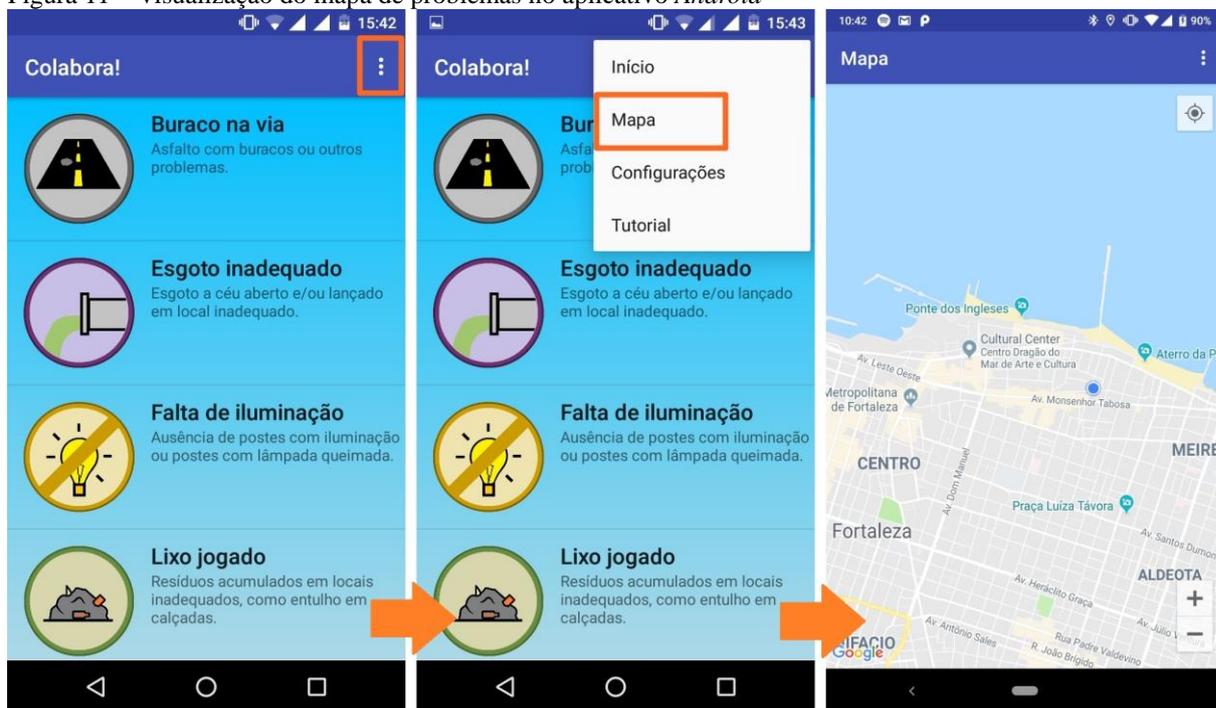
Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 4.2.2 Visualização de dados

As informações coletadas podem ser acessadas a partir da interface de visualização da aplicação. No *Android*, ao abri-la a partir da tela inicial, o usuário tem a sua disposição um mapa que expõe de maneira dinâmica os dados georreferenciados presentes no servidor. Cada ocorrência é representada por um ícone em formato de seta, caracterizado pela ilustração particular de cada um dos problemas que podem ser comunicados.

Embora seja possível utilizar outros serviços de fornecimento de mapas, o suporte ao *Google Maps* no *Android Studio* é nativo e facilitado. Bastando a criação de uma chave de acesso para adicionar e garantir a manutenção da funcionalidade. A Figura 11 exhibe como acessar o mapa de problemas disponível no aplicativo.

Figura 11 – Visualização do mapa de problemas no aplicativo *Android*



Fonte: Elaborada pelo autor.

No *iOS*, os componentes visuais da interface de visualização são análogos, porém o caminho para chegar no mapa é diferente e mais curto, já que o mesmo está disponível na janela inicial (Figura 10, pág. 49).

A divulgação das informações armazenadas no servidor, com atualizações em tempo real, tem como uma de suas finalidades a garantia de transparência à comunidade de usuários. Busca-se, dessa forma, demonstrar a inexistência de intervenção externa na compilação e exibição dos dados coletados.

Conforme observado em algumas iniciativas implementadas por órgãos governamentais, os dados de entrada são de conhecimento apenas dos desenvolvedores e não são disponibilizados ao público em geral. Verificou-se essa situação nos aplicativos *Central 156*, *Cagece App* e *190 Ceará* – oferecidos, respectivamente, pela Prefeitura Municipal de Fortaleza, pela Cagece e pelo Governo do Estado do Ceará.

Em contraste, os trabalhos realizados pelos autores Furtado *et al.* (2010), Bugs *et al.* (2010) e Hirata *et al.* (2013), por exemplo, que tiveram escopos semelhantes às aplicações acima, permitiram ao grupo formado pelos seus clientes total acesso à base de dados construída.

Assim, a interface de visualização foi criada de modo a assegurar a total isenção da ferramenta aqui apresentada e evitar qualquer tipo de obscurantismo em relação às

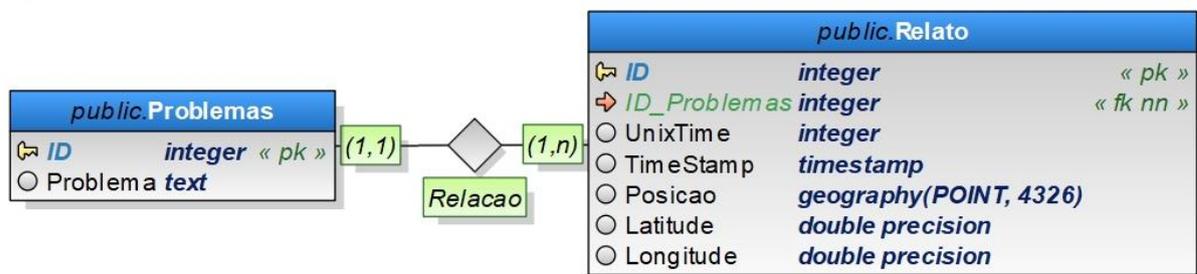
ocorrências reportadas.

### 4.3 Banco de dados central

Considerando a arquitetura em camadas do sistema, os dois componentes do lado servidor, banco de dados e sistema gerenciador, equivalem respectivamente às camadas de negócio e de dados. Para armazenar todas as informações adquiridas por meio do aplicativo, resultantes de contribuição voluntária, o modelo conceitual apresentado na Figura 7 (pág. 44) foi parcialmente implementado, com o *PostgreSQL*, sendo ele o responsável por manter a consistência do banco de dados.

As duas entidades propostas no modelo foram criadas: Problema, a fim de se preservar as quatro opções de entrada oferecidas e associar um código identificador a cada uma delas; e Relato, para acumular os dados relativos a cada ocorrência recebida, guardando, além de um código próprio, o horário, a latitude e a longitude. Quando o aplicativo solicita dados ao servidor, a busca é realizada na entidade Relato. O modelo relacional efetivamente utilizado pode ser visto na Figura 12.

Figura 12 – Modelo relacional do banco de dados implantado



Fonte: Elaborada pelo autor.

Neste protótipo, o banco de dados não foi configurado para possuir a capacidade de arquivar imagens e comentários enviados pelos usuários, pois se optou por dar prioridade a uma maior simplicidade em sua programação e em sua manutenção e, ainda assim, oferecer um sistema funcional.

Para administrar o banco de dados, instalado em um servidor *Ubuntu Linux*, a utilização do sistema gerenciador *PostgreSQL* em conjunto com sua extensão espacial *PostGIS* seguiu a estratégia amplamente recomendada e empregada para lidar com objetos que possuem componentes geográficos, conforme verificado em trabalhos relacionados.

#### **4.4 Considerações finais**

A aplicação da metodologia descrita no Capítulo 3 permitiu o desenvolvimento de um sistema simples e funcional capaz de agregar informações de origem voluntária acerca de problemas urbanos da cidade de Fortaleza, especificamente aqueles ligados à infraestrutura. Sua elaboração baseou-se em programas, em sua maioria, livres e de código aberto ou, quando proprietários, de utilização gratuita, conforme observado na revisão de literatura.

Destaca-se que, embora as etapas do método proposto não tenham sido executadas em sua totalidade, o sistema, em seu atual estado de desenvolvimento, já possibilita de maneira satisfatória a coleta, o armazenamento, o acesso e a visualização de dados geoespaciais pertinentes e atualizados relacionados às deficiências existentes na infraestrutura urbana de Fortaleza.

Assim que a ferramenta tenha a sua divulgação iniciada e passe a ser efetivamente utilizada, essas informações ficarão disponíveis de forma livre ao público em geral e poderão, inclusive, ser consultadas e usadas como suporte pelos órgãos públicos responsáveis pela busca de soluções para os problemas aqui analisados.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho propõe a elaboração de uma ferramenta baseada em *crowdsourcing* com a intenção de mapear de maneira colaborativa os problemas presentes na infraestrutura urbana de Fortaleza. Para tanto, criou-se e aplicou-se uma metodologia para o desenvolvimento de um sistema de informação geográfica voluntária capaz de coletar, guardar e exibir dados georreferenciados.

Seguindo a metodologia apresentada, um aplicativo para dispositivos móveis embarcados com os sistemas operacionais *Android* e *iOS* foi implementado, objetivando a obtenção e a visualização dos dados. Para isso, levou-se em consideração alguns aspectos julgados importantes, como facilidade de acesso, simplicidade de uso, privacidade e precisão. Esses parâmetros serviram de alicerce para a definição de recursos específicos da aplicação.

Para armazenar as informações obtidas, um banco de dados foi modelado e implementado, visando garantir segurança e confiabilidade. O mesmo está preparado para receber dados relativos à data e hora de cada ocorrência registrada, bem como à sua localização (latitude e longitude). No entanto, tendo em vista o oferecimento de um sistema funcional no prazo estabelecido de trabalho, optou-se pela não implantação da capacidade de arquivar imagens e comentários enviados pelos usuários.

O período determinado para o desenvolvimento foi também um fator limitante para a divulgação da ferramenta ao público em geral, alvo principal desta pesquisa. Ocasionalmente a não realização desta etapa da metodologia.

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que os objetivos do trabalho não foram inteiramente alcançados. Embora o sistema esteja perfeitamente funcional, nem todas as etapas do método proposto foram cumpridas em sua totalidade. Atualmente, é possível saber se os problemas existem e quais são as suas localizações, porém não se têm maiores detalhes sobre cada caso. Recomenda-se a inserção das funcionalidades que propiciam o envio de informações adicionais sobre a ocorrência reportada, de modo a aumentar o conhecimento associado à mesma. Além da efetiva divulgação e incentivo ao uso da ferramenta.

A produção e o compartilhamento de dados geográficos através da participação espontânea de indivíduos comuns é uma temática que vem sendo cada vez mais estudada. A utilização desse recurso na investigação de transtornos enfrentados pelas populações urbanas já se tornou amplamente difundida entre os variados estudos de diferentes áreas de enfoque, de maneira que o método empregado nesse estudo condiz com o que vem sendo feito no

Brasil e no mundo.

Diante da necessidade de se realizar trabalhos que venham a complementar este ou ainda melhorar e expandir a área de estudo da contribuição colaborativa como forma de coleta de dados geoespaciais relacionados a problemas na infraestrutura urbana, sugere-se, para pesquisas futuras:

- a) que a interface de entrada ofereça um maior grau de detalhamento para cada problema no ato do envio do relato. Como por exemplo, apresentar um *menu* de opções com diferentes níveis de gravidade (baixa, média, alta). Assim, além de saber onde os problemas estão, pode-se estimar onde eles causam maior ou menor impacto;
- b) o oferecimento de um maior número de problemas nas opções de entrada;
- c) a implantação de um sistema de avaliação e controle de qualidade das contribuições, como por exemplo, uma das três alternativas propostas por Goodchild e Li (2012) citadas no item 2.2.1;
- d) a criação de um método para verificar junto ao usuário, depois de um período de tempo pré-determinado, se o problema por ele reportado ainda existe ou se foi solucionado. Como um sistema de mensagens de texto dentro do aplicativo, por exemplo;
- e) a introdução de um método para a verificação de múltiplos registros de uma mesma ocorrência. De forma a incrementar o seu número de notificações e exibi-lo no mapa de problemas, evitando a adição de novos pontos e a consequente poluição da interface de visualização;
- f) a inserção de um sistema de cadastro de usuários no aplicativo, de modo a facilitar a análise da distribuição das contribuições.

## REFERÊNCIAS

- ANDROID DEVELOPERS. **Download Android Studio and SDK tools**. 2018. Disponível em: <<https://developer.android.com/studio/>>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- APPLE DEVELOPER DOCUMENTATION. **AVFoundation**. 2018a. Disponível em: <<https://developer.apple.com/documentation/avfoundation>>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- \_\_\_\_\_. **Core Data**. 2018b. Disponível em: <<https://developer.apple.com/documentation/coredata>>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- \_\_\_\_\_. **MapKit**. 2018c. Disponível em: <<https://developer.apple.com/documentation/mapkit>>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- \_\_\_\_\_. **MediaLibrary**. 2018d. Disponível em: <<https://developer.apple.com/documentation/medialibrary>>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- \_\_\_\_\_. **UIKit**. 2018e. Disponível em: <<https://developer.apple.com/documentation/uikit>>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- APPLE DEVELOPER. **Xcode**. 2018. Disponível em: <<https://developer.apple.com/xcode/>>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- BRABHAM, D. C. Crowdsourcing as a model for problem solving: An introduction and cases. **Convergence**, v. 14, n. 1, p. 75-90, 2008.
- \_\_\_\_\_. Crowdsourcing the public participation process for planning projects. **Planning Theory**, v. 8, n. 3, p. 242-262, 2009.
- BRAZIL, L. *et al.* Sustainable cities: paths taken in Brazil. **The Sustainable City VIII (2 Volume Set): Urban Regeneration and Sustainability**, v. 179, p. 1189, 2013.
- BROVELLI, M. A.; MINGHINI, M.; ZAMBONI, G. Public Participation GIS: a FOSS architecture enabling field-data collection. **International Journal of Digital Earth**, v. 8, n. 5, p. 345-363, 2015.
- BUGS, G. *et al.* An assessment of Public Participation GIS and Web 2.0 technologies in urban planning practice in Canela, Brazil. **Cities**, v. 27, n. 3, p. 172-181, 2010.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.
- CÂMARA, G. *et al.* **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. Rio de Janeiro: INPE, 1996.
- CAMARGOS, B.; HOLANDA, M.; ARAÚJO, A. A mobile public participation geographic information system architecture for collecting opinions about public services. *In:*

**Information Systems and Technologies (CISTI)**, 2015 10th Iberian Conference on. IEEE, 2015. p. 1-6.

CAMPBELL, J. E.; SHIN, M. **Geographic Information System Basics**. Los Angeles: Creative Commons, 2012.

CARRERA, F.; FERREIRA, J. The future of spatial data infrastructures: Capacity building for the emergence of municipal SDIs. **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 2, p. 49-68, 2007.

CASANOVA, M. A. *et al.* (Org.). **Banco de dados geográficos**. Curitiba: MundoGEO, 2005.

COLAB. **A rede social para a cidadania**. 2018. Disponível em: <<https://www.colab.re/>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

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, n. 1, p. 332-358, 2009.

DAVIS JR., C. A.; VELLOZO, H. S.; PINHEIRO, M. B. A Framework for Web and Mobile Volunteered Geographic Information Applications. *In: Proceedings of XIV Brazilian Symposium on GeoInformatics*. 2013. p. 147-157.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Cagece lança aplicativo que permite cliente relatar problemas e conferir contas**. 23 fev. 2015. Disponível em: <<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/metro/online/cagece-lanca-aplicativo-que-permite-cliente-relatar-problemas-e-conferir-contas-1.1227683>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

DRUWARE SOFTWARE DESIGNS. **PGSQLKit**. 2018. Disponível em: <<http://www.druware.com/pgsqlkit/>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **How features are represented in a raster**. 2018. Disponível em: <<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/raster-and-images/how-features-are-represented-in-a-raster.htm>>. Acesso em: 01 set. 2018.

ESTADÃO. **Startups de tecnologia ajudam prefeituras a inovar**. 11 jan. 2015. Disponível em: <<https://link.estadao.com.br/noticias/geral,startups-de-tecnologia-ajudam-prefeituras-a-inovar,10000029842>>. Acesso em: 08 dez. 2018.

FURTADO, V. *et al.* Collective intelligence in law enforcement–The WikiCrimes system. **Information Sciences**, v. 180, n. 1, p. 4-17, 2010.

GIT. **Git**. 2018. Disponível em: <<https://git-scm.com/>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

GOODCHILD, M. F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. **GeoJournal**, v. 69, n. 4, p. 211-221, 2007.

GOODCHILD, M. F.; LI, L. Assuring the quality of volunteered geographic information. **Spatial Statistics**, v. 1, p. 110-120, 2012.

GOOGLE DEVELOPERS. **Maps SDK for Android**. 2018. Disponível em: <<https://developers.google.com/maps/documentation/android-sdk/intro>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. **Aplicativo de celular ajudará polícia a identificar crimes no Ceará**. 28 set. 2017. Disponível em: <<https://www.ceara.gov.br/2017/09/28/aplicativo-de-celular-ajudara-policia-identificar-crimes-no-ceara/>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

GROSTEIN, M. D. MetrÓpole e expansÓo urbana: a persistência de processos “insustentáveis”. **São Paulo em perspectiva**, v. 15, n. 1, p. 13-19, 2001.

HAKLAY, M. Citizen science and volunteered geographic information: Overview and typology of participation. *In: Crowdsourcing geographic knowledge*. Springer, Dordrecht, 2013. p. 105-122.

HIRATA, E. *et al.* Mapeamento dinâmico e colaborativo de alagamentos na cidade de São Paulo. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 19, n. 4, p. 602-623, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

\_\_\_\_\_. **Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

LONGLEY, P. *et al.* **Geographic information systems and science**. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2005.

MAY, R. *et al.* UN Habitat Indicators Database: evaluation as a source of the status of urban development problems and programs. **Cities**, v. 17, n. 3, p. 237-244, 2000.

MENEZES, A. S. B.; MEDEIROS, C. N. (Org.). **Perfil Socioeconômico de Fortaleza**. 2. ed. Fortaleza: IPECE, 2012.

MIRANDA, T. S. *et al.* Volunteered geographic information in the context of local spatial data infrastructures. *In: Urban data management symposium (UDMS)*. 2011. p. 123-138.

MITCHELL, T. **Web mapping illustrated: using open source GIS toolkits**. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc., 2005.

OLIVEIRA, D. A. M. Discurso e planejamento urbano no Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1-15, 2011.

ORACLE. **Java SE Development Kit 8 Downloads**. 2018. Disponível em: <<https://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jdk8-downloads-2133151.html>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

PORTAL BRASIL. **Em 2030, 90% da população brasileira viverá em cidades**. Portal Brasil, 17 out. 2016. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/cidadania-e-justica/2016/10/em-2030-90-da-populacao-brasileira-vivera-em-cidades>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

PORTAL CAGECE. **Cagece Mobile**. 2018. Disponível em: <<https://www.cagece.com.br/canais-de-atendimento/cagece-mobile/>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

POSTGIS. **PostGIS - Spatial and Geographic objects for PostgreSQL**. 2018. Disponível em: <<https://postgis.net/>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

POSTGRESQL. **PostgreSQL** : The world's most advanced open source relational database. 2018. Disponível em: <<https://www.postgresql.org/>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. **App Meu Ônibus Fortaleza**. 2018a. Disponível em: <<https://catalogodeservicos.fortaleza.ce.gov.br/categoria/mobilidade/servico/126>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. **Bicicletar - Bicicletas compartilhadas de Fortaleza**. 2018b. Disponível em: <<http://www.bicicletar.com.br/>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. **Central 156**. 2018c. Disponível em: <<https://catalogodeservicos.fortaleza.ce.gov.br/categoria/fiscalizacao/servico/120>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. **Vamo - Veículos Alternativos para Mobilidade**. 2018d. Disponível em: <<http://www.vamofortaleza.com/>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro**. Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2013.

\_\_\_\_\_. **Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras**. Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2014.

\_\_\_\_\_. **Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras: Baixada Santista, Campinas, Maceió e Vale do Paraíba**. Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2015.

\_\_\_\_\_. **Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras: Florianópolis, Sorocaba, Rida Grande Teresina, Rida Petrolina-Juazeiro**. Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2017.

SILVA, A. C.; POLICARPO, C. Rede social, colaboração e mobilidade: o caso do aplicativo urbano *Colab* no Brasil. **RUA**, v. 20, n. 2, p. 18-31, 2014.

SOLYMAN, A. A. Investigating Mobile GIS. **Directions Magazine**, nov. 2005. Disponível em: <<https://www.directionsmag.com/article/3098>>. Acesso em: 27 mai. 2018.

SOURCETREE. **Free Git GUI for Mac and Windows**. 2018. Disponível em: <<https://www.sourcetreeapp.com/>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

SOUZA, M. L. **ABC do desenvolvimento urbano**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

SOUZA, M. L. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e gestão urbanos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

SUI, D.; GOODCHILD, M.; ELWOOD, S. Volunteered geographic information, the exaflood, and the growing digital divide. *In: Crowdsourcing geographic knowledge*. Springer, Dordrecht, 2013. p. 1-12.

SUTKO, D. M.; DE SOUZA E SILVA, A. Location-aware mobile media and urban sociability. *New Media & Society*, v. 13, n. 5, p. 807-823, 2011.

TOMKO, M. **Spatial databases for mobile GIS applications**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Slovak University of Technology, Bratislava, 2003.

TRAYNOR, D.; CURRAN, K. Location-based social networks. *In: Mobile services industries, technologies, and applications in the global economy*. IGI Global, 2013. p. 243-253.

UBUNTU. **Ubuntu Server - for scale out workloads**. 2018. Disponível em: <<https://www.ubuntu.com/server>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

ULAGANATHAN, M. N. **Building a volunteered geographic information system (VGIS): A mobile application for disaster management**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – California State University, Long Beach, 2016.

VILLAÇA, F. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. *In: DEÁK, C.; SCHIFFER, S. R. O processo de urbanização no Brasil*. São Paulo: Edusp. 1999. p. 169-244.

WATSON, V. Seeing from the South: Refocusing urban planning on the globe's central urban issues. *Urban Studies*, v. 46, n. 11, p. 2259-2275, 2009.

WAZE. **Informações de trânsito e App de navegação por GPS**. 2018. Disponível em: <<https://www.waze.com/pt-BR>>. Acesso em: 08 dez. 2018.

ZEILER, M. **Modeling our world: the ESRI guide to geodatabase design**. Redlands: ESRI, Inc., 1999.