

**VITOR EDUARDO CONCESSO DIAS**

**USO DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA VOLUNTÁRIA PARA O  
ENRIQUECIMENTO DO PROCESSO DE COLETA SELETIVA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Jugurta Lisboa Filho

**VIÇOSA - MINAS GERAIS**

**2019**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

D541u  
2019  
Dias, Vitor Eduardo Concesso, 1988-  
    Uso de informação geográfica voluntária para o  
    enriquecimento do processo de coleta seletiva / Vitor Eduardo  
    Concesso Dias. – Viçosa, MG, 2019.  
    64f.

Inclui apêndice.

Orientador: Jugurta Lisboa Filho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Informática, 2019.

Inclui bibliografia.

1. Sistemas de informação geográfica. 2. Coleta seletiva de  
lixo. 3. Resíduos sólidos. 4. Levantamento de rotas. I. Lisboa  
Filho, Jugurta, 1950-. II. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Informática. Programa de Pós-Graduação em  
Ciência da Computação. III. Título.

CDD 22 ed. 005.43

VITOR EDUARDO CONCESSO DIAS

**USO DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA VOLUNTÁRIA PARA O  
ENRIQUECIMENTO DO PROCESSO DE COLETA SELETIVA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 18 de dezembro de 2019.

Assentimento:



---

Vitor Eduardo Concesso Dias  
Autor



---

Jugurta Lisboa Filho  
Orientador

***À minha família, orientador, amigos,  
colegas de trabalho e à música...***

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à minha família que é a responsável por quem sou e onde estou hoje, meu pai José Longino Dias, minha mãe Helena Concesso Dias e minha irmã Viviane Concesso Dias.

Aos meus amigos que sempre estavam de prontidão para me ajudar nas horas que precisei.

Aos meus amigos de música, que nas horas de distração nos reunimos para fazer um som e esquecer dos problemas do dia a dia.

A Universidade Federal de Viçosa que me fez conhecer grandes pessoas e por ter me dado grande parte do conhecimento que possuo hoje.

Aos meus professores desde o primário até hoje, principalmente ao meu orientador Jugurta Lisboa Filho que me guiou no caminho da área acadêmica, até então desconhecido por mim.

Aos colegas que a UFV me deu, de graduação e da pós-graduação, principalmente à Layane Loti e ao Vinícius Sperandio pelas parcerias, e ao Moises Pereira e ao Rafael Oliveira pelo apoio.

Aos meus companheiros de trabalho na Prodabel pela força, compreensão e apoio.

Às agências de pesquisa e financiamento Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por todo suporte financeiro para a realização do mestrado com dedicação exclusiva.

## LISTA DE FIGURAS ARTIGO I

Figura 1. Painel administrativo da Plataforma ClickOnMap. ....	20
Figura 2. Código JavaScript para requisição de rota à GDA. ....	24
Figura 3. Adaptações feitas no esquema de banco de dados para o armazenamento de rotas. ....	25
Figura 4. Tela de colaboração. ....	26
Figura 5. Adaptação feita no esquema do banco de dados para a inserção de múltiplas categorias e subcategorias. ....	27
Figura 6. Tela inicial da aplicação Coleta Seletiva Viçosa com duas rotas. ....	30

## LISTA DE FIGURAS ARTIGO II

Figura 1. Ciclo da logística reversa. ....	39
Figura 2. Painel administrativo da Plataforma ClickOnMap. ....	40
Figura 3. Adaptações feitas no esquema de banco de dados da plataforma ClickOnMap para o armazenamento de rotas. ....	41
Figura 4. Fluxograma do MCR <sup>2</sup> VGI. ....	42
Figura 5. Janela de colaboração. ....	45
Figura 6. Mapa com a colaborações do experimento simulado. ....	47
Figura 7. Rota de coleta dos pontos selecionados. ....	48
Figura 8. Erros de inserção de dados. ....	49
Figura 9. Imagem gerada no QGIS para análise do resultado. ....	50
Figura 10. Rotas de logística reversa distintas pelo tipo de material. ....	52
Figura 11. Rota ostensiva de coleta. ....	53

## LISTA DE TABELAS ARTIGO II

Tabela 1 - Tabela de Classificação de resíduos sólidos. ....	43
Tabela 2 - Dados da Rota Gerada. ....	50
Tabela 3 - Quantidades Parciais. ....	50

## LISTA DE GRÁFICOS ARTIGO II

Gráfico 1 – Gráfico das respostas da questão 1 do questionário. ....	45
Gráfico 2 – Gráfico de representação das colaborações ao longo do período.....	46

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACAMARE	Associação dos Trabalhadores da Usina de Triagem e Reciclagem de Viçosa
ACAT	Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis
API	<i>Application Programming Interface</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CISTI	<i>Conferencia Ibérica de Sistemas Y Tecnologías de Información</i>
FAPEMIG	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
GDA	<i>Google Directions API</i>
GMA	<i>Google Maps API</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamento Global)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LEV	Locais de Entrega Voluntária
MCR <sup>2</sup> VGI	Método de Coleta de Resíduos Recicláveis usando VGI
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OSRM	<i>Open Source Routing Machine</i>
PEV	Postos de Entrega Voluntária
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SIG	Sistema de Informação Geográfica
UFV	Universidade Federal de Viçosa
VGI	<i>Volunteered Geographic Information</i> (Informação Geográfica Voluntária)

## RESUMO

DIAS, Vitor Eduardo Concesso, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2019. **Uso de informação geográfica voluntária para o enriquecimento do processo de coleta seletiva.** Orientador: Jugurta Lisboa Filho.

O crescimento populacional que vem decorrendo nos centros urbanos, e consequentemente o aumento na produção de resíduos, trouxeram grandes desafios à administração municipal. Devido a isso, em 2010 foi instituída no Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que definiu diretrizes e ferramentas de execução (como a coleta seletiva e a logística reversa), a fim de colaborar na gestão dos resíduos sólidos. Com a facilidade do acesso a dispositivos equipados com mecanismos de geolocalização e o apoio da Web 2.0, surgiu o termo Informação Geográfica Voluntária (VGI-*Volunteered Geographic Information*) para caracterizar dados geoespaciais que são fornecidos voluntariamente por usuários comuns. Assim, o principal objetivo deste trabalho é enriquecer o processo de coleta seletiva de resíduos por meio de um método que tenha como fonte de dados as contribuições fornecidas voluntariamente pelo cidadão (VGI), auxiliando a tomada de decisão do processo e incentivando a participação da população. Como resultado dessa pesquisa, foi proposto o Método de Coleta de Resíduos Recicláveis usando VGI (MCR<sup>2</sup>VGI). Na intenção de testar a execução e mostrar a eficiência do MCR<sup>2</sup>VGI, foram aplicados estudos de casos e um experimento simulado na cidade de Piranga-MG, em que a população forneceu dados a fim de deixá-lo o mais real possível. No MCR<sup>2</sup>VGI são geradas rotas de coleta seletiva a partir de VGI fornecida pelo cidadão, buscando otimizar o percurso e reduzir os custos do processo. A plataforma de aplicações VGI ClickOnMap foi adaptada para possibilitar a coleta de dados dos usuários e gerar rotas de coleta seletiva.

Palavras-Chave: Informação Geográfica Voluntária. Coleta Seletiva. Resíduos Sólidos. Geração de Rotas. Cidades Inteligentes.

## ABSTRACT

DIAS, Vitor Eduardo Concesso, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2019. **Use of Volunteered Geographic Information to Enrich the Selective Waste Collection Process.** Advisor: Jugurta Lisboa Filho.

The population growth that has been occurring in the urban centers, and consequently the increase in waste production, brought big challenges to the municipal management. Due to this, in 2010 the National Solid Waste Policy (PNRS) was established in Brazil, which defined guidelines and execution tools (such as selective waste collection and reverse logistics), in order to collaborate in the management of solid waste. With the easy access to devices equipped with a geographic location mechanism and Web 2.0 support, the term Voluntary Geographic Information (VGI) came to characterize geospatial data that is voluntarily provided by ordinary users. Thus, the main objective of this work is to enrich the selective waste collection process through a method that has as a source of data the contributions voluntarily provided by the citizen (VGI), assisting the decision making process and encouraging the participation of the population. As result of this research, the Recyclable Waste Collection Method using VGI (MCR<sup>2</sup>VGI) was proposed. With the intention of testing the execution and show the efficiency of the MCR<sup>2</sup>VGI, case studies and a simulated experiment were applied in the city of Piranga-MG, in which the population provided data in order to make it as real as possible. At MCR<sup>2</sup>VGI, selective waste collection routes are generated from VGI provided by the citizen, seeking to optimize the route and reduce process costs. The ClickOnMap Platform has been adapted to enable data collection from users and to generate selective waste collection routes.

Keywords: Volunteered Geographic Information. Solid Waste Collection. Solid Waste. Route Generation. Smart City.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Objetivos.....	13
1.2	Organização da Dissertação .....	13
2	ARTIGOS CIENTÍFICOS .....	15
2.1	ARTIGO I: Geração de Rotas para Coleta Seletiva de Resíduos Urbanos utilizando Informação Geográfica Voluntária .....	16
2.1.1	Introdução.....	17
2.1.2	Referencial Teórico.....	18
2.1.3	Geração de Rotas para Coleta de Resíduos Urbanos a partir de VGI ..	22
2.1.4	Estudo de Caso .....	27
2.1.5	Conclusões.....	29
2.2	ARTIGO II: Enriquecimento do Processo de Coleta de Resíduos Sólidos Recicláveis com Informação Geográfica Voluntária.....	33
2.2.1	Introdução.....	34
2.2.2	Trabalhos Correlatos .....	35
2.2.3	Referencial Teórico.....	36
2.2.4	Método Proposto (MCR <sup>2</sup> VGI) e Experimento Realizado.....	40
2.2.5	Resultados e Discussões .....	48
2.2.6	Conclusões.....	52
3	CONCLUSÕES GERAIS .....	56
	REFERÊNCIAS.....	58
	APÊNDICE A – Importação de Dados da OpenStreetMap para a Análise da Malha Viária de Piranga-MG.....	59

# 1 INTRODUÇÃO

A produção de resíduos sólidos nos centros urbanos vem aumentando principalmente em consequência da alta concentração populacional, resultante do êxodo rural ocorrido nas últimas décadas. Com isso faz-se necessária a criação de políticas mais eficazes e a aplicação de tecnologias que colaborem a fim de minimizar os problemas gerados (BAKICI; ALMIRALL; WAREHAM, 2013). Como forma de apoiar a solução deste problema de saúde pública, em 2010 foi instituída no Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) pela lei nº 12.305. O seu artigo 1º dispõe sobre “as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.” (BRASIL, 2010).

Uma das ferramentas de execução da PNRS é a implantação de programas de coleta seletiva. Para o Ministério do Meio Ambiente, coleta seletiva é a “coleta dos resíduos sólidos previamente separados, de acordo com a sua constituição e composição” (BRASIL, 2019) e que, após serem recolhidos recebem a destinação ambientalmente adequada como, por exemplo, a reciclagem.

Devido à facilidade de acesso à dispositivos equipados com tecnologias de geolocalização pela população, como os smartphones, as pessoas viraram uma peça importante na geração de informação geográfica. Essa informação acompanhada de sua geolocalização, fornecida pelo cidadão (ou “sensores humanos”) de forma voluntária, foi definida por Goodchild (2007) como Informação Geográfica Voluntária (VGI).

No intuito de disponibilizar melhores serviços à população de áreas urbanas, equilibrando os custos e de forma sustentável, surgiu o conceito de *Smart City*. Esse termo surgiu na década de 1990, e desde 2004 é utilizado para descrever cidades que aplicam novas tecnologias e sistemas de informação para integrar toda a infraestrutura, mantendo assim um maior controle sobre o município (FALCÃO; BAPTISTA; MENEZES, 2012). O conceito de *Smart City* vem sendo muito difundido

no âmbito da gestão de municípios, tornando essa tarefa mais viável e mais organizada (NAM; PARDO, 2011; NEIROTTI et al., 2014).

Este trabalho baseia-se na hipótese de que a incorporação de Informação Geográfica Voluntária (VGI) ao processo de coleta seletiva de resíduos em municípios, como forma de incentivo à colaboração por parte da população, tornam a sua implantação mais efetiva e eficiente devido ao dinamismo na obtenção de dados por meio dos sensores cidadãos e faz com que a cidade se torne cada vez mais inteligente.

## **1.1 Objetivos**

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver um método que tenha como fonte de dados as contribuições fornecidas voluntariamente pelo cidadão (VGI), de forma a auxiliar a tomada de decisão no processo de coleta seletiva de resíduos em centros urbanos, fazendo com que sua gestão e implantação se torne mais eficiente, incentivando a participação do cidadão no programa.

Os objetivos específicos são:

1. Identificar tipos de coleta seletiva de resíduos por meio da literatura e da pesquisa em campo, buscando modelos que estejam sendo aplicados na prática;
2. Definir e propor um método de coleta de resíduos que integre VGI a um modelo de coleta seletiva;
3. Desenvolver um sistema que implemente o método proposto a fim de implantá-lo e testá-lo, tendo como um dos requisitos a geração de rotas de coleta seletiva com base em VGI;
4. Planejar e aplicar um experimento para analisar a eficiência do método proposto neste trabalho.

## **1.2 Organização da Dissertação**

Esta dissertação foi elaborada como uma coletânea de artigos produzidos resultantes da pesquisa. Sobre os artigos, o primeiro foi publicado na *Conferencia*

*Ibérica de Sistemas Y Tecnologías de Información* (CISTI) e o segundo ainda será submetido para uma revista ainda a ser definida.

A seguir está a organização da dissertação:

O Capítulo 2 é composto dos dois artigos resultantes da pesquisa com suas respectivas referências bibliográficas, o Artigo I: “Geração de Rotas para Coleta Seletiva de Resíduos Urbanos utilizando Informação Geográfica Voluntária” está reproduzido na Seção 2.1 e o Artigo II: “Enriquecimento do Processo de Coleta de Resíduos Sólidos Recicláveis com Informação Geográfica Voluntária” é apresentado na Seção 2.2.

No Capítulo 3 são feitas as conclusões gerais, discussões sobre os resultados e objetivos alcançados. São apresentados também algumas sugestões de trabalhos futuros.

Por último, o Apêndice A contém as etapas executadas para a análise dos resultados do Artigo II, utilizando o software QGIS.

## 2 ARTIGOS CIENTÍFICOS

Este capítulo contém os dois artigos resultantes da pesquisa. O primeiro artigo, cujo título é “Geração de Rotas para Coleta Seletiva de Resíduos Urbanos utilizando Informação Geográfica Voluntária”, foi publicado na *Conferencia Ibérica de Sistemas Y Tecnologías de Información*, realizada em junho de 2019 na cidade de Coimbra, Portugal. Este artigo apresenta as adaptações feitas na plataforma ClickOnMap<sup>1</sup> para coletar e armazenar as informações sobre disponibilidade de resíduos fornecidas de forma voluntária pelos usuários. O processo de geração de rotas de coleta a partir dos dados coletados é descrito e exemplificado com base em um projeto municipal de coleta seletiva da cidade de Viçosa, Minas Gerais.

O segundo artigo cujo título é “Enriquecimento do Processo de Coleta de Resíduos Sólidos Recicláveis com Informação Geográfica Voluntária” e que ainda será submetido, descreve o “Método de Coleta de Resíduos Recicláveis usando VGI” (MCR2VGI), apresentando um experimento simulado com seus resultados e aplicações alternativas.

---

<sup>1</sup> Disponível em: <http://www.dpi.ufv.br/projetos/clickonmap/>. Acesso em 03/01/2020

## 2.1 ARTIGO I: Geração de Rotas para Coleta Seletiva de Resíduos Urbanos utilizando Informação Geográfica Voluntária

Vitor E. C. Dias, Vinícius G. Sperandio, Jugurta Lisboa-Filho

In: CONFERENCIA IBÉRICA DE SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN (CISTI), 13., 2019, Porto. Actas... Porto: AISTI | ISEGI, Vol. I, pp. 1-6, 2019

### RESUMO

A concentração populacional nos centros urbanos vem cada vez mais sobrecarregando a gestão de recursos e serviços municipais. A aplicação de novas tecnologias de informação e comunicação pode ajudar a minimizar esses problemas. Sendo assim, o objetivo deste projeto é apresentar um método que utiliza Informação Geográfica Voluntária (VGI), a fim de colaborar com a solução de um dos desafios existentes nos centros urbanos, a destinação dos resíduos sólidos recicláveis. Por meio da VGI inserida em programas de coleta seletiva em áreas urbanas, mais especificamente no processo de geração de rotas de coleta, tanto de coletas seletivas convencionais quanto de coletas que auxiliem a logística reversa, deseja-se incentivar a participação da população, aumentar a quantidade de resíduos recicláveis coletados e reduzir os custos logísticos do processo. O potencial do método proposto é apresentado por meio de um estudo de caso simulado para uma cidade de médio porte.

**Palavras-chave:** Informação Geográfica Voluntária; Rotas; Coleta Seletiva de Resíduos; Resíduos Urbanos.

### ABSTRACT

Population density in city centers has been overloading public services. The use of new information and communication technologies can help minimize these problems. The objective of this project is to present a method that uses Volunteered Geographic Information (VGI) to help finding a solution to one of the existing challenges in urban areas: the destination of recyclable solid residues. By applying VGI to garbage collection services, more specifically to the route generation process, both for conventional collection and for reverse logistics methods, we wish to increase population participation, increase number of recyclable residues collected and reduce

of logistics costs of the process. The proposed method's potential is presented through a simulated case for a medium sized city.

**Keywords:** Volunteered Geographic Information; Routes; Selective Waste Collection; Urban Waste.

### *2.1.1 Introdução*

A concentração populacional nos centros urbanos vem cada vez mais sobrecarregando a gestão de recursos e serviços municipais, demandando novas tecnologias e sistemas de informação que possam colaborar, minimizando os problemas causados.

Com o êxodo rural que vem ocorrendo nas últimas décadas, prevê-se que até 2050, 75% da população mundial estará vivendo em zonas urbanas, por isso torna-se necessário o estudo de meios e tecnologias capazes de colaborar no gerenciamento desses grandes centros populacionais [1]. Áreas administrativas como saúde, trânsito, saneamento básico, dentre outras, necessitam cada vez mais de uma maior atenção, pois já estão sofrendo essa grande sobrecarga.

A facilidade do acesso a dispositivos eletrônicos modernos por grande parte da população e com os avanços da Web 2.0, produzir, compartilhar e reutilizar informações geográficas se tornaram tarefas mais simples e acessíveis. Segundo Goodchild [2], o termo Informação Geográfica Voluntária (VGI) caracteriza o tipo de colaboração feita por cidadãos em sistemas de coleta de informações relacionadas à localização geográfica. O fenômeno VGI tornou possível a participação do cidadão, nem sempre especialista, na tarefa de mapeamento e fez com que a utilização deste tipo de recurso se ampliasse e pudesse ser aplicado em várias situações.

De acordo com o contexto apresentado anteriormente, a principal intenção deste trabalho é utilizar a informação advinda dos cidadãos (VGI), visando colaborar na solução de um dos grandes desafios existentes em centros urbanos na atualidade, a coleta seletiva de resíduos. Combinando VGI com modelos de sistemas de coleta de resíduos, pretende-se melhorar seu gerenciamento provendo um método de geração de rotas com base em informações geográficas fornecidas pelos usuários, buscando reduzir os custos da logística e aumentar o volume de resíduos coletados.

A solução proposta envolveu a extensão da plataforma de customização de aplicações VGI, chamada ClickOnMap, para suporte à geração de rotas de coleta seletiva de resíduos urbanos.

O restante do artigo está organizado como segue. A Seção 2 descreve conceitos utilizados no projeto. A Seção 3 descreve o processo de geração de rotas para coleta de resíduos urbanos recicláveis utilizando VGI. A Seção 4 discute o potencial do método simulando sua utilização em uma cidade de médio porte. Conclusões e trabalhos futuros são apresentadas na Seção 5.

### *2.1.2 Referencial Teórico*

Nesta Seção são apresentados alguns conceitos e ferramentas utilizadas neste trabalho.

#### *2.1.2.1 Informação Geográfica Voluntária*

Mapas acurados e atualizados são recursos fundamentais para um grande conjunto de aplicações. Por meio de mapas pode-se ter, por exemplo, serviços que auxiliam na atividade econômica baseados em geolocalização e serviços que ajudam a manter a saúde e o bem-estar da sociedade. Mapas também são fundamentais em programas de ajuda humanitária, como em caso de catástrofes [3].

O avanço da tecnologia fez com que o cidadão se tornasse uma relevante fonte de dados. Com a facilidade do acesso a dispositivos equipados com GPS e com o apoio da Web 2.0, compartilhar e usar informações geográficas se tornou uma tarefa simplificada. A influência do cidadão alterou dramaticamente a geração de mapas e o uso deles, impactando em suas tarefas diárias, como jogos digitais e o turismo, bem como a ciência e tecnologia em geral [3]. Goodchild [2] cunhou o termo VGI para caracterizar dados geoespaciais fornecidos voluntariamente por pessoas que provavelmente conheçam melhor o seu entorno.

Por ser uma tecnologia que está acessível à população em dispositivos móveis, a localização por meio de GPS faz com que a VGI possa ser relevante na tomada de decisão e no planejamento participativo. Deve ser levado em consideração que esse tipo de dado costuma ser variado, de qualidade desconhecida e de diversos níveis de

confiabilidade [4]. Além disso, há uma série de outras considerações importantes no uso de VGI, incluindo direitos de propriedade, bem como questões de privacidade, legal e ética [5].

### 2.1.2.2 *Plataforma ClickOnMap*

ClickOnMap é uma plataforma para a criação de sistemas VGI, que tem como finalidade reduzir o tempo e o esforço de desenvolvimento desses sistemas. Após sua customização e adaptação ao contexto pretendido pelo seu gestor, ela permite que usuários enviem colaborações pontuais em um mapa apresentado por meio da Google Maps API(GMA) [6].

No lado administrativo da plataforma, encontra-se um painel (Fig. 1) que permite ao gestor do sistema customizá-la de acordo com seus interesses e necessidades, além de possibilitar o seu gerenciamento. Por meio deste painel pode-se configurar, por exemplo, o tipo do mapa a ser exibido ao usuário na tela inicial, além de gerenciar as categorias e subcategorias das colaborações, os usuários e as colaborações submetidas para o sistema. A plataforma também fornece aos usuários a possibilidade de análise estatística de uma região específica do mapa, podendo assim auxiliar na tomada de decisão de acordo com o tema em que a plataforma foi inserida [6].

Visando a qualidade e documentação das colaborações, a plataforma disponibiliza alguns métodos de qualidade, como a possibilidade de revisão das colaborações por parte dos usuários cadastrados. A avaliação das colaborações com notas de 0 a 5 e a edição das colaborações, fazem com que a plataforma se torne um ambiente Wiki, ou seja, os próprios usuários são os moderadores na plataforma, trazendo certa qualidade para essas colaborações. Através da avaliação das colaborações e edições feitas, a plataforma cria um ranking entre os usuários, onde os primeiros classificados possuem maior confiabilidade. Os dados inseridos são documentados por metadados gerados automaticamente como base no *template* DM4VGI [7].

Figura 1. Painel administrativo da Plataforma ClickOnMap.



### 2.1.2.3 Coleta Seletiva de Resíduos

A geração de resíduos aumenta a cada ano. No Brasil, analisando os dados levantados nos anos de 2013 para 2014, percebeu-se um aumento de 2,9%, chegando a 78,6 toneladas produzidas. Outra questão observada, foi que 41% dos resíduos sólidos produzidos não obtiveram a destinação correta, ou seja, foram despejados em aterros ou abandonados em locais que não possuem um controle ambiental adequado [8].

Resíduos Sólidos podem ser definidos como, “resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível” [9].

Os resíduos sólidos podem ser divididos em 3 grupos, recicláveis secos, orgânicos e rejeitos. Os recicláveis secos são compostos por metais (como aço e alumínio), papel, papelão, tetrapak, diferentes tipos de plásticos e vidro. Os resíduos orgânicos são restos de alimentos e resíduos de jardim (folhas secas, podas...), e os rejeitos são os resíduos de banheiros como fraldas, absorventes, cotonetes, dentre outros [10].

Em 2010, o plenário da Câmara dos Deputados aprovou a Lei nº 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) impondo obrigações aos empresários, aos governos e aos cidadãos no gerenciamento dos resíduos [14-11]. A PNRS agrega normas, leis, práticas e iniciativas locais que visam uma melhor gestão e reflete a dificuldade de sintetizar orientações gerais para gerenciar os resíduos.

Segundo Bufoni et al. [12], a PNRS dá suporte a:

- Acordos entre os setores público e privado, com o objetivo de definir a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida de produtos;
- Eliminação final ambientalmente adequada, reduzindo o encaminhamento de resíduos para aterros e lixões, possibilitando a reutilização, reciclagem e recuperação;
- Geração de energia a partir de resíduos sólidos;
- Logística reversa (que será detalhada na próxima subseção);
- Coleta seletiva.

A coleta seletiva é uma das etapas do processo de reciclagem, é nela que ocorre o recolhimento, classificação e separação de materiais recicláveis (como papel, plástico, metal e vidro) de outros materiais de responsabilidade, por exemplo, da logística reversa. Essa gestão de resíduos varia de acordo com os produtos, a localidade a ser aplicada, as possibilidades de sua disposição e de seu processo de reuso ou reciclagem. O equilíbrio entre esses quesitos não é uma tarefa simples e cabe ao poder local decidir como equilibrá-los e tornar os custos de implantação viáveis [13].

#### *2.1.2.4 Logística Reversa*

O aumento do consumo e conseqüentemente da produção de produtos eletrônicos, faz com que a geração de resíduos desse tipo seja cada vez maior. Os produtos se tornam obsoletos mais rapidamente forçando um descarte precoce por parte do usuário. Porém, por questões ambientais, atualmente as próprias empresas devem se responsabilizar pelos resíduos gerados por seus produtos após o seu consumo, dando uma destinação adequada a eles.

No caso das indústrias farmacêuticas, por se tratar de um problema de saúde pública e segurança de seus consumidores, seus produtos devem ser rastreados desde a sua produção até a sua utilização ou descarte. A gravidade da disponibilização de medicamentos vencidos ou ineficazes faz-se necessário manter a devida atenção aos produtos do setor, para que, se preciso, seja realizado o recolhimento imediato de todo o material em não-conformidade [14]. A logística reversa surge nesses casos, onde os itens de consumo devem fazer o caminho inverso ao convencional, que é, de onde são produzidos até o seu ponto de consumo.

A logística reversa vem ganhando força por parte das empresas, que estão levando em conta o desgaste ambiental e a escassez de matéria-prima, e querem conscientizar a população da sua importância, tornando sua linha de produção cada vez mais sustentável [12-15].

Para Niknejad e Petrovic (2014 apud [16]), apoiados pela PNRS, o processo da logística reversa é uma ferramenta de desenvolvimento econômico e social, que controla o fluxo de bens, tratando-os e restituindo os seus resíduos aos seus ciclos de negócios, ciclo de produção ou a outra destinação ambientalmente adequada.

#### *2.1.3 Geração de Rotas para Coleta de Resíduos Urbanos a partir de VGI*

O método proposto neste artigo possibilita a criação de rotas tendo como base um conjunto de pontos de coleta informados pelos usuários que desejam descartar seus resíduos de forma adequada. O usuário, além de fornecer uma posição geográfica, deve informar também o tipo de material que deseja descartar.

O projeto envolveu duas fases, que estão detalhadas nas seções seguintes. A primeira fase foi a extensão da Plataforma ClickOnMap, com a criação de um módulo para permitir a geração e exibição das rotas de acordo com os pontos de coleta informados pelos usuários. A segunda fase compreendeu a customização de uma aplicação de coleta seletiva de resíduos urbanos tendo como fonte de informação um conjunto de VGI fornecida pelo cidadão. Esta segunda fase pode ser replicada para customização da aplicação para outros municípios.

### 2.1.3.1 Módulo para Geração de Rotas na Plataforma ClickOnMap

A Plataforma ClickOnMap possibilita que uma aplicação VGI colete dados pontuais acrescidos de uma descrição do fato relatado, sua categoria, imagens, vídeos ou outros documentos. Mas o projeto necessitava de uma ferramenta que gerasse rotas com base em um conjunto de pontos (VGI). Desta forma, foi necessário projetar e implementar um módulo de geração de rotas dentro da plataforma. Para a criação do módulo de rotas foram necessárias algumas alterações na interface e no esquema de banco de dados, que possibilitasse armazenar, criar, editar e exibir as rotas ao usuário.

Como citado anteriormente, a Plataforma ClickOnMap foi desenvolvida com base na Google Maps API (GMA) e para a solicitação e exibição de rotas no mapa tornou-se necessária a utilização da Google Directions API (GDA). Para a solicitar uma rota à GDA por meio da linguagem JavaScript, é preciso fazer uma requisição com os seguintes parâmetros preenchidos:

- *origin*: coordenada do ponto inicial da rota;
- *destination*: coordenada do ponto final da rota;
- *waypoints*: coordenadas de pontos intermediários da rota;
- *optimizeWayPoints*: se true define que a rota solicitada necessitará ser otimizada, ou seja, exibirá o menor caminho entre o ponto inicial e o final passando por todos *waypoints*;
- *travelMode*: meio de locomoção o qual a rota será percorrida.

A Fig. 2 ilustra um trecho de código do preenchimento de uma requisição de rota por meio de código JavaScript à GDA.

Figura 2. Código JavaScript para requisição de rota à GDA.

```
var request = {  
  origin: data[0].latInicio+","+data[0].longInicio,  
  destination: data[1].latFinal+","+data[1].longFinal,  
  waypoints: waypts,  
  optimizeWaypoints: true,  
  travelMode: 'DRIVING'  
};
```

O esquema do banco de dados foi alterado para armazenar os dados das rotas. A Fig. 3 destaca as três tabelas projetadas para armazenar as informações sobre as rotas. As tabelas são: “colaboracao”, “rotagerada” e “colaboracao\_rotagerada”.

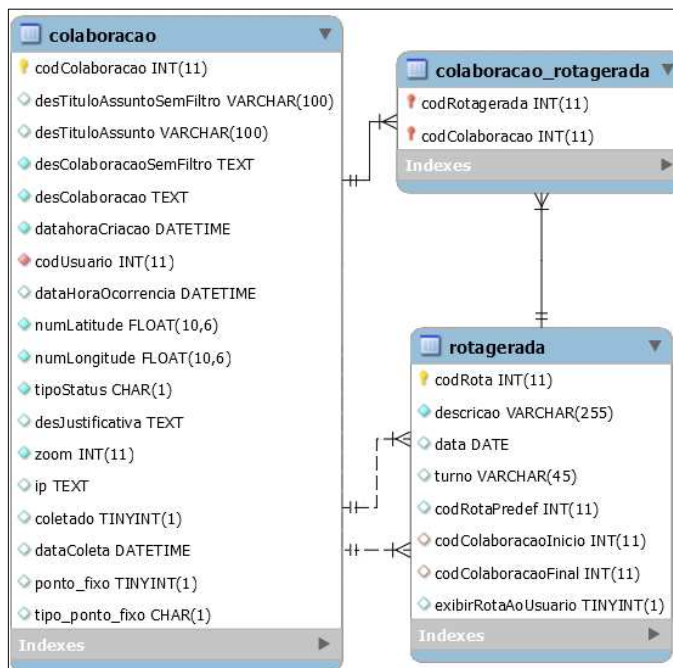
A tabela “colaboracao” já existia no banco de dados da plataforma para armazenar todas as colaborações inseridas pelos usuários e foi acrescida de alguns atributos. Já as tabelas “rotagerada” e “colaboracao\_rotagerada”, foram acrescentadas.

De acordo com o esquema do banco de dados apresentado na Fig. 3, cada colaboração poderá aparecer apenas uma vez em cada rota. Na tabela “rotagerada” existem dois atributos que são chaves estrangeiras, responsáveis pelo armazenamento dos pontos inicial e final da respectiva rota, que são “codColaboracaoInicio” e “codColaboracaoFinal”, pontos esses que são recuperados do banco de dados para preencher os atributos origin e destination para a requisição à GDA.

Um atributo que também merece destaque na tabela “rotagerada” é o “exibirRotaAoUsuario”. Ele é um atributo do tipo booleano, que quando verdadeiro, faz com que a rota seja exibida na tela inicial da aplicação, com sua respectiva descrição na legenda.

Para administrar as rotas foi criado no painel administrativo uma seção para esse fim. O módulo de geração de rotas pode ser acessado pelo gestor do sistema, permitindo-o criar, editar e apagar rotas, além de possibilitar marca-las como visíveis para serem exibidas aos usuários na tela inicial e também marcá-las como executadas, ou seja, ela deixa de ser exibida e os pontos de coleta contidos nela são marcados como coletados, com isso eles são ocultados no mapa.

Figura 3. Adaptações feitas no esquema de banco de dados para o armazenamento de rotas.



### 2.1.3.2 Customização de uma Aplicação para Rotas de Coleta Seletiva de Resíduos Urbanos

Utilizando a Plataforma ClickOnMap, estendida com o módulo de rotas, foi customizada uma aplicação genérica para geração de rotas de coleta seletiva de resíduos com base em dados fornecidos voluntariamente pelo cidadão.

Um dos requisitos desta aplicação é que o usuário possa informar, de forma detalhada, a relação de tipos de materiais recicláveis que deseja descartar, associado à localização espacial onde o resíduo deverá ser coletado. Foi necessário permitir que, para cada item inserido o usuário pudesse informar uma categoria (que no sistema desenvolvido foi renomeado para “Material”, porém no banco de dados o nome “categoriaevento” foi mantido) e uma de suas respectivas subcategorias, além do peso e dimensão aproximada de cada volume. A Fig. 4 ilustra a janela de cadastro dos detalhes de uma colaboração, que é apresentada ao usuário após este sinalizar uma localização no mapa (observe o ponto vermelho assinalado no mapa). No exemplo da Fig. 4 é possível observar que o usuário adicionou dois materiais da categoria metal, sendo um da subcategoria aço e o outro ferro, juntamente com os pesos e a dimensões dos mesmos. O campo de descrição deve ser preenchido pelo usuário com algo que possa ser relevante para o sistema de coleta.

Figura 4. Tela de colaboração.

The screenshot shows a web form for creating a collaboration. At the top, there are four tabs: 'Dados', 'Imagem', 'Vídeos', and 'Arquivo'. Below the tabs, there are four columns of dropdown menus: 'Material' (with options 'Metal'), 'Subcategoria' (with options 'Aço', 'Ferrc'), 'Peso Aprox.' (with options '0 à 1Kg', '1 à 5Kg'), and 'Dimensão Aprox.' (with options '0m x 0m x 0m à 1m x 1m', '1m x 1m x 1m à 5m x 5m'). Below these is a 'Data e Hora da Colaboração' field containing '17/10/2018 - 09:54:46'. The 'Descrição da colaboração\*' field contains the text 'Metais para descarte.'. At the bottom of the form, there are two buttons: a red button labeled 'Deletar Marcador' and a green button labeled 'Enviar Colaboração'. Below the buttons, there is a map with a red location pin and the text 'MARIA EUC'.

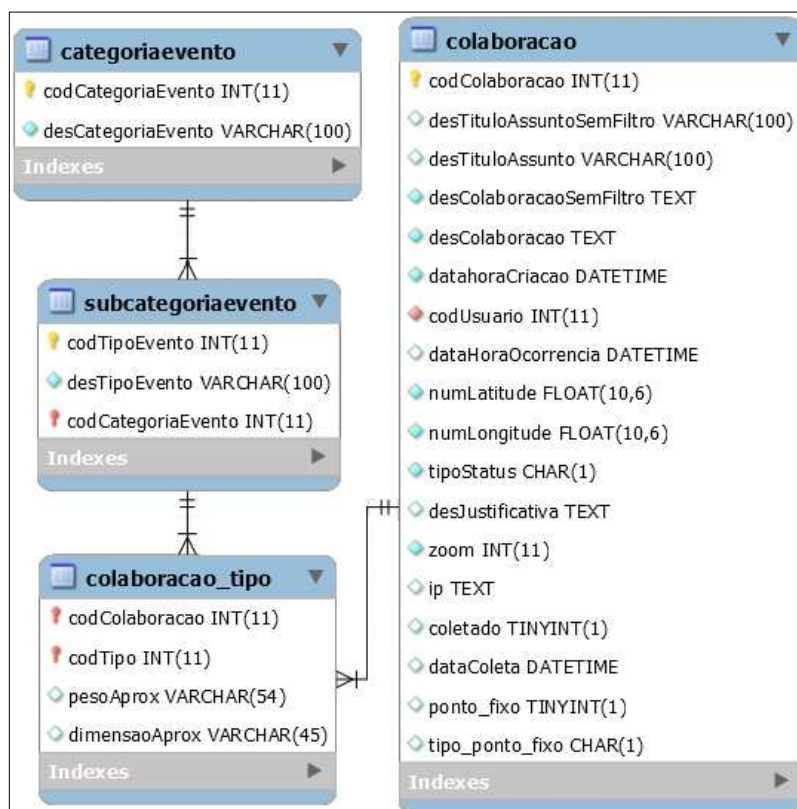
Para atender ao requisito descrito acima, foi preciso fazer novas alterações no banco de dados da plataforma. Como a forma de inserção de uma colaboração já existente na plataforma permitia selecionar apenas uma categoria e uma subcategoria, foram necessárias a remoção desses atributos da tabela colaboração e a criação da tabela “colaboracao\_tipo” (Fig. 5), permitindo assim a inserção de múltiplas categorias e subcategorias em uma única colaboração.

Foram acrescentados também 4 atributos à tabela “colaboracao”: “coletado” do tipo boolean; “dataColeta” do tipo DateTime; “ponto\_fixo” do tipo boolean e “tipo\_ponto\_fixo” do tipo char. O atributo coletado apresenta valor verdadeiro caso aquele ponto de coleta já tenha sido atendido pela coleta seletiva, dessa forma, ele não aparecerá mais para os usuários e automaticamente o campo “dataColeta” é preenchido, armazenando o instante em que o atributo “coletado” foi marcado como verdadeiro.

O atributo “ponto\_fixo” foi criado para diferenciar um ponto fixo de outras colaborações. Se verdadeiro, essa colaboração se torna um ponto fixo. Os pontos fixos foram classificados em 3 tipos, onde cada um deles é representado por uma letra no banco de dados. O atributo “tipo\_ponto\_fixo” ficou responsável por armazenar esses tipos seguindo a descrição a seguir: “aterro sanitário” representado pela letra

A, “Centro de triagem” pela letra T e “garagem de veículos” pela letra G. Com isso tornou-se necessária a criação de uma legenda para o mapa na tela do usuário, que além a exibir a descrição de cada ponto fixo, exibe também a descrição das rotas apresentadas no mapa de forma dinâmica, de acordo com as rotas exibidas.

Figura 5. Adaptação feita no esquema do banco de dados para a inserção de múltiplas categorias e subcategorias



#### 2.1.4 Estudo de Caso

Esta seção apresenta o potencial de uso do aplicativo desenvolvido, explorando alguns tipos de uso das rotas em um processo de gestão de coleta seletiva de resíduos urbanos.

Como cidade piloto, o aplicativo foi utilizado para auxiliar o Projeto de Coleta Seletiva do Município de Viçosa-MG. O órgão responsável pela coleta de resíduos urbanos (não recicláveis e recicláveis) no município de Viçosa é o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). Além desse órgão, Viçosa possui duas associações de catadores que dividem a responsabilidade do processo de coleta seletiva cuidando da reciclagem: a Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis (ACAT) e a

Associação dos Trabalhadores da Usina de Triagem e Reciclagem de Viçosa (ACAMARE).

De acordo com os dados fornecidos pelo SAAE, alguns bairros são atendidos pela ACAT e outros pela ACAMARE. Porém, existem bairros que não estão sendo contemplados e, portanto, não participam do programa de coleta seletiva. No entanto, esses bairros são potenciais áreas a se beneficiarem do aplicativo de VGI, por possibilitar que qualquer cidadão possa fazer uma comunicação de um volume de resíduo reciclável. E as associações poderiam se beneficiar desta informação, planejando rotas especiais para coleta nestes bairros. Este planejamento pode inclusive criar rotas específicas, como por exemplo, para coleta apenas de metais. Ou ainda uma rota para recolher móveis ou material de construção, que não são resíduos recicláveis, mas que geram solicitação de serviço ao SAAE.

Um cidadão que se interessar em contribuir com o sistema de coleta seletiva, bastará se cadastrar na aplicação e inserir sua colaboração, fazendo com que sua localização entre numa rota de coleta. Ao fornecer esses dados no sistema, o usuário indicará de forma precisa onde existem resíduos a serem coletados, e com isso, os gestores poderão criar uma rota otimizada para executar essa coleta, buscando a redução de custos.

Para exemplificar a criação de rotas de coleta seletiva, a Fig. 6 ilustra duas rotas planejadas. A primeira rota (cor vermelha) foi definida para que a ACAT possa percorrer todo o Bairro de Fátima de forma otimizada para recolher todo resíduo que estiver colocado nas calçadas das residências, ou seja, neste exemplo os pontos VGI foram pontos simulados para que o algoritmo gerasse o caminho mais curto cobrindo diversas ruas do bairro. A segunda rota (cor verde) foi gerada a partir da simulação de um conjunto de pontos de VGI hipoteticamente informados por diferentes usuários.

Como pontos inicial e final desta segunda rota, foi definido um dos centros de triagem existente na cidade, a sede da ACAMARE. Definidos os pontos inicial e final, por meio do painel administrativo foi gerada a rota, tendo como base os pontos selecionados dentro do bairro pretendido. Após a rota ser gerada, foi definida que essa seria mostrada para os usuários na tela inicial, com isso a legenda exibe de forma dinâmica e automática a cor e a descrição de cada rota exibida.

Um terceiro exemplo, não mostrado na figura por questões de clareza e limitação de espaço, seria uma rota passando por todas as farmácias da cidade visando a coleta de resíduo hospitalar (ex.: seringas utilizadas) [14]. Por fim, uma rota poderia ser criada para percorrer alguns estabelecimentos comerciais para recolher pilhas, baterias e lâmpadas, que são resíduos não recicláveis, mas que demandam ações dos fabricantes no processo de logística reversa [12-15].

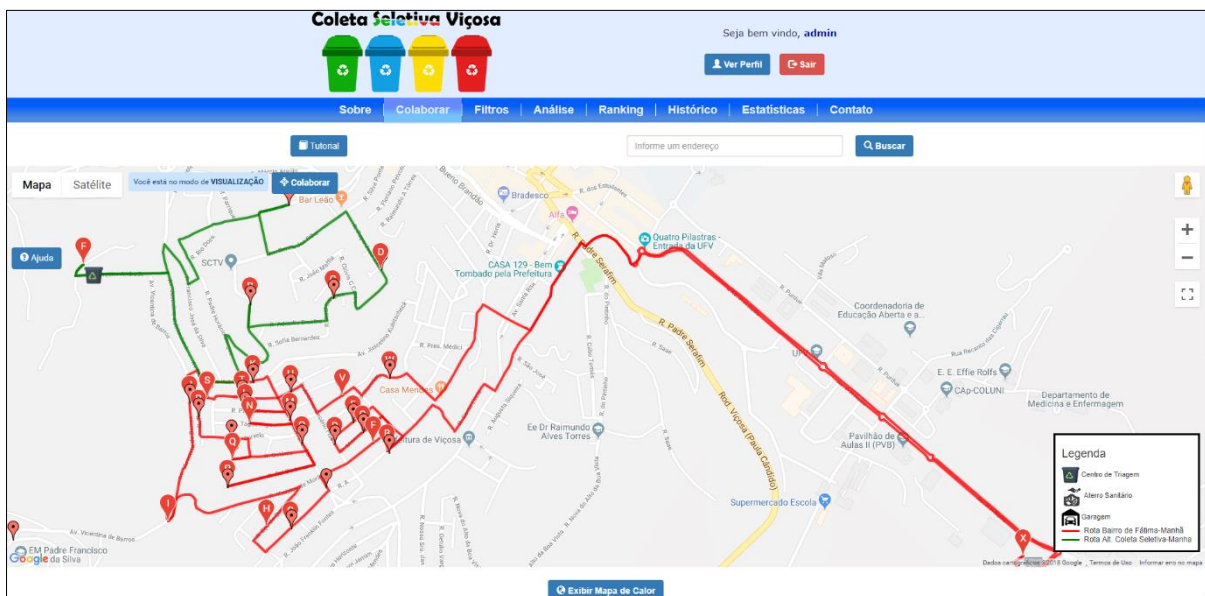
### *2.1.5 Conclusões*

Neste artigo foi apresentado um método que utiliza VGI como referência para a geração de rotas de coleta seletiva de resíduos urbanos. Para isso, foi desenvolvida uma aplicação que além de auxiliar os gestores do processo com a geração de rotas de coleta, pode também manter a população informada sobre as ruas atendidas, seus horários e quais tipos de materiais poderão ser recolhidos pelo programa daquele município no qual a aplicação desenvolvida esteja sendo aplicada.

Levando em consideração uma situação real do programa de coleta seletiva na cidade de Viçosa-MG, observou-se que alguns bairros não estão contemplados no planejamento municipal, o que abre uma possibilidade para que o método proposto possa ser empregado. A utilização da aplicação nesses bairros não atendidos poderia ampliar o recolhimento de resíduos seletivos de acordo com a demanda, utilizando uma rota especial gerada.

Afim de testar a aplicação, foi definido um estudo de caso controlado que gerou duas rotas de coleta otimizadas segundo a GDA, uma passando por todos os pontos selecionados dentro do bairro piloto definido, buscando atender o maior número de ruas possíveis, e a outra simulando uma rota de coleta seletiva, onde os pontos participantes podem ser interpretados como as colaborações dos usuários ou como pontos de coleta para a logística reversa. Ao ser gerada a primeira rota (que possuía muitos pontos intermediários), percebeu-se uma limitação da GDA no número máximo de 23 *waypoints* permitidos por requisição, ou seja, a GDA permite a passagem de no máximo 23 pontos intermediários como parâmetro por rota, o que levantou a possibilidade de substituição da API utilizada.

Figura 6. Tela inicial da aplicação Coleta Seletiva Viçosa com duas rotas



Como trabalhos futuros, pretende-se solucionar a questão do número máximo de *waypoints* por rota, desenvolver novas funcionalidades para a ferramenta, acrescentando a geração de relatórios estatísticos que apresentem, por exemplo, o tempo médio de coleta e a quantidade de cada material presente em uma rota específica, e assim poder aplica-la em um estudo de caso de uma situação real, ou seja, aplicar o método em um município que já possua algum programa de coleta seletiva implantado, permitindo a coleta de dados reais, e assim fazer uma análise mais detalhada da eficiência do método.

## Agradecimento

Os autores agradecem o apoio recebido dos membros do projeto InterAção, projeto de coleta seletiva da UFV. Este trabalho foi parcialmente financiado pela CAPES e Fapemig.

## Referências

- [1] Bakıcı, T., Almirall, E., & Wareham, J. (2013). A smart city initiative: the case of Barcelona. *Journal of the Knowledge Economy*, 4(2), 135-148.
- [2] Goodchild, M. F. (2007). Citizens as voluntary sensors: spatial data infrastructure in the world of Web 2.0. *IJSDIR*, 2, 24–32.

- [3] Foody, G et al. (2017). Mapping and the Citizen Sensor. In Foody, G et al., Mapping and the Citizen Sensor. London: Ubiquity Press. DOI: <https://doi.org/10.5334/bbf.a>.
- [4] Goodchild, M. F., & Glennon, J. A. (2010). Crowdsourcing geographic information for disaster response: a research frontier. *International Journal of Digital Earth*, 3(3), 231-241.
- [5] Granell, C., & Ostermann, F. O. (2016). Beyond data collection: Objectives and methods of research using VGI and geo-social media for disaster management. *Computers, Environment and Urban Systems*, 59, 231-243. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.01.006>.
- [6] Câmara, J. H. S.; Vegi, L. F. M.; Pereira, R. O.; Geocze, Z. A. & Lisboa-Filho, J.; Souza, W. D. (2017). ClickOnMap: Uma plataforma para desenvolvimento de sistemas de Informação Geográfica Voluntária In *Actas 12ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información (Cisti)*, Lisboa, Portugal, pp. 964-969.
- [7] Souza, W. D., Lisboa-Filho, J., Vidal-Filho, J. N., and Câmara, J. H. S. (2013). DM4VGI: A template with dynamic metadata for documenting and validating the quality of Volunteered Geographic Information. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Geoinformática*, pp. 1-12.
- [8] ABRELPE (2015). Panorama dos Resíduos sólidos no Brasil 2015. Disponível em: [http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_envio.cfm?ano= anexos2015](http://www.abrelpe.org.br/panorama_envio.cfm?ano= anexos2015)>. Acesso em 04 mar. 2018.
- [9] ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2004). NBR 10.004. Resíduos Sólidos – Classificação.
- [10] Ministério do Meio Ambiente (MMA) (2018). Coleta Seletiva. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis/reciclagem-e-reaproveitamento>>. Acesso em 03 abr. 2018.
- [11] Ministério do Meio Ambiente (MMA) (2018). Linha do tempo. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/linha-do-tempo>>. Acesso em 04 mar. 2018.

- [12] Bufoni, A. L., Carvalho, M. S., Oliveira, L. B., & Rosa, L. P. (2014). The emerging issue of solid waste disposal sites emissions in developing countries: the case of Brazil. *J Environ Protect*, 5, 886–894. DOI:10.4236/jep.2014.510090.
- [13] da Rocha, S. M., de Castro Rocha, R. R., & Lustosa, K. B. (2017). Política Brasileira de Resíduos Sólidos: Reflexões Sobre a Geração de Resíduos e sua Gestão no Município de Palmas-To. *Revista ESMAT*, 9(13), 29-44.
- [14] Sameer Kumar, Erin Dieveney & Aaron Dieveney (2009). Reverse logistic process control measures for the pharmaceutical industry supply chain. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 58(2), 188-204. DOI: <https://doi.org/10.1108/17410400910928761>.

## 2.2 ARTIGO II: Enriquecimento do Processo de Coleta de Resíduos Sólidos Recicláveis com Informação Geográfica Voluntária

Vitor E. C. Dias, Jugurta Lisboa-Filho

### RESUMO

Devido à alta concentração populacional nos centros urbanos e conseqüentemente, o aumento da produção de resíduos sólidos, faz-se necessária a criação de políticas e a aplicação de tecnologias afim de minimizar os transtornos causados pelo descarte inadequado do lixo urbano, esse que é um grande problema da atualidade. Dispositivos equipados com tecnologia de geolocalização, como smartphones e computadores, estão cada vez mais acessíveis à população, o que faz com que o cidadão possa atuar como um sensor humano, fornecendo dados personalizados para os sistemas de informação. Desse tipo de informação fornecida pelo cidadão, surgiu o termo Informação Geográfica Voluntária (VGI). VGI possui um grande potencial a ser explorado, por possuir uma geração dinâmica da informação e na maioria das vezes instantânea, o que a torna interessante para sistemas de governança para tomada de decisão. Este trabalho apresenta o “Método de Coleta de Resíduos Recicláveis usando VGI” (MCR<sup>2</sup>VGI) que utiliza VGI para gerar de rotas de coleta seletiva de resíduos sólidos a fim de enriquecer o processo, buscando torná-lo mais produtivo e menos dispendioso. O artigo apresenta os resultados da aplicação do MCR<sup>2</sup>VGI em um experimento realizado em um pequeno município de Minas Gerais e discute outras possibilidades de aplicação para o MCR<sup>2</sup>VGI, como uso em rota ostensiva e a coleta de resíduos que se enquadram na cadeia de logística reversa.

**Palavras-chave:** Informação Geográfica Voluntária; Coleta Seletiva de Resíduos; Resíduos Urbanos; Logística Reversa.

### *2.2.1 Introdução*

A concentração populacional nos centros urbanos e o conseqüente aumento na produção de resíduos sólidos vêm cada vez mais sobrecarregando a gestão de recursos e serviços municipais [1]. Uma forma de minimizar os impactos da alta produção de resíduos sólidos é a implantação de um programa de coleta seletiva, que é definida pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) como a coleta dos resíduos sólidos previamente separados, de acordo com a sua constituição e composição [2].

Dentre os principais e mais importantes serviços públicos municipais, e que estão ligados à saúde pública e à proteção ambiental, está a gestão de resíduos sólidos, que vai desde a coleta desses até a sua adequada disposição final [3].

Um fator importante para o sucesso de um programa de gestão de resíduos sólidos é a participação do cidadão no processo, que está diretamente ligada ao perfil socioeconômico e cultural da população local, levando em consideração principalmente o grau de instrução e acesso à educação formal [4]. Isso faz com que seja necessário pensar em formas eficientes de divulgação e incentivo da população a participar deste processo. Técnicas e tecnologias que possibilitam o enriquecimento do processo também podem colaborar com a efetividade do programa de coleta seletiva.

A produção e o uso de dados espaciais (ex.: mapas e imagens de satélites) em sistemas de informação, por usuários que não possuem conhecimento técnico sobre áreas como cartografia e mapeamento, é cada vez mais recorrente. Dispositivos equipados com sistemas de geolocalização e conectados à Internet (ex.: smartphones), estão se tornando mais acessíveis à população. Assim, o usuário pode realizar pesquisas sobre a localização de um ponto de interesse, ou também disponibilizar informações referentes à sua área de convívio com mais facilidade, por exemplo, enriquecendo os mapas com informações pertinentes à sociedade [5]. Esse tipo de informação gerada pelos “sensores humanos” [6], cria um dinamismo na sua geração, podendo ser disponibilizada em tempo real, e com isso apresenta um grande potencial, sendo importante e podendo ser explorada em áreas como saúde, economia, ajuda humanitária, dentre outras.

Goodchild (2007) denomina Informação Geográfica Voluntária (VGI) toda informação acompanhada de sua geolocalização, cedida pelo cidadão de forma voluntária sobre sua região de conhecimento [6].

Este trabalho propõe o “Método de Coleta de Resíduos Recicláveis usando VGI” (MCR<sup>2</sup>VGI) para auxiliar e potencializar o processo de coleta seletiva com VGI, indo desde a divulgação e incentivo da população a participar no processo, até o feedback ao cidadão pós coleta do resíduo reciclável. Foi desenvolvido um experimento simulado com a finalidade de mostrar o quanto este método é aplicável e os possíveis benefícios ao utilizá-lo.

O restante do artigo está estruturado como segue. A Seção 2 apresenta alguns trabalhos correlatos e a Seção 3 descreve o referencial teórico. Na Seção 4 o MCR<sup>2</sup>VGI é apresentado junto um experimento realizado, cujos resultados são discutidos na Seção 5. A Seção 6 contém as conclusões e possíveis trabalhos futuros.

### *2.2.2 Trabalhos Correlatos*

Cataki [7-6] é um aplicativo que faz a ligação entre os catadores de material reciclável com as pessoas que querem dar a destinação adequada a ele. Este aplicativo foi criado pelo “Pimp My Carroça”, que é “um movimento que luta para tirar os catadores de materiais recicláveis da invisibilidade, promover a sua autoestima e sensibilizar a sociedade para a causa em questão, com ações criativas que utilizam a arte do Grafite para conscientizar, engajar e transformar a vida desses indivíduos” [7].

No aplicativo é apresentado um mapa onde o usuário pode visualizar os catadores mais próximos, representados pelo ícone de uma carroça, e ao clicar nesse ícone obtém-se informações pessoais do catador, como o seu telefone para contato, possibilitando assim a solicitação da coleta do material. Diferentemente do MCR<sup>2</sup>VGI apresentado neste artigo, o Cataki necessita que o usuário entre em contato para que o resíduo sólido seja coletado por um terceiro. No MCR<sup>2</sup>VGI aqui proposto basta que o usuário insira uma colaboração no mapa da aplicação Web, que o programa de coleta seletiva irá até o local indicado.

Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas de grande potencial para gestão e manipulação de informação sobre do espaço geográfico. O trabalho de

Louati e Chabchoub [8] descreve um estudo de caso realizado na cidade de Sfax, que é a segunda cidade mais poluída da Tunísia. Foi utilizado o ArcGis para aplicar o algoritmo de Dijkstra adaptado com parâmetros de otimização do processo, levando em consideração a distância percorrida durante a rota de coleta dos veículos e tempo operacional dos veículos.

Louati e Chabchoub [8] definiram 3 cenários de coleta seletiva de resíduos sólidos: o real atual; o gerado pelo método já embarcado no ArcGIS, que utiliza o algoritmo de Dijkstra tradicional; e o novo método proposto com o algoritmo de Dijkstra adaptado. Foram feitas algumas comparações entre eles para avaliar a eficiência de cada um. Os pontos de coleta utilizados para o estudo foram os pontos fixos já definidos pela gestão do município, já o trabalho apresentado neste artigo, definiu um cenário fictício pois na cidade piloto não há um programa de coleta seletiva e gerou as rotas com base na VGI fornecida dinamicamente pelos usuários em um experimento aplicado.

### *2.2.3 Referencial Teórico*

#### *2.2.3.1 Coleta Seletiva de Resíduos*

A produção e o descarte de resíduos sólidos<sup>2</sup> em locais inadequados nos grandes centros urbanos apresentaram números bem representativos nos últimos anos. Segundo o panorama de resíduos sólidos nacional elaborado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) em 2017, 3.352 municípios brasileiros despejaram 40,9% dos resíduos coletados em locais inadequados, ou seja, locais que não possuem políticas necessárias para proteção do meio ambiente contra danos e degradações, como lixões ou aterros controlados, totalizando cerca de 29 milhões de toneladas de resíduos sólidos descartados nesses locais, o que impacta diretamente a saúde de milhões de pessoas e conseqüentemente o orçamento público [2].

---

<sup>2</sup> De acordo com a Norma ABNT NBR10.004, resíduos sólidos são: “resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição” [10].

Os dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2008, por meio da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), expõem que 99,96% dos municípios do Brasil têm serviços de manejo de Resíduos Sólidos, porém 50,75% os depositam em locais inadequados e apenas 11,56% possuem unidade de triagem de resíduos recicláveis. O descarte inadequado gera danos para a saúde, meio ambiente e interfere também com a questão socioeconômica, devido ao grande número de famílias que são excluídas socialmente e sobrevivem da captação de materiais recicláveis e até alimento dos lixões [2].

No Brasil, em 2010 foi criada a Lei nº 12.305/10, para a instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que define instrumentos e políticas para os problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos [9]. O Artigo 1º dessa lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, “dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.” [11].

A PNRS define orientações para a redução da geração de resíduos, propondo hábitos de consumos sustentável, a fim de aumentar a reciclagem e a reutilização de resíduos sólidos e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos, ou seja, o que não pode mais ser reutilizado ou reciclado [9]. Para que exista a reciclagem e a reutilização dos resíduos sólidos deve haver o intermédio da coleta seletiva.

Segundo Ikuta [12], existem dois tipos de coleta seletiva, o porta-a-porta e os postos de entrega voluntária (PEV) ou locais de entrega voluntária (LEV). A coleta seletiva porta-a-porta pode ser definida, pela coleta de materiais previamente separados, que são dispostos em frente as casa e estabelecimentos comerciais, na maioria das vezes sobre as calçadas. Ela ocorre em horários predefinidos e diferentes do horário da coleta de lixo comum. A coleta seletiva em PEV/LEV é caracterizada por pontos onde o cidadão deve depositar seu resíduo sólido previamente separado. Geralmente esses pontos possuem contêineres, conjuntos de coletores de diferentes cores ou bolsões identificados e ficam instalados em locais estratégicos como escolas, praças, supermercados etc. Nos dois tipos os resíduos sólidos são recolhidos e levados aos centros de triagem.

Outro tema a ser abordado quando se fala em coleta seletiva é a logística reversa. A PNRS [11] define a logística reversa como um "instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada". A logística reversa é muito aplicada no meio industrial. Por exemplo, na indústria de eletrônicos, ao recolher um dispositivo que não pode ser descartado no meio ambiente por conter materiais tóxicos em sua construção, mas pode ser reaproveitado, sendo reinserido ao ciclo de produção como matéria prima.

A Figura 1 ilustra o ciclo da logística reversa, desde a produção até o retorno do produto ao ciclo como matéria prima.

Figura 1. Ciclo da logística reversa.



Fonte: [13]

### 2.2.3.2 Plataforma ClickOnMap

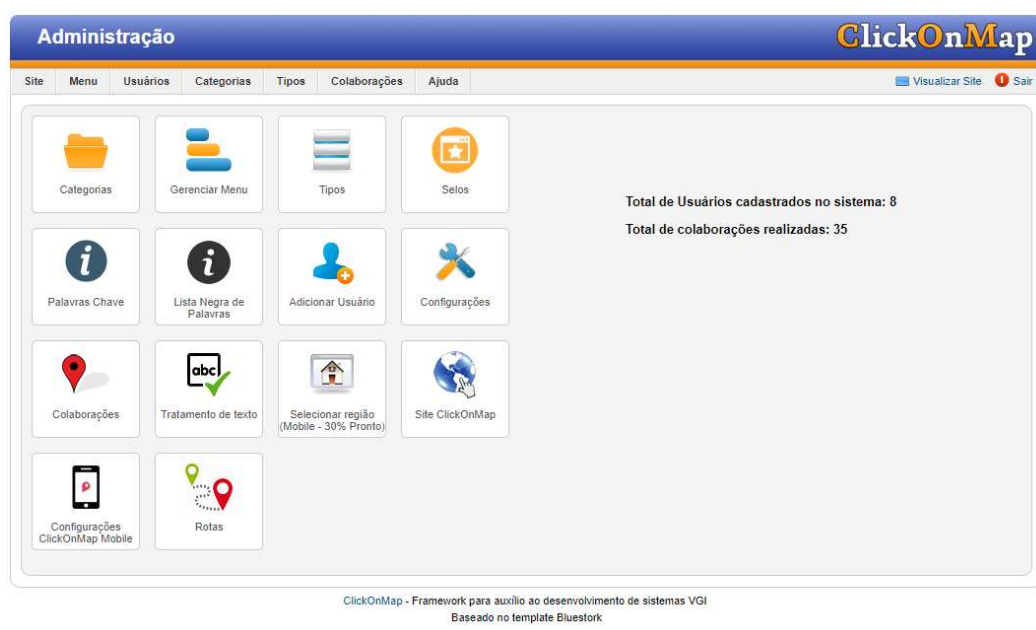
ClickOnMap [14] é uma plataforma desenvolvida por um projeto do departamento do Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, com o objetivo de facilitar a criação de sistemas de coleta de VGI. Por meio dela, o usuário mesmo sem conhecimento de programação pode disponibilizar um sistema

VGI com pouco tempo e esforço, pois ela possui uma área administrativa simples e intuitiva para gerenciar suas configurações e personalizações (Figura 2).

Após a customização e disponibilização os usuários são autorizados a fazer um cadastro e inserir colaborações no mapa, de acordo com o tema onde a ClickOnMap está aplicado. O login pode ser feito por meio do login próprio da plataforma ou por meio de redes sociais como Google+® ou Facebook® [14].

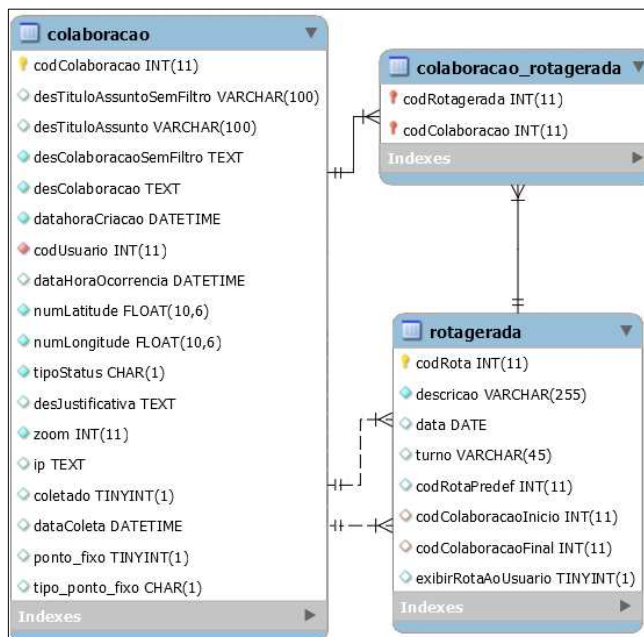
Para este projeto a plataforma ClickOnMap foi utilizada com a finalidade de cadastrar as informações dos pontos de coleta fornecidos pelos usuários e para isso ela sofreu algumas adaptações, como a criação do módulo de geração de rotas, que utiliza a Google Directions API (GDA) para calcular as rotas. A GDA utiliza o algoritmo de Dijkstra para calcular o menor caminho entre dois pontos, e por meio da sua API, retornar a rota completa e suas informações agregadas, por exemplo, seu comprimento.

Figura 2. Painel administrativo da Plataforma ClickOnMap



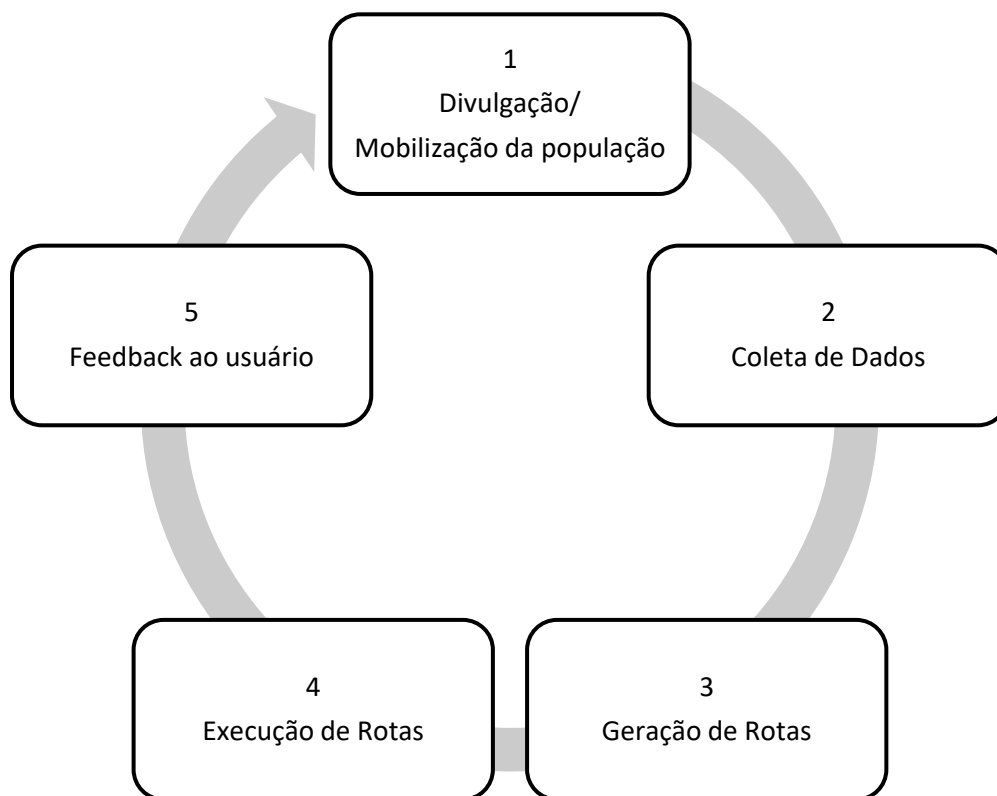
As alterações feitas na plataforma ClickOnMap para este projeto estão descritas de forma mais detalhada no artigo [15]. A Figura 3 ilustra uma das alterações feitas no esquema de banco de dados, a criação das três tabelas projetadas para armazenar as informações sobre as rotas. As tabelas são: “colaboracao”, “rotagerada” e “colaboracao\_rotagerada”.

Figura 3. Adaptações feitas no esquema de banco de dados da plataforma ClickOnMap para o armazenamento de rotas.



#### 2.2.4 Método Proposto (MCR<sup>2</sup>VGI) e Experimento Realizado

Esta seção descreve o MCR<sup>2</sup>VGI (Figura 4), que foi desenvolvido para colaborar com a coleta seletiva de resíduos sólidos utilizando informação geográfica fornecida pelo cidadão (VGI) e um estudo de caso referente a um experimento de coleta simulada realizado para coletar dados com a finalidade de testar o método.

Figura 4. Fluxograma do MCR<sup>2</sup>VGI.

O MCR<sup>2</sup>VGI consiste em 5 etapas, que são:

1. Divulgação/Mobilização da população: Para o sucesso de um programa de coleta seletiva é imprescindível a participação da população, para isso deve ser feita uma divulgação bem direcionada para que incentive de fato a população;
2. Coleta de Dados: Nesta etapa é que fica visível o sucesso da etapa anterior, pois se não houver o engajamento da população, a coleta de dados pode não ocorrer como desejado. O usuário irá informar o local para a coleta e a quantidade estimada de cada tipo de resíduo sólido deve ser recolhido;
3. Geração de Rotas: Nesta etapa o gestor do programa de coleta selecionará quais pontos serão atendidos no mapa e assim, neste caso, com a ajuda da API Google Directions as rotas são geradas e são exibidas aos usuários;
4. Execução de Rotas: Nesta etapa o resíduo sólido é coletado de acordo com a rota gerada pelo sistema, levando em consideração a modalidade de coleta seletiva porta-a-porta;

5. Feedback ao usuário: Assim que a rota é executada, o administrador atualiza o sistema e o usuário recebe um feedback de que a rota foi executada. Caso tenha ocorrido algum problema, por exemplo se seu resíduo sólido não tenha sido coletado, o usuário pode voltar a informá-lo no mapa.

#### *2.2.4.1 Estudo de caso: Rota de coleta simulada na cidade de Piranga-MG*

O experimento, realizado no período de 29/10/2019 a 08/11/2019, foi elaborado para se evitar a geração de pontos de coleta de resíduo sólido reciclável aleatórios no mapa e obter dados mais realistas para avaliar o MCR<sup>2</sup>VGI apresentado. Os usuários da cidade piloto puderam inserir os pontos na posição de suas residências e informar uma quantidade fictícia de resíduos sólidos para cada tipo, segundo a classificação disponível na aplicação.

Os tipos de resíduos sólidos recolhidos em programas reais de coleta seletiva variam de acordo com a possibilidade do programa em dar a destinação correta àquele determinado tipo. Isso depende da capacidade do programa em reciclar aquele tipo de resíduos e das parcerias formadas com empresas que recolhem e direcionam corretamente um determinado tipo de resíduo sólido. No caso deste experimento a lista dos tipos de resíduos sólidos a serem recolhidos foi feita com base na lista fornecida pelo projeto InterAção<sup>3</sup>, que é aplicada no programa de coleta seletiva da cidade de Viçosa-MG. Na Tabela 1 é apresentada a lista criada com as categorias e subcategorias de resíduos sólidos com as adaptações aplicadas neste experimento.

---

<sup>3</sup> “O ‘Projeto InterAção – Responsabilidade Social e Meio Ambiente’ é um programa de extensão da Universidade Federal de Viçosa (UFV) que tem como missão a sensibilização da comunidade viçosense acerca da temática ‘resíduos sólidos’, com ênfase em coleta seletiva. O Projeto vem, desde 2008, realizando ações de implantação, consolidação e expansão da coleta seletiva em Viçosa, buscando sensibilizar a comunidade para a mudança nos comportamentos e atitudes, e o fortalecimento da ACAMARE (Associação dos Trabalhadores da Usina de Triagem e Reciclagem). A equipe de trabalho é multidisciplinar, composta por estudantes de diferentes cursos e as áreas de trabalho envolvem questões sociais, ambientais e econômicas.” [16]

Tabela 1 - Tabela de Classificação de resíduos sólidos.

<b>Categoria</b>	<b>Subcategoria</b>
Metal	Aço
	Ferro
	Latas
	Alumínio
	Outros
Papel	Caixa Tetra Pak
	Papel
	Papelão
	Outros
Plástico	Chapa de Raio-X
	Flexível
	Isopor
	Potes e Saquinhos de Plástico
	Rígido
	Outros
Vidro	Espelho
	Garrafas/Potes
	Lâmpada
	Outros
Outros	Outros

A cidade piloto escolhida para o experimento foi Piranga, que está localizada na zona da mata do estado de Minas Gerais. A cidade de aproximadamente 18.000 habitantes (segundo o censo de 2017) não possui um programa de coleta seletiva e produz cerca de 100 toneladas de lixo comum ao mês, somados o lixo produzido na sede com o da zona rural, segundo dados cedidos pela prefeitura municipal. A coleta do lixo na sede da cidade atualmente ocorre de segunda à sexta, de 7 às 16 horas, e na zona rural existe uma escala semanal também de segunda às sextas-feiras, onde cada dia fica destinado a atender determinados distritos por veículos de terceiros contratados pela prefeitura.

Como já apresentado no MCR<sup>2</sup>VGI anteriormente, a divulgação aos cidadãos sobre a simulação do programa de coleta seletiva na cidade foi aplicada, que é a primeira etapa do método. Para isso o meio mais prático e de alcance mais rápido foram as redes sociais. Foram utilizados o Facebook®, Instagram® e o aplicativo de mensagens Whatsapp®. No Facebook® o alvo principal foram os principais grupos de discussões da cidade. No Instagram e Whatsapp® foram feitas divulgações direcionadas, utilizando mensagens comuns e as funções *Stories* e *Status*, respectivamente.

Para a etapa seguinte, a de coleta de dados, o sistema ficou disponível para os usuários no endereço: <http://ide.dpi.ufv.br/coletaseletiva/>. Foi disponibilizado também

um vídeo tutorial<sup>4</sup> com o passo a passo do que deveria ser seguido para que os usuários colaborassem com o experimento. Era necessário fazer um rápido cadastro e o usuário já estava apto a fazer uma colaboração no mapa. Após o login basta clicar sua posição no mapa para inserir a colaboração por meio de uma janela com um formulário para inserção dos dados, conforme ilustra a Figura 6.

Figura 5. Janela de colaboração.

Dados Imagem

Material Subcategoria Peso(em Kg) Dimensões(em metros) +

Material Seleccione peso altura largura prof. x

Data e Hora da Colaboração

17/11/2019 - 20:14:06

Descrição da colaboração\*

Descreva sua colaboração

(\*) Campos Obrigatórios

Enviar Colaboração

Após a colaboração, os usuários foram direcionados para um breve questionário com as seguintes questões:

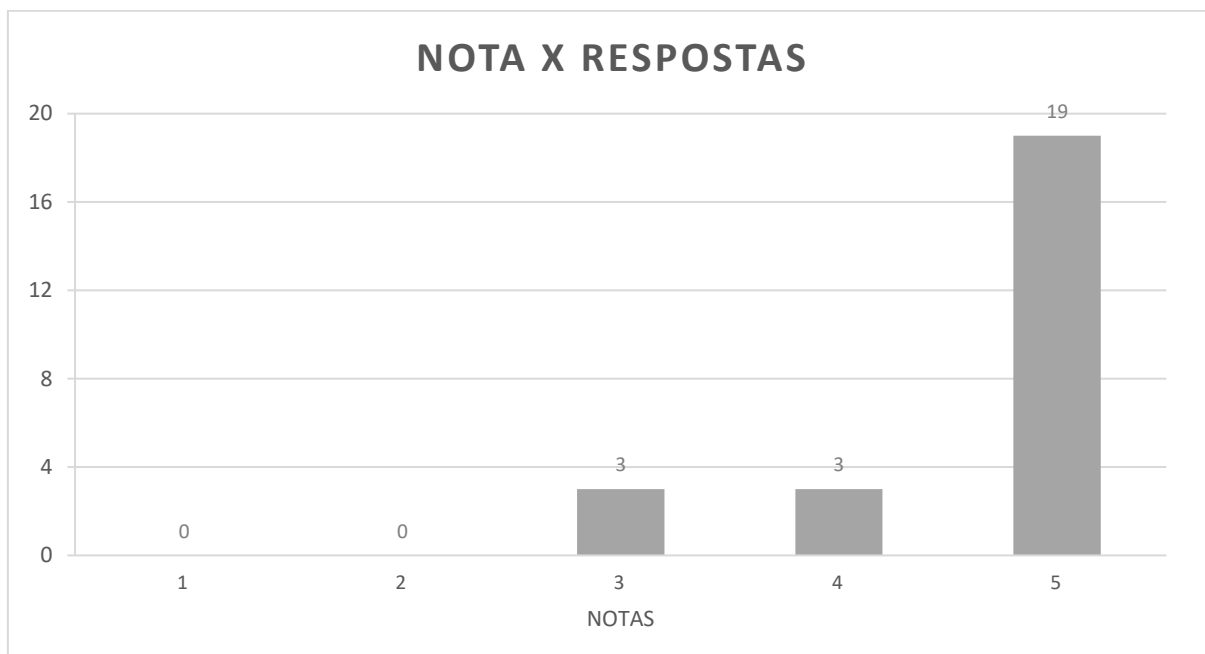
- “Com uma nota de 1 a 5, avalie a facilidade de utilização do sistema”;
- “Você usaria um sistema como o apresentado para colaborar com a coleta seletiva da sua cidade em uma situação real?”;
- “Preencha o campo abaixo com alguma sugestão, comentário e/ou crítica, caso queira”.

---

<sup>4</sup> Disponível em: <<https://youtu.be/IOqYLAGTXJ>>. Acesso em: 17 nov. de 2019.

Dentre as 27 colaborações realizadas, 25 usuários responderam ao questionário. A seguir está apresentado o resultado dos questionários respondidos. No gráfico 1 está representado o gráfico das respostas da questão 1.

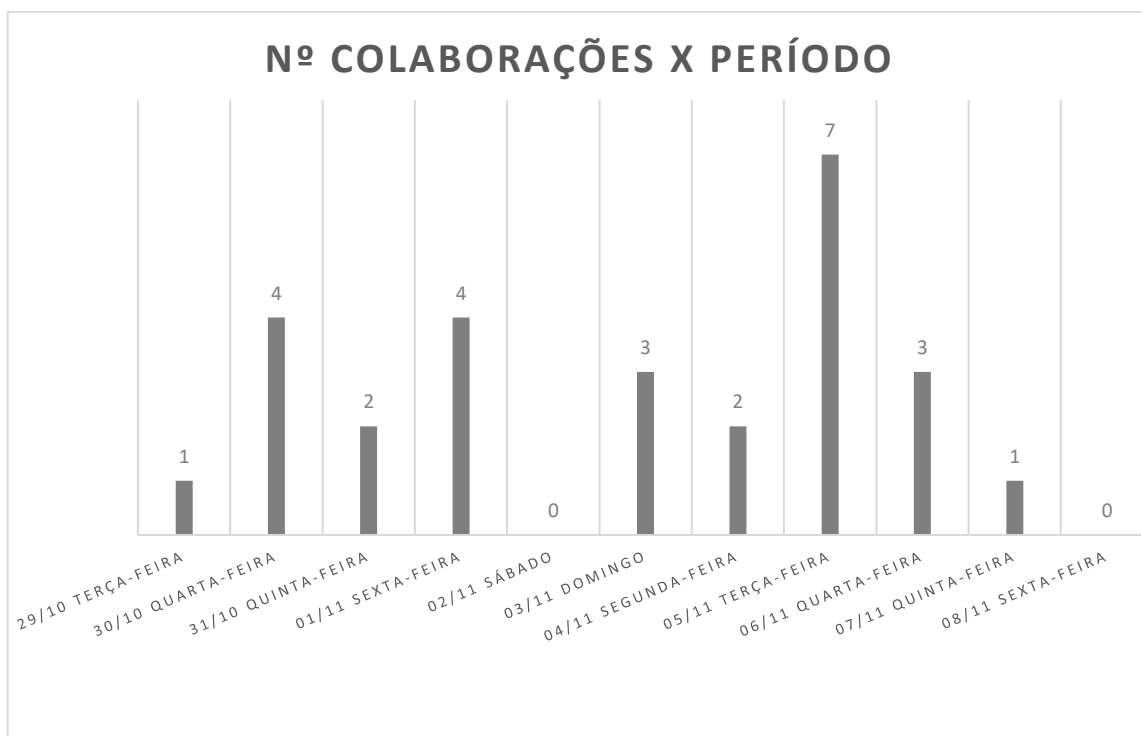
Gráfico 1 – Gráfico das respostas da questão 1 do questionário.



Quanto à questão 2 do questionário, 100% das pessoas que responderam ao questionário disseram que sim, utilizariam o sistema em uma situação real.

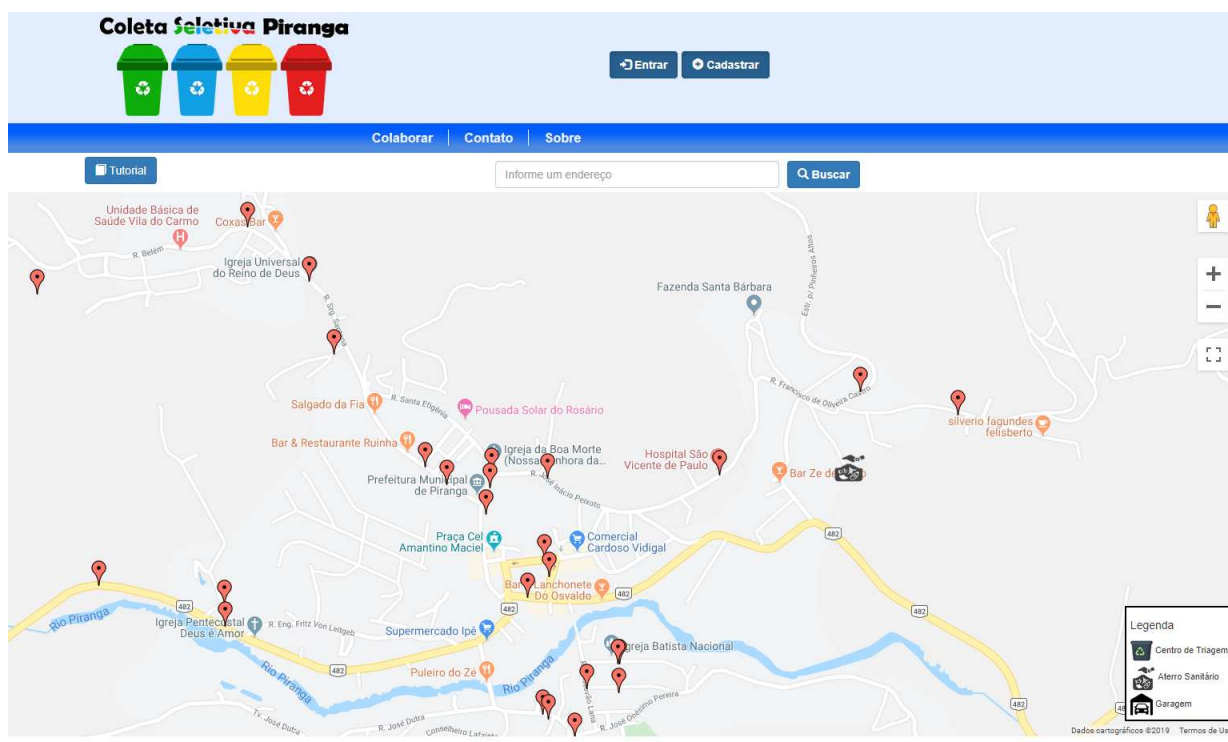
A questão 3 foi uma questão de texto livre para os usuários e não era obrigatório responder. Dos 25 questionários respondidos apenas 9 pessoas responderam esta questão. Dentre as respostas dos usuários para essa questão houve sugestões, como a necessidade de utilização do sistema em parceria com a administração municipal e de simplificações na etapa de inserção de dados, além de elogios devido ao tema do projeto (que é a destinação correta do lixo). No gráfico da Figura 8 pode-se observar o número de colaborações ao longo dos dias do experimento.

Gráfico 2 – Gráfico de representação das colaborações ao longo do período.



A Figura 6 mostra como ficaram as colaborações ao final do período de realização do experimento, dispostas no mapa (marcadores vermelhos).

Figura 6. Mapa com a colaborações do experimento simulado.



Com os pontos já coletados iniciou-se a etapa de geração de rotas do método. Na tela administrativa do ClickOnMap adaptado, é possível visualizar o mapa com as colaborações inseridas pelos usuários, e para gerar as rotas basta primeiramente preencher o formulário com a descrição da rota, data de coleta, turno e definir os pontos de partida (de onde o veículo coletor irá sair) e chegada (onde os resíduos serão entregues). Em seguida, deve-se selecionar os pontos no mapa os quais deseja-se coletar, e por meio da GDA a rota é gerada e apresentada à medida que os pontos são selecionados. A cada ponto selecionado, além da rota, o sistema calcula e apresenta a parcial do peso total, volume total e distância total a ser percorrida. Na Figura 7 pode-se observar a tela de criação de uma rota, com o formulário, a tabela de parciais à direita e o mapa com a rota e os pontos selecionados no centro.

Figura 7. Rota de coleta dos pontos selecionados.

The screenshot displays the 'ClickOnMap' web application interface. At the top, there is a navigation menu with options like 'Site', 'Menu', 'Usuários', 'Categorias', 'Tipos', 'Colaborações', and 'Ajuda'. Below the menu, the page title is 'Nova Rota'. The main area features a map with a green route connecting several red location markers. To the right of the map is a sidebar containing a form for route details and a summary table.

**Formulário de Detalhes da Rota:**

- Descrição: Coleta 12/11-Manhã
- Data: 12/11/2019
- Turno: Manhã
- Ponto de Início: Garagem da prefeitura.
- Ponto de Destino: Usina de triagem municipal.
- Exibir rota ao usuário?

**Tabela de Informações da Rota:**

Informações da Rota	
Peso Total	73,9 Kg
Volume Total	131,53 m³
Distância Total	13,975 Km

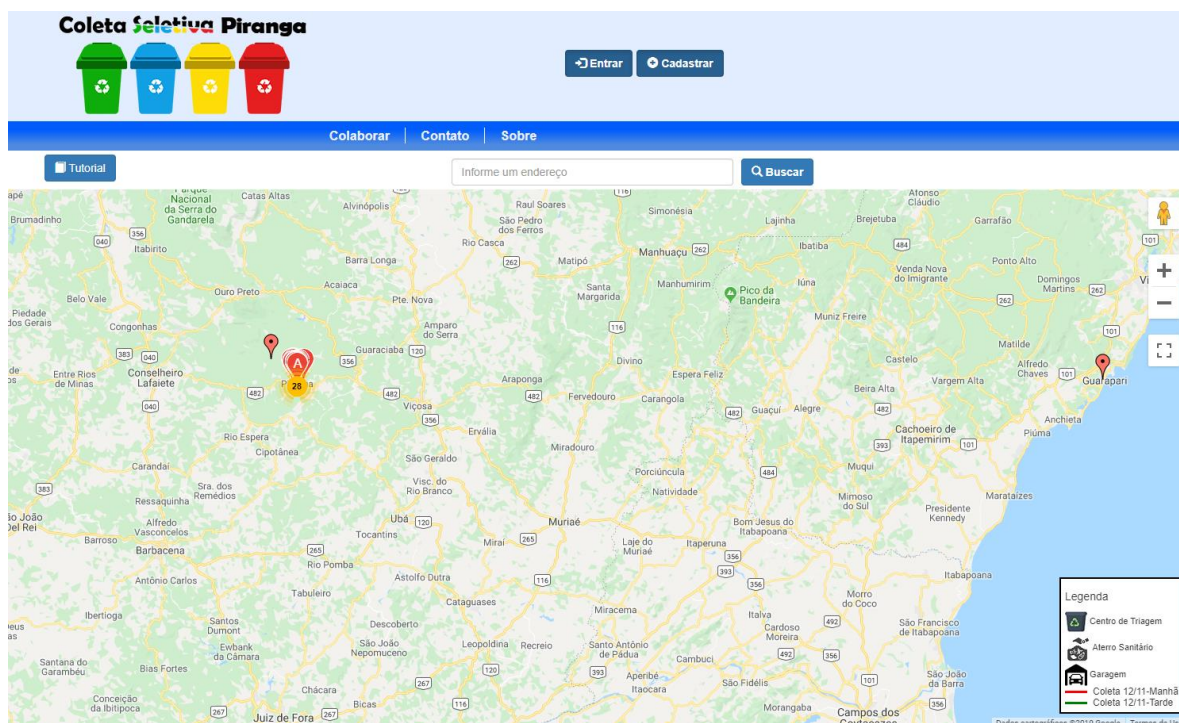
Assim que a rota foi gerada, os usuários receberam um email os alertando da rota criada com o horário e dia de coleta dos resíduos informados.

Na etapa seguinte do experimento, a rota foi marcada como executada no sistema. Isso deve ocorrer depois que os resíduos tiverem sido coletados em uma situação real, porém, no caso deste experimento simulado não houve a execução da rota e os resíduos informados pelos cidadãos não foram coletados.

Na figura 8 pode-se observar dois erros de inserção de informação, onde os usuários informaram pontos de coleta em locais fora da área definida para o experimento. Isso pode ter ocorrido por falha na divulgação do experimento ou pela

plataforma ClickOnMap adaptada não apresentar a limitação visual da área de onde o usuário deveria inserir seus pontos de coleta.

Figura 8. Erros de inserção de dados.



### 2.2.5 Resultados e Discussões

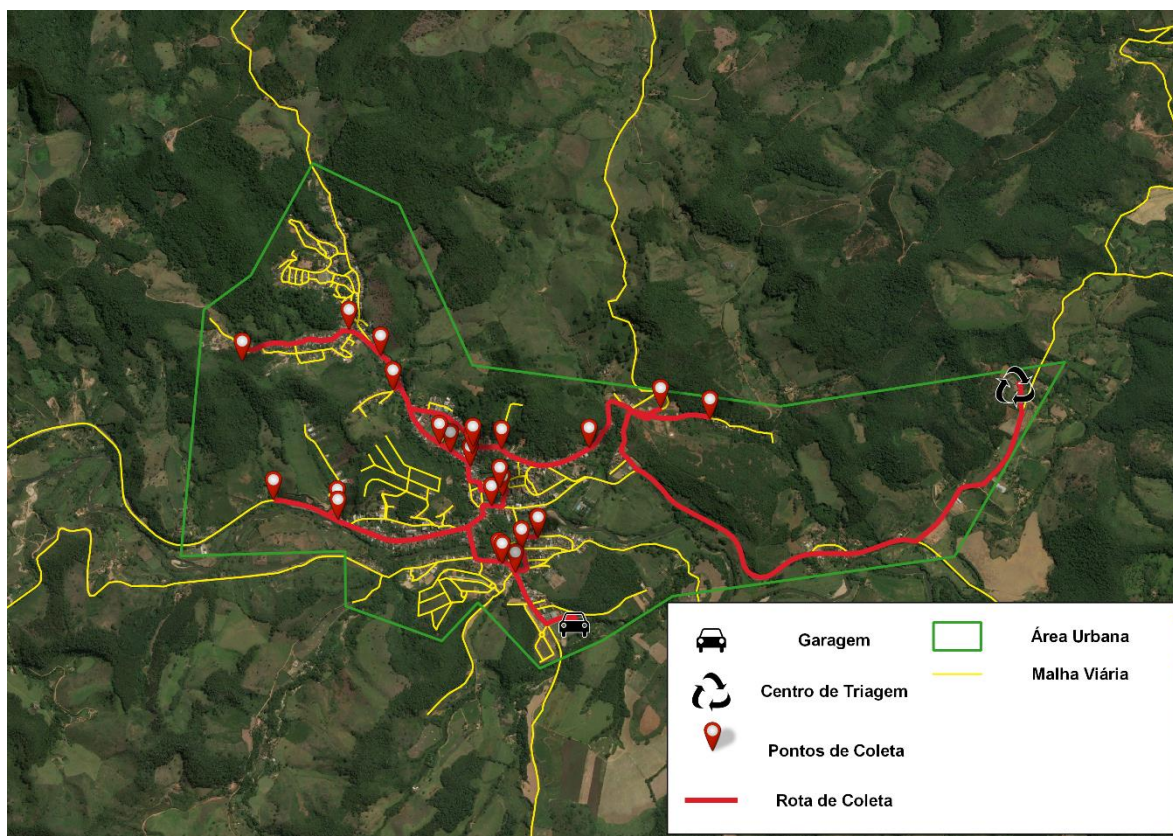
Nesta seção é feita uma análise dos resultados obtidos do experimento simulado e outras possíveis aplicações para o MCR<sup>2</sup>VGI.

Por meio do experimento simulado foi possível gerar uma rota eficiente para fazer a coleta dos resíduos nos pontos informados pelos usuários, utilizando o algoritmo de Dijkstra, que está por trás da GDA. É possível observar que a rota gerada deixa de passar em vias que não possuem resíduos sólidos para serem coletados, o que já mostra uma economia de combustível, devido aos veículos coletores não terem que passar em vias que não possuem pontos de coleta.

A Figura 9 contém um mapa gerado utilizando o SIG QGIS, para a obtenção do comprimento da malha viária da cidade de Piranga. A forma encontrada para calcular

esse comprimento foi através dos dados exportados da plataforma OpenStreetMap<sup>5</sup>. Por meio da aplicação QGIS foi definido um polígono delimitando a área urbana do município de Piranga, buscando cercar as vias pertencentes a ela. Utilizando a ferramenta de “soma dos comprimentos de linhas” presente na aplicação, chegou-se a um comprimento total de 34.078 metros aproximadamente (O apêndice A contém os passos detalhados desta análise).

Figura 9. Imagem gerada no QGIS para análise do resultado.



Levando-se em conta a distância total da rota calculada pelo GDA com base nos pontos fornecidos pelos usuários, 13.975 metros, observa-se que o valor que é menos da metade do comprimento total da malha viária. No caso de uma rota ostensiva, ou seja, uma rota que passa por todas as ruas, a distância percorrida deveria ser de no mínimo de 34.078 metros segundo os dados do OSM, porém existem ruas que ainda não possuem residências, mas por serem uma quantidade

<sup>5</sup> A OpenStreetMap é uma plataforma de mapeamento colaborativo, onde os usuários do mundo todo acessam a infraestrutura para consumir, criar, editar e validar as informações geográficas de forma gratuita. [17]

pequena, não impactam tanto neste número. Assim, observa-se que a rota gerada representa aproximadamente 41% do total do comprimento das vias que deveriam ser percorridas no caso de uma rota ostensiva.

Na Tabela 2 são apresentados os valores de peso total, volume total e a distância total a ser percorrida, que foram adquiridos com a geração da rota, para atender todos os pontos de coleta inseridos durante o experimento. Com estes valores é possível colaborar com a tomada de decisão e definir, por exemplo, qual o veículo ideal para fazer a coleta para determinada rota. Já na Tabela 3 constam os valores detalhados de peso e volume de cada tipo de material a serem coletados na rota criada com o experimento simulado.

Tabela 2 - Dados da Rota Gerada.

<b>Peso Total</b>	73,89 Kg
<b>Volume Total</b>	131,53 m <sup>3</sup>
<b>Distância Total</b>	13.975 m

Tabela 3 - Quantidades Parciais.

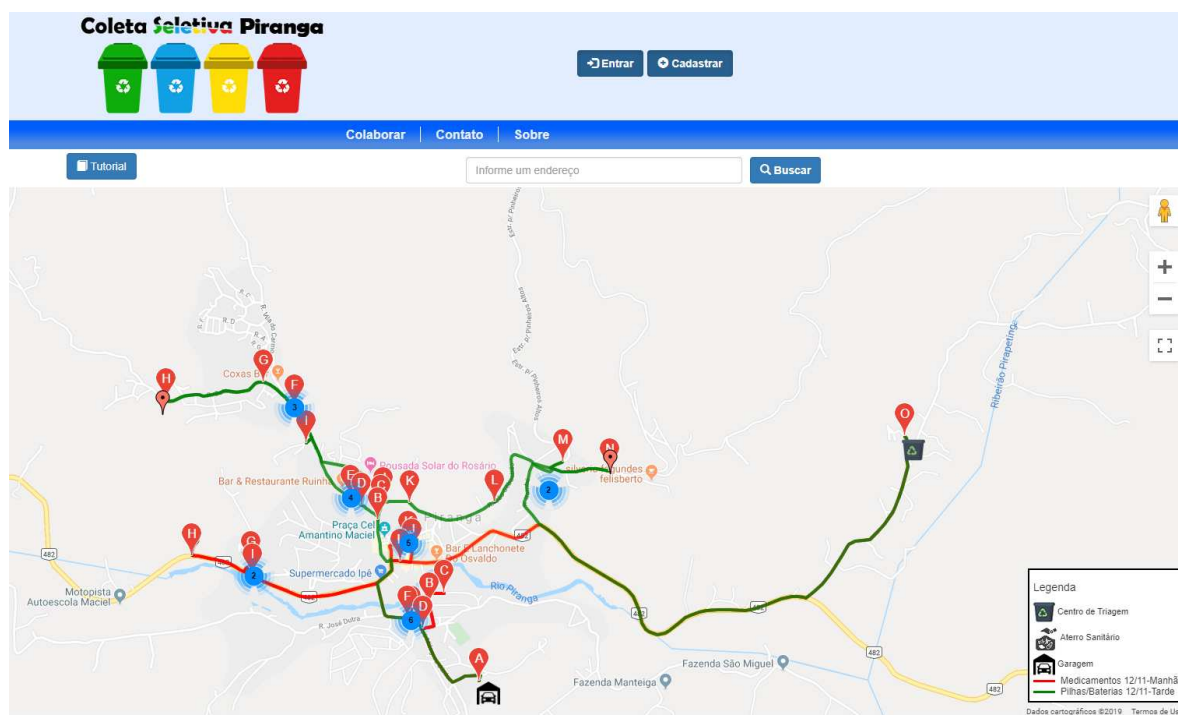
<b>Categoria</b>	<b>Subcategoria</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>
Metal	Aço	0	0
	Alumínio	4,30	0,19
	Ferro	5,50	0
	Latas	0	4,13
	Outros	0	0
Papel	Caixa Tetra Pak	2,50	0,20
	Papel	4,00	2,09
	Papelão	3,00	30,10
	Outros	0	0
Plástico	Chapa de Raio-X	7,00	6,00
	Flexível	10,50	15,28
	Isopor	0	0
	Potes e Saquinhos de Plástico	1,50	0,20
	Rígido	2,30	0,62
	Outros	1,00	0,04
Vidro	Espelho	0	0
	Garrafas/Potes	17,30	50,48
	Lâmpada	4,50	9,00
	Outros	0	0
Outros	Outros	10,50	13,20

O MCR<sup>2</sup>VGI possui potencial para ser aplicado em outras situações como, por exemplo, em programas de logística reversa e na gestão da coleta de lixo ostensiva.

Para a logística reversa, os usuários iriam informar a quantidade e o tipo dos materiais pertinentes a esse tipo de coleta, os quais desejam disponibilizar. Geralmente são pilhas/baterias, medicamentos vencidos, eletroeletrônicos

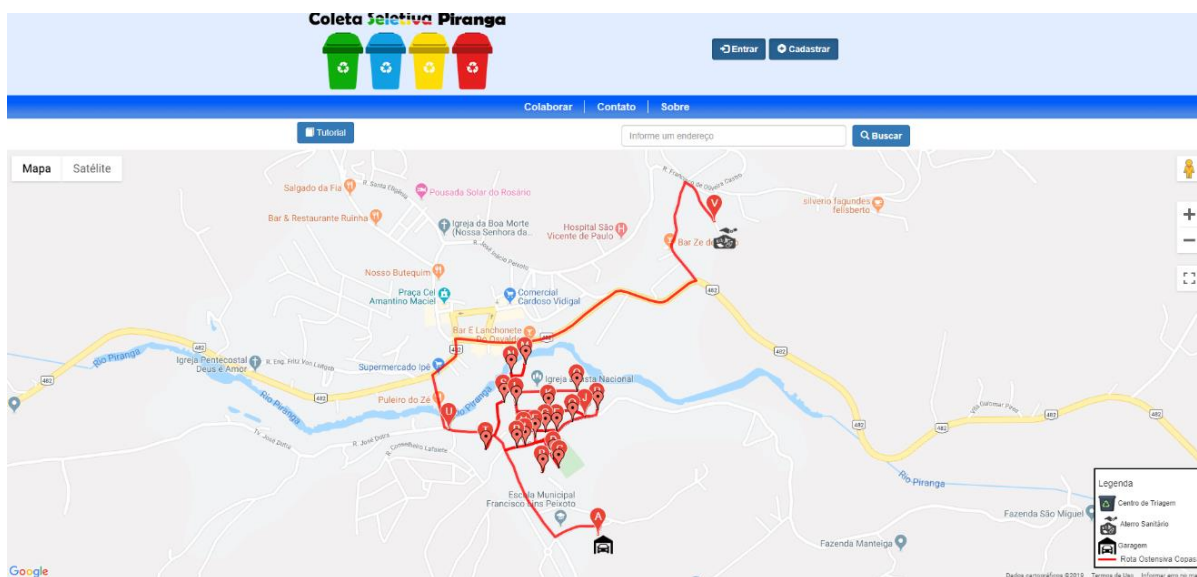
danificados etc., pois necessitam uma atenção maior para serem descartados. As rotas podem ser geradas de acordo com o tipo de material, e apresentadas aos usuários separadamente. Na Figura 10 são apresentadas duas rotas no mesmo mapa, onde a vermelha é uma rota para o recolhimento de medicamentos vencidos e a verde para pilhas/baterias.

Figura 10. Rotas de logística reversa distintas pelo tipo de material.



A coleta de lixo ostensiva acontece quando todas as ruas de um bairro ou região são atendidas por uma rota de coleta. Por isso ela deve ser planejada para que seja executada de forma eficiente, evitando trajetos desnecessários. Dessa forma, o MCR<sup>2</sup>VGI ajudaria nesse planejamento, onde os gestores do sistema definiriam quais ruas seriam atendidas em uma determinada região e definiriam os pontos de parada do veículo coletor para que a GDA calculasse a melhor rota. A Figura 11 ilustra uma rota ostensiva gerada para atender uma região da cidade de Piranga.

Figura 11. Rota ostensiva de coleta.



## 2.2.6 Conclusões

A gestão dos resíduos gerados é um tema relevante à toda população e deve ser apoiada por políticas e rotinas muito bem definidas para se tornar efetiva e conseguir exercer a sua função que é dar uma destinação correta ao lixo gerado.

Para se obter sucesso com um programa de coleta seletiva, sua gestão deve ser eficiente, engajando a população, buscando evitar gastos desnecessários e focando em coletar materiais que possam trazer um bom retorno ao processo, tornando-o autossustentável. Já a logística reversa possui uma boa adesão por parte das empresas, pois além de colaborar com meio ambiente, ela ajuda a abastecer o ciclo produtivo industrial com matéria prima, o que a torna mais interessante.

Sistemas de informação que manipulam dados geográficos, até mesmo os de uso gratuito, estão cada vez mais eficientes, o que melhorou o acesso ao processamento desse tipo de informação. Alguns SIG já possuem ferramentas de roteamento de veículos possibilitando, por exemplo, aos municípios de pequeno porte, que não conseguem investir muito recurso em software, utilizá-los para a tomada de decisão.

O MCR<sup>2</sup>VGI pode ser adaptado na etapa de geração de rotas, com base em pontos de coleta definidos pelos gestores, os quais desejam que sejam atendidos pela coleta. Uma ressalva a ser feita é que a GDA, utilizada para a geração de rotas neste

trabalho, possui recursos gratuitos limitados, o que restringe sua utilização em aplicações reais, por necessitar de investimento financeiro. É necessário pensar em alternativas para esta etapa do MCR<sup>2</sup>VGI.

Na literatura existem trabalhos na área de otimização ligados ao problema de roteamento de veículos, e dentre eles existem os estudos voltados à coleta de lixo. O principal diferencial deste trabalho é a utilização de VGI dentro do MCR<sup>2</sup>VGI, que é uma informação que torna o processo mais eficiente, evitando percursos desnecessários pelo veículo coletor. Como trabalhos futuros propõe-se, além de gerar rotas baseando-se apenas nas distâncias entre os pontos informados pelos usuários, agregar técnicas de otimização levando também em conta variáveis como, por exemplo, o relevo (declividade) e a largura de vias para definir qual tipo de veículo poderá ser utilizado para atender determinada rota, que é importante para saber se o veículo designado pode transitar pelas vias propostas.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem o apoio recebido dos colaboradores voluntários do município de Piranga-MG e dos membros do projeto InterAção, projeto de coleta seletiva da UFV. Este trabalho foi parcialmente financiado pela CAPES e Fapemig.

### **Referências**

- [1] FRIEDE, R. et al. Coleta seletiva e educação ambiental. **Educação & Formação**, v. 4, n. 11, p. 117-141, 2019.
- [2] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Lixão Zero**. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/images/agenda\\_ambiental/residuos/programalixaozero\\_saibamais.pdf/](https://www.mma.gov.br/images/agenda_ambiental/residuos/programalixaozero_saibamais.pdf/). Acesso em: 24 nov. 2019.
- [3] TOPALOGLU, M.; YARKIN, F.t; KAYA, T. Solid waste collection system selection for smart cities based on a type-2 fuzzy multi-criteria decision technique. **Soft Computing**, v. 22, n. 15, p. 4879-4890, 2018.
- [4] BRINGHENTI, J. R.; GÜNTHER, W. M. R. Participação social em programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 421-430, 2011.
- [5] MOURA, A. C. M. **Tecnologias de geoinformação para representar e planejar o território urbano**. Rio de Janeiro: Interciência, 2016.

- [6] GOODCHILD, Michael F. Citizens as Voluntary Sensors: Spatial Data Infrastructure in the World of Web 2.0. **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 2, p. 27-29, 2007.
- [7] DE LIRA FERREIRA, G.; SAMBINELLI, F. **Recycler**: Um Aplicativo Móvel Colaborativo para Reciclagem de Materiais, 2017.
- [8] LOUATI, A. et al. Smart routing for municipal solid waste collection: a heuristic approach. **Journal of ambient intelligence and humanized computing**, v. 10, n. 5, p. 1865-1884, 2019.
- [9] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/política-de-resíduos-sólidos/>. Acesso em: 24 nov. 2019.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004**: Resíduos sólidos, classificação de resíduos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- [11] BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de ago. de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 05 dez. 2019.
- [12] IKUTA, F. A. **Resíduos sólidos urbanos no Pontal do Paranapanema – SP**: inovação e desafios na coleta seletiva e organização de catadores. 2010. 235 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/101435>>.
- [13] ASSOCIAÇÃO COMERCIAL DO PARANÁ. **Logística reversa de pilhas e baterias portáteis começa a ser implantada no Paraná**. 2017. Disponível em: <https://acpr.com.br/noticias/pilhas-e-baterias-portateis-tem-sistema-de-logistica-reversa/>. Acesso em: 06 mar. 2018.
- [14] CÂMARA, J. H. S.; VEGI, L. F. M.; PEREIRA, R. O.; GEOCZE, Z. A.; LISBOA-FILHO, J.; SOUZA, W. D. ClickOnMap: Uma plataforma para desenvolvimento de sistemas de Informação Geográfica Voluntária. In: CONFERENCIA IBÉRICA DE SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN (CISTI), 12., 2017, Lisboa, Portugal. **Actas...** Lisboa: AISTI | ISEGI, Vol. I, 2017, p. 964-969.
- [15] DIAS, V. E. C.; SPERANDIO, V. G.; LISBOA-FILHO, J. Geração de rotas para coleta seletiva de resíduos urbanos utilizando informação geográfica voluntária.

In: CONFERENCIA IBÉRICA DE SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN (CISTI), 13., 2019, Porto. **Actas...** Porto: AISTI | ISEGI, Vol. I, 2019, pp. 1-6.

- [16] Projeto InterAção: **Quem somos.** Disponível em: [http://www.projetointeracao.ufv.br/?page\\_id=9/](http://www.projetointeracao.ufv.br/?page_id=9/). Acesso em: 24 nov. 2019.
- [17] HAKLAY, M.; WEBER, P. OpenStreetMap: User-generated street maps. **IEEE Pervasive Computing**, v. 7, n. 4, p. 12-18, 2008.

### 3 CONCLUSÕES GERAIS

Este trabalho, inserido no contexto de *smart cities*, abordou um tema importante para a sociedade na atualidade, a coleta e destinação ambientalmente correta para os resíduos sólidos recicláveis. Com a implementação do MCR<sup>2</sup>VGI mostrou-se a importância da aplicação de novas tecnologias e a execução das ferramentas presentes na PNRS, como a coleta seletiva e a logística reversa. O MCR<sup>2</sup>VGI cobre desde a divulgação e incentivo da população sobre a separação do lixo, até a execução da coleta seletiva com base nos pontos de coleta informados pelos usuários.

VGI foi a principal tecnologia aplicada para o enriquecimento do processo de coleta seletiva, afinal foi com base nessa informação que as rotas de coleta são geradas. Com os resultados obtidos no segundo artigo, foi observado dentro dos estudos de casos, o ganho que o uso de VGI traz ao programa de coleta seletiva com a geração de rotas mais eficientes. Ao inserir a sua localização juntamente com os dados sobre os resíduos os quais deseja que sejam coletados, o usuário se depara com os tipos de resíduos que devem ser separados para a coleta, uma forma de evitar, por exemplo, o envio de tipos de resíduos que não são atendidos pelo programa de coleta para a usina de triagem.

Um obstáculo que surgiu durante o projeto foi a utilização da API do Google® para a geração de rotas. Esta API impõe uma limitação no número de *waypoints* passados por requisição para a geração de rotas. São permitidos apenas 23 pontos intermediários por rota. Em caso de aplicação do MCR<sup>2</sup>VGI em um programa coleta seletiva real, seria necessário a utilização de outra API que pudesse atender uma maior quantidade de pontos.

Como trabalhos futuros sugere-se a aplicação do MCR<sup>2</sup>VGI em programas de coleta seletiva ou logística reversa reais para verificar e analisar melhor os ganhos que ele traz ao processo. Isso, através da análise de dados anteriores e posteriores à aplicação do MCR<sup>2</sup>VGI. Técnicas de otimização também são interessantes para serem incorporadas ao MCR<sup>2</sup>VGI a fim de melhorar a geração de rotas com o uso de variáveis relacionadas, por exemplo, declividade e largura de vias, podendo assim ajudar na definição do tipo de veículo coletor para determinada rota.

É preciso levantar também a questão da substituição da API de geração de rotas. Uma opção é a ferramenta de geração de rotas *Open Source OSRM*<sup>6</sup>, que faz parte da comunidade OpenStreetMap. Para utilizá-la basta hospedá-la em um servidor, e assim o serviço (*Webservice*) de rotas fica disponível para acesso, de forma irrestrita, por qualquer aplicação através da sua interface HTTP.

Outra técnica que pode ser agregada ao MCR<sup>2</sup>VGI com a intenção de aumentar a participação da população é a gamificação, que é definida pela utilização de elementos presentes em jogos fora deste contexto. Ela traz características do *design* de jogos que oferecem recursos motivacionais ao trabalho colaborativo com o apoio princípios que estão ligados à psicologia motivacional dos videogames.

Tecnologias *mobile*, presentes nos smartphones, estão muito acessíveis pela população atualmente. Assim, a criação de um ambiente *mobile* para a implantação do MCR<sup>2</sup>VGI em situação real é inevitável. Mais uma sugestão de trabalho futuro é o desenvolvimento uma aplicação *mobile* que possua uma interface intuitiva, simples e que o usuário possa inserir as informações de coleta de resíduos de forma ágil. Nesse ambiente se torna interessante também a implementação de formas de envio de notificações sobre a coleta seletiva aos usuários através de plataformas que já possuem grande adesão como, por exemplo, o Whatsapp®.

---

<sup>6</sup> Disponível em: <http://project-osrm.org/>. Acesso em: 04 jan. 2020.

## REFERÊNCIAS

BAKICI, T.; ALMIRALL, E.; WAREHAM, J. A smart city initiative: the case of Barcelona. **Journal of the Knowledge Economy**, v. 4, n. 2, p. 135-148, 2013.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de ago. de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 05 de dez. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Lixão Zero**. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/images/agenda\\_ambiental/residuos/programalixaozero\\_saiba\\_mais.pdf](https://www.mma.gov.br/images/agenda_ambiental/residuos/programalixaozero_saiba_mais.pdf). Acesso em: 24 nov. 2019.

CÂMARA, J. H. S.; VEGI, L. F. M.; PEREIRA, R. O.; GEOCZE, Z. A.; LISBOA-FILHO, J.; SOUZA, W. D. ClickOnMap: Uma plataforma para desenvolvimento de sistemas de Informação Geográfica Voluntária. In: CONFERENCIA IBÉRICA DE SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN (CISTI), 12., 2017, Lisboa, Portugal. **Actas...** Lisboa: Aisti | Isegi, Vol. I, p. 964-969.

FALCÃO, A. G. R.; BAPTISTA, C. D. S.; MENEZES, L. D. Crowd4City: utilizando sensores humanos como fonte de dados em cidades inteligentes. In: Brazilian Symposium on Information Systems, 8., 2012, São Paulo-SP. **Proceedings...** São Paulo-SP: Biblioteca Digital Brasileira de Computação, p. 144-149.

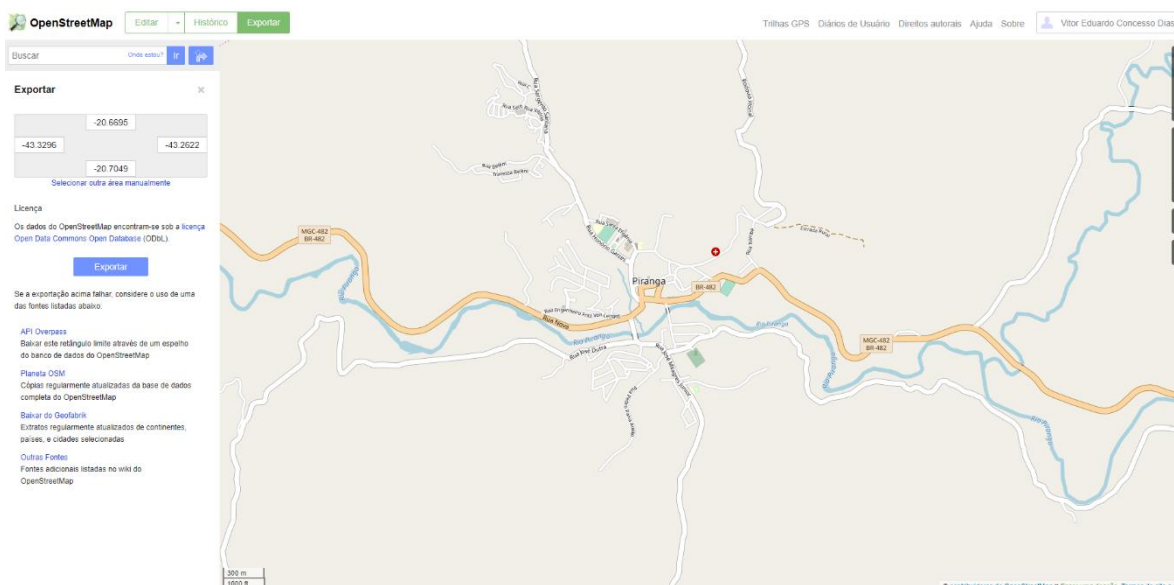
GOODCHILD, M. F. Citizens as voluntary sensors: spatial data infrastructure in the world of Web 2.0. **IJSDIR**, v.2, p. 24-32, 2007.

NAM, T.; PARDO, T. A. Smart city as urban innovation: Focusing on management, policy, and context. In: International conference on theory and practice of electronic governance, 5., 2011, Tallinn, Estonia. **Proceedings...** Tallinn, Estonia: ACM Library Digital, 2011. p. 185-194.

NEIROTTI, P.; DE MARCO, A.; CAGLIANO, A. C.; MANGANO, G.; SCORRANO, F. Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. **Cities**, v. 38, p. 25-36, 2014.



Figura 2. Tela de exportação de dados da plataforma OpenStreetMap.



Em seguida importou-se a área selecionada no QGIS. No painel de navegação (esquerdo) encontrou-se o arquivo exportado da plataforma OpenStreetMap (Figura 3) e o adicionou à lista de camadas selecionando apenas as feições do tipo “*lines*” (Figura 4).

Figura 3. Tela da aplicação QGIS com o painel de navegação e camadas à esquerda.

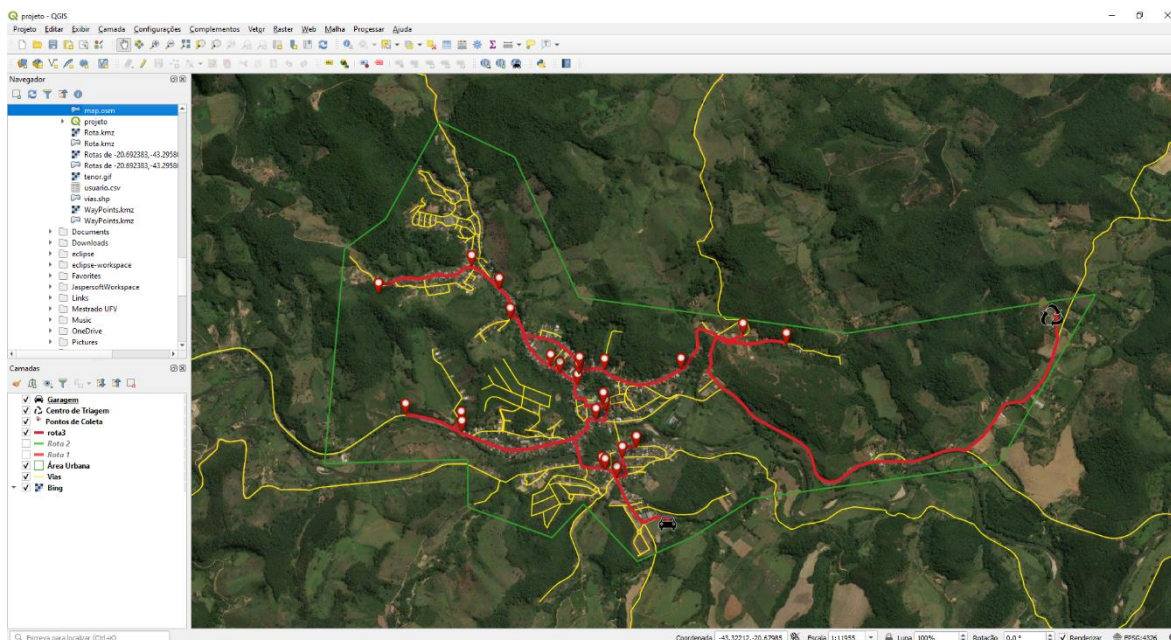
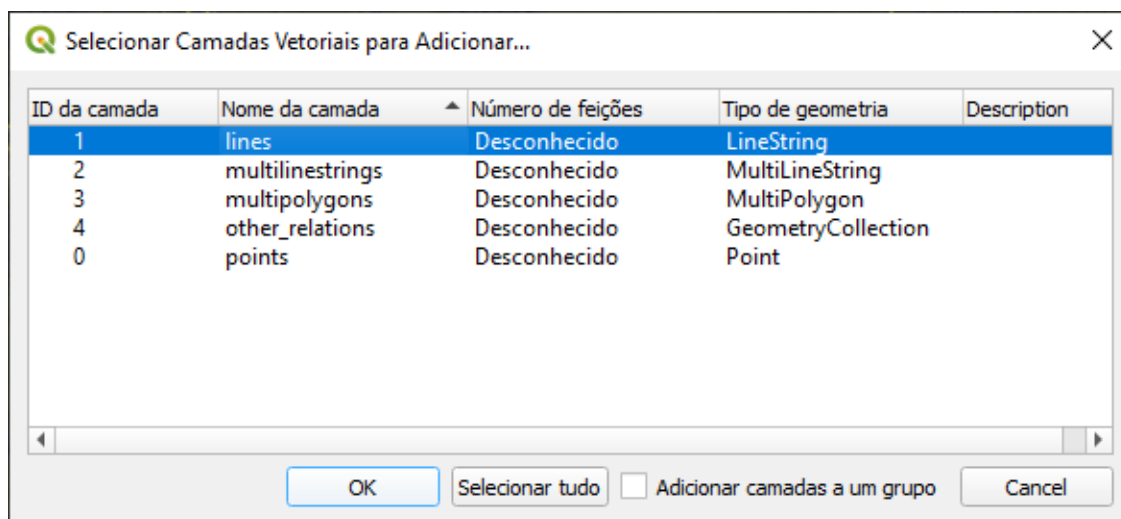
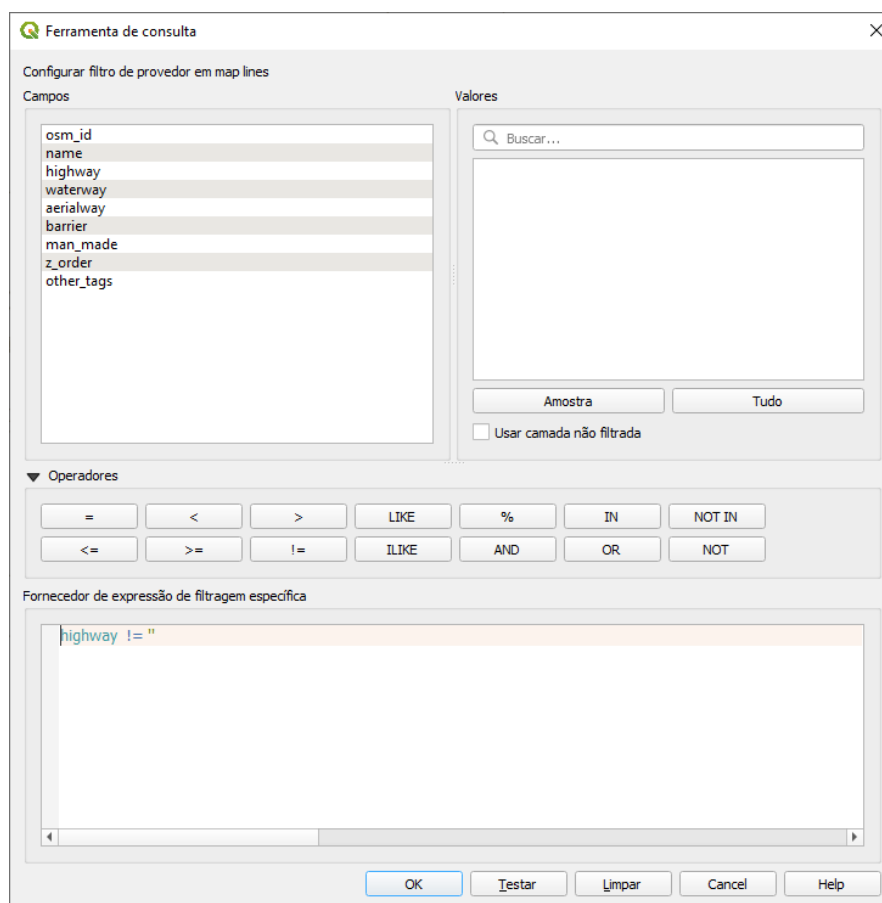


Figura 4. Tela da aplicação QGIS para definição do tipo de feição a ser importada.



Para selecionar apenas as feições do tipo vias de trânsito, foi aplicado um filtro a fim de selecionar apenas as do tipo “*highway*” (Figura 5).

Figura 5. Tela da aplicação QGIS para filtrar feições em camadas.



Em seguida foi gerada uma nova camada com a geometria que continha todas as vias urbanas da cidade. A nova camada foi desenhada utilizando as ferramentas de desenho da aplicação e salva no formato *Shapefile*. Ela está representada no mapa na cor verde (Figura 6 e 7).

Figura 6. Aplicação QGIS com as camadas utilizadas e produzidas para o artigo II.

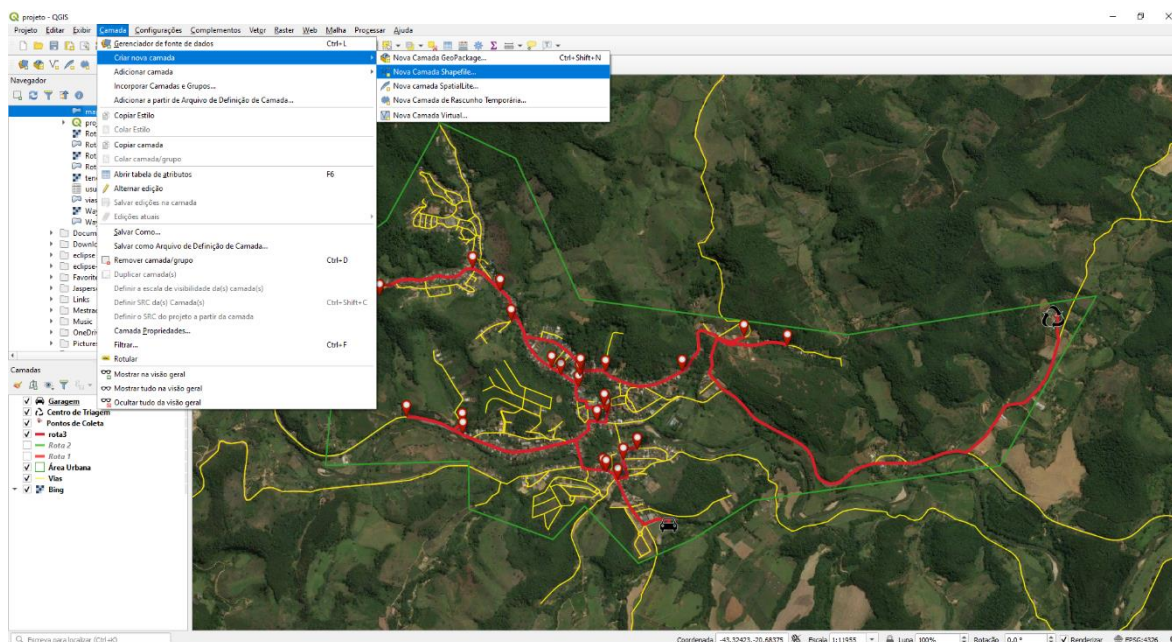


Figura 7. Tela de criação de camadas do QGIS.

Nova camada shapefile

Nome do arquivo: Área Urbana

Codificação de arquivo: UTF-8

Tipo de geometria: Ponto

Additional dimensions:  Nenhum  Z (+ valores M)  valores M

EPSG:4326 - WGS 84

Novo Campo

Nome:

Tipo:

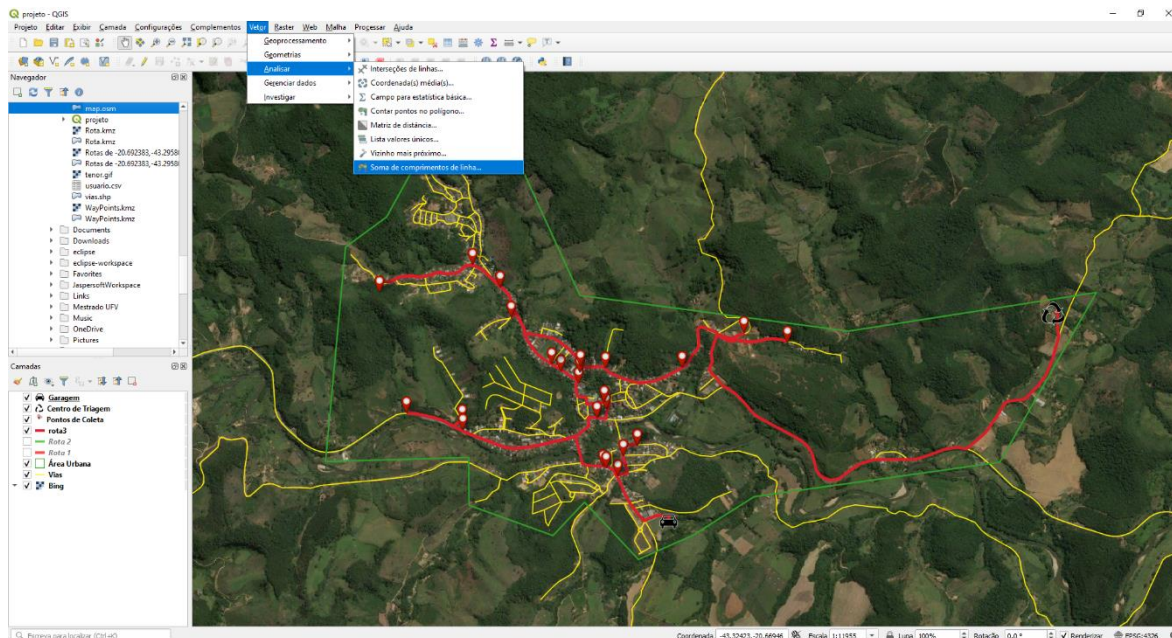
Comprimento: 80 Precisão:

Lista de Campos

Nome	Tipo	Comprimento	Precisão
id	Integer	10	

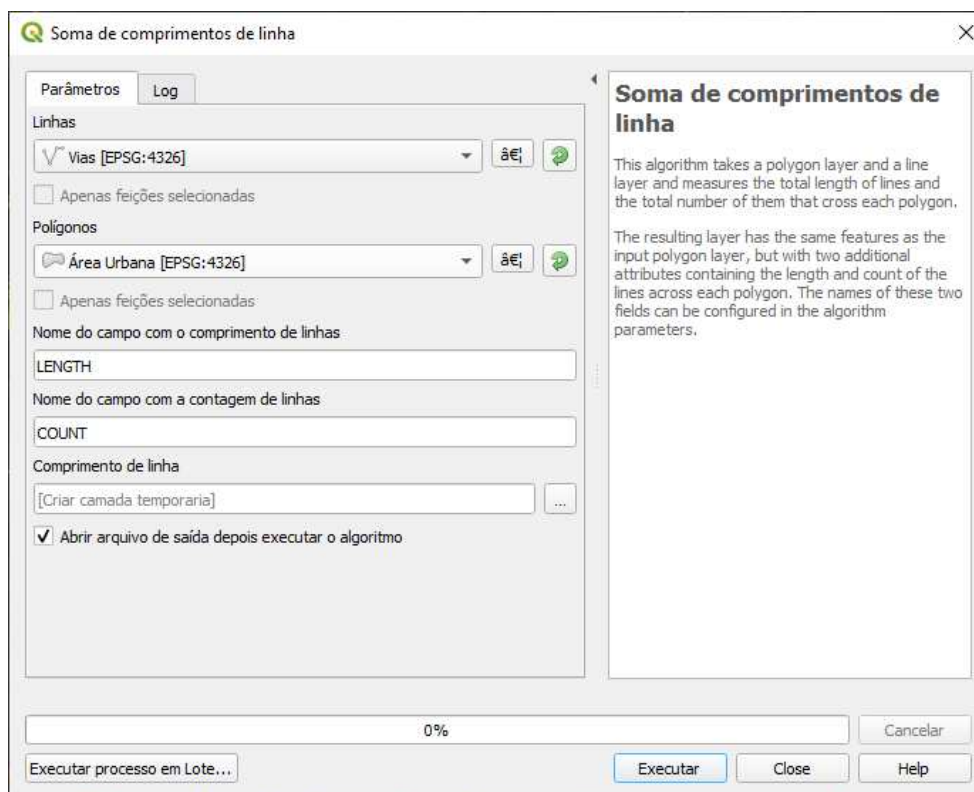
Em seguida foi utilizada a ferramenta de soma dos comprimentos de linhas, para somar os comprimentos das linhas contidas na geometria da área urbana da cidade de Piranga-MG (Figura 8).

Figura 8. Caminho da ferramenta de “soma dos comprimentos de linhas” do QGIS.



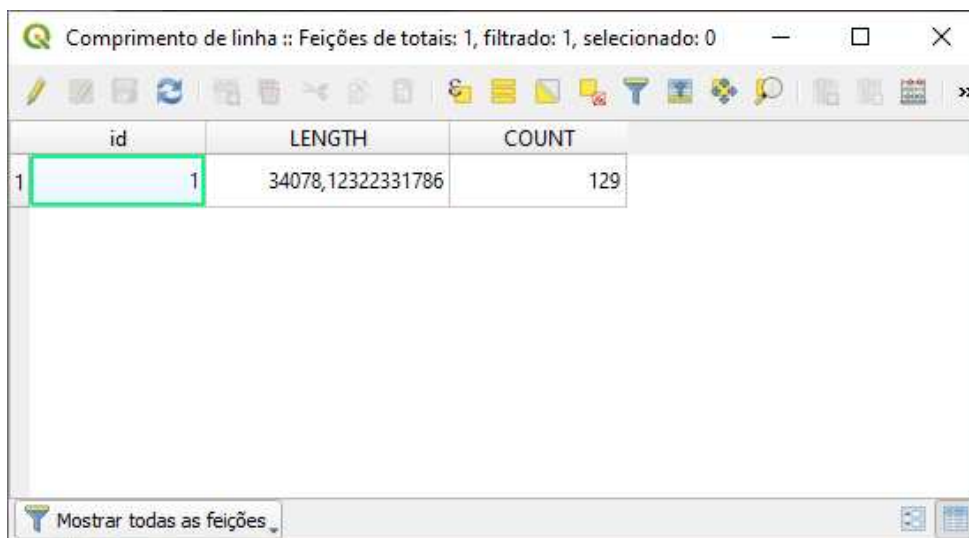
Na tela da ferramenta deve-se selecionar a camada de linhas e a camada que possui a geometria da área a qual deseja somar os comprimentos (Figura 9).

Figura 9. Tela da ferramenta de “soma dos comprimentos de linhas” do QGIS.



A figura 10 mostra a tela de resultado da ferramenta de soma de linhas da ferramenta QGIS, com a soma do comprimento das vias da cidade de Piranga-MG em metros.

Figura 10. Tela do resultado da ferramenta de soma de linhas do QGIS.



id	LENGTH	COUNT
1	34078,12322331786	129