



**UNIFACS**

UNIVERSIDADE SALVADOR

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

**UNIFACS UNIVERSIDADE SALVADOR  
MESTRADO PROFISSIONAL EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO**

**MARCOS SILVA SOUSA**

**VISUALIZAÇÃO DE ROTAS DE VEÍCULOS ATRAVÉS DA COMPOSIÇÃO DE  
SEGMENTOS DE VÍDEOS GEORREFERENCIADOS**

Salvador  
2015

**MARCOS SILVA SOUSA**

**VISUALIZAÇÃO DE ROTAS DE VEÍCULOS ATRAVÉS DA COMPOSIÇÃO DE  
SEGMENTOS DE VÍDEOS GEORREFERENCIADOS**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Sistemas e Computação da UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Alberto Prado de Campos.

Salvador  
2015

**FICHA CATALOGRÁFICA**  
(Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIFACS Universidade  
Salvador, Laureate International Universities)

Sousa, Marcos Silva

Visualização de rotas de veículos através da composição de segmentos de vídeos georreferenciados./ Marcos Silva Sousa.- Salvador, 2015.

80 f. : il.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Computação da UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador Prof. Dr. Jorge Alberto Prado de Campos.

1. Sistemas de Informações Geográficas 2. Vídeos Georreferenciados 3. Visualização de Rotas de Veículos. I. Campos, Jorge Alberto Prado, orient. II. Universidade Salvador – UNIFACS. III. Título

CDD:004

## TERMO DE APROVAÇÃO

MARCOS SILVA SOUSA

### VISUALIZAÇÃO DE ROTAS DE VEÍCULOS ATRAVÉS DA COMPOSIÇÃO DE SEGMENTOS DE VÍDEOS GEORREFERENCIADOS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Sistemas e Computação, Universidade Salvador – UNIFACS, Laureate International Universities pela seguinte banca examinadora:

Jorge Alberto Prado de Campos – Orientador \_\_\_\_\_  
Doutor em Spatial Information Science and Engineering, University of Maine at Orono  
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities

Joberto S. B. Martins \_\_\_\_\_  
Doutor em Computação (PhD) pela Université Pierre et Marie Curie, França  
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities

Thomas de Araújo Buck \_\_\_\_\_  
Doutor em Informática pelo Universität Tübingen, Alemanha  
Secretaria Estadual de Ciências, Tecnologia e Inovação - SECTI

Salvador, 14 de dezembro de 2015.

Dedico este trabalho a minha esposa Luciana, ao meu filho Pedro e a todos que me amam e que souberam perdoar a minha ausência ao longo da elaboração deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, pelo dom da vida. Aos meus pais, Petronílio Souza e Maria Edite, por me darem a oportunidade que não tiveram. A minha esposa, Luciana, pela paciência, apoio e carinho durante os momentos mais difíceis. Ao meu filho, Pedro, por mim dá inspiração e certeza que deveria continuar seguindo em frente.

Aos meus professores, por direcionar-me no caminho do conhecimento, de forma especial, ao meu orientador Professor Dr. Jorge Campos pela confiança, paciência e oportunidade que me foi concedido. Por dedicar e ceder o seu tempo para que este trabalho tivesse êxito.

Aos meus colegas e amigos que tive a honra de conhecer na UNIFACS, em especial Almir Santiago, Annanette Rabelo, Edson Mota, Flávio Rocha, Gledston Carneiro, Henrique Soares, Ivan Lessa, Mayara Rodrigues, Rafael Cardoso, e tantos outros, pelas discussões produtivas e pelo compartilhamento do processo desgastante e cansativo inerentes à atividade de pesquisa. A todos aqueles que, direta ou indiretamente, ajudaram na execução deste trabalho.

Agradeço também a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB pelo apoio financeiro, com a concessão da bolsa de estudo, para realização dessa conquista.

## RESUMO

Os serviços de mapas e de roteamento são os serviços de informações geográficas que tem uma considerável utilização na Web. Os usuários se sentem confortáveis em consultar mapas da rede viária e escolher o melhor caminho para ir de um lugar para outro através dos serviços de roteamento. Com o advento da Web 2.0, os usuários desses sistemas deixaram de ser meros consumidores de serviços e passaram a produzir e compartilhar conteúdos digitais através de redes sociais. A produção de vídeo georreferenciado por meio de veículos que utilizam as redes viárias tornou-se uma grande fonte de informação, que pode ser combinado com os sistemas de roteamento para proporcionar não apenas uma lista de instruções do caminho a ser seguido, mas um filme de todo o percurso do itinerário a ser feito. Este trabalho apresenta uma metodologia para produzir vídeo de rotas com base na segmentação e composição de vídeos georreferenciados. Espera-se que a apresentação do percurso em um mapa combinado com o vídeo da rota possa melhorar a assimilação do trajeto a ser feito pelos usuários.

**Palavras-chave:** Sistemas de Informação Geográfica. Web 2.0. Vídeo Georreferenciado.

## **ABSTRACT**

Mapping and routing are by far the most popular geographic information services on the Web. Ordinary users are very comfortable in consulting maps of the road network and to requesting the best route to go from place to place. The Web 2.0 provides new mechanisms to support and motivate people to produce and shared digital content through social networks. The production of georeferenced video of vehicles running on the road forms a notable source of information that can be combined with routing system to provide not only directions of a route but a movie of the selected route. This paper presents a methodology to produce video of routes based on the segmentation and composition of georeferenced videos. It is expected that the presentation of the route on a map combined with the video of the route will enhance users' assimilation of the route.

**Keywords:** Geographic Information Systems. Web 2.0. Georeferenced Video.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Serviço de visualização de mapas e serviço de roteamento do <i>Google Maps</i> . .....	21
Figura 2 - Serviço de visualização de mapas do <i>Bing Maps</i> .....	22
Figura 3 - Serviço de roteamento de mapas do OSRM .....	23
Figura 4 - Sistema Web para pesquisas de vídeos georreferenciados .....	27
Figura 5 - Vídeos georreferenciados encontrados através do <i>Google Earth</i> .....	28
Figura 6 – Mudança do campo de visão .....	30
Figura 7 – Integração dos vídeos ao mapa .....	31
Figura 8 - Imagem panorâmica separadas em quadros.....	32
Figura 9 – Aplicação das técnicas para alinhamento das imagens .....	33
Figura10 – Visualização do vídeo integrado ao <i>Google Maps</i> .....	34
Figura 11 - Processo de geração dos vídeos da rota .....	38
Figura 12 - Recorte de uma região da cidade de Salvador de três serviços de mapa: a) <i>Open Street Map</i> ; b) <i>Google Maps</i> e c) <i>Microsoft Bing Maps</i> .....	39
Figura 13- Tela do serviço de roteamento do projeto OSRM .....	40
Figura 14 – Arquivo GPX extraído do serviço de roteamento OSRM: a) representação dos dados no mapa e b) estrutura do arquivo GPX .....	41
Figura 15 – Tela do sistema integrado de aquisição de dados desenvolvido em parceria pelo GANGES/Escola Politécnica e SEINFRA/SIT .....	42
Figura 16 – Georreferenciamento de vídeo: a) trecho do arquivo de sincronização de um vídeo georreferenciado; b) trajeto realizado pelo veículo durante a aquisição do vídeo .....	43
Figura 17 – Esquema de dados resultante da estruturação dos vídeos com os dados da rota ..	44
Figura 18 – Dados do arquivo de sincronização: a) segmentos de vídeo; b) pontos ao longo do vídeo .....	45
Figura 19 – Dados brutos dos arquivos georreferenciados.....	46
Figura 20 – Dados do arquivo GPX convertidos em registros das tabelas a) <i>Route</i> e b) <i>RoutePoint</i> .....	46
Figura 21 – Tabela utilizada para a composição final do vídeo .....	47
Figura 22 – Especificação do processo de geração do vídeo da rota .....	48
Figura 23 – Rastro da rota e dos vídeos georreferenciados do Centro Administrativo da Bahia .....	49
Figura 24 – Ilustração dos vídeos georreferenciados: a) registros de vídeos armazenados no banco de dados; b) sobreposição da rota com os vídeos georreferenciados.....	51
Figura 25 – Mapeamento objeto-relacional das entidades representando os dados da rota solicitada pelo usuário: a) representação relacional das tabelas <i>Route</i> e <i>RoutePoint</i> e b) representação em memória das classes <i>Route</i> e <i>RoutePoint</i> .....	52

Figura 26 – Rota solicitada pelo usuário: a) dados brutos do arquivo GPX; b) novos pontos projetados a partir do arquivo GPX.....	53
Figura 27 – Mapeamento objeto-relacional das entidades representando os dados dos vídeos georreferenciados: classes <i>Track</i> e <i>TrackPoint</i> .....	53
Figura 28 – Comparação entre os pontos da rota e os segmentos dos vídeos candidatos .....	54
Figura 29 – Distância entre o ponto da rota e os segmentos do vídeo: a) ponto projetado entre o segmento de reta; b) ponto projetado fora do segmento de reta.....	55
Figura 30 – Dados temporários representando os vídeos <i>Route Candidate</i> .....	56
Figura 31 - Análise para a escolha do segmento de vídeo que fará parte da <i>VideoRoute</i> .....	57
Figura 32 – Ilustração da composição da rota: a) vídeos segmentados; b) coleção de dados <i>VideoRoute</i> .....	58
Figura 33 – Ilustração da composição do vídeo da rota .....	59
Figura 34 – Interface para a visualização do vídeo integrado ao mapa da rota solicitada pelo usuário .....	61
Figura 35 – Arquitetura da ferramenta de apresentação do vídeo.....	62
Figura 36 - Ilustração das fontes de dados utilizadas no estudo de caso: a) rota solicitada pelo usuário e b) ilustração das rotas dos vídeos registrados .....	64
Figura 37 - Composição do vídeo da rota utilizada no estudo de caso urbano .....	64
Figura 38 - Estudo de caso realizado em rodovias: a) rota solicitada pelo usuário e b) ilustração da trilha do vídeo registrado.....	65
Figura 39 – Montagem do vídeo da rota: a) resultado do processamento e b) apresentação do vídeo da rota .....	66

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AJAX	Asynchronous JavaScript + XML
CAB	Centro Administrativo da Bahia
CSV	<i>Comma-separated values</i>
BDG	Banco de Dados Geoespacial
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes
GANGES	Grupo de Aplicações e Análises Geoespaciais
GPS	<i>global positioning system</i>
GPX	<i>GPS eXchange Format</i>
JSON	JavaScript Object Notation
OSM	<i>Open Street Map</i>
OSRM	<i>Open Source Routing Machine</i>
SEINFRA	Secretaria de Infraestrutura do Estado da Bahia
SIT	Superintendência de Infraestrutura de Transportes
SIAq	Sistema Integrado de Aquisição
SIGWEB	Sistemas de Informações Geográficas na Web
UFBA	Universidade Federal da Bahia
VGI	Informações Geográficas Voluntárias
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 MOTIVAÇÃO.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.3 JUSTIFICATIVA.....	16
1.4 METODOLOGIA.....	17
1.5 CONTRIBUIÇÕES .....	17
1.6 AUDIÊNCIA .....	18
1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	18
<b>2 SISTEMAS DE ROTEAMENTO E VIDEOS GEORREFERENCIADOS.....</b>	<b>20</b>
2.1 SERVIÇOS DE ROTEAMENTO NA WEB .....	20
2.2 SIGWEB COM IMAGENS E VÍDEOS GEORREFERENCIADOS.....	24
2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	34
<b>3 GERAÇÃO DE ROTAS, SEGMENTAÇÃO E MONTAGEM DE VÍDEOS .....</b>	<b>36</b>
3.1 FONTES DE DADOS PARA GERAÇÃO DO VÍDEO DA ROTA .....	37
<b>3.1.1 Informações da Rota .....</b>	<b>38</b>
<b>3.1.2 Vídeos Georreferenciados.....</b>	<b>41</b>
3.2 MODELO DE DADOS PARA COMPOR O VÍDEO DA ROTA .....	44
3.3 GERAÇÃO DO VÍDEO DA ROTA .....	48
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	60
<b>4 APRESENTAÇÃO DO VIDEO DA ROTA.....</b>	<b>61</b>
4.1 FERRAMENTA PARA APRESENTAÇÃO DO VÍDEO.....	61
4.2 AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL.....	63
<b>4.2.1 Estudo de Caso Realizado em Vias Urbanas da Cidade de Salvador.....</b>	<b>63</b>
<b>4.2.2 Estudo de Caso Realizado em Rodovias do Estado da Bahia.....</b>	<b>65</b>
4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	66
<b>5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>68</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO A – IMPLEMENTAÇÃO DO CÁLCULO DE MENOR DISTÂNCIA.....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO B – SEGMENTAÇÃO DOS VÍDEOS GEORREFERENCIADOS .....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO C – CONCATENAR O VÍDEO DA ROTA.....</b>	<b>79</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Há décadas pesquisadores realizam estudos e desenvolvem ferramentas para demonstrar e registrar por meio de representações gráficas o dinamismo das mudanças temporais do nosso planeta. Os mapas são e sempre foram os métodos mais utilizados pelas pessoas para conhecer e representar o seu espaço, incluindo tudo que o cerca. É através dos mapas que as pessoas se localizam e conseguem se deslocar de uma região para outra.

Com a evolução da tecnologia, a cartografia tradicional migrou da apresentação estática de mapas em papel para a apresentação na forma digital de mapas dinâmicos, tridimensionais e enriquecidos com recursos multimídia. A cartografia digital experimenta uma mudança ainda mais radical com o advento da Internet e a popularização dos Sistemas de Informações Geográficas na Web (SIGWeb).

Os SIGWeb têm experimentado um considerável crescimento nos últimos anos, tornando-se um dos sistemas mais utilizados na disponibilização e disseminação de dados geográficos na Internet. Os SIGWebs, em geral, são caracterizados por uma interface fácil e intuitiva para a apresentação de mapas temáticos. A esta característica são acrescentadas algumas funcionalidades básicas para manipulação e controle do conteúdo apresentado no mapa. A facilidade de uso pelo público não especializado em conjunto com o poder da comunicação cartográfica, constituem-se como os principais fatores na popularização desses sistemas.

Com o surgimento da Web 2.0, muitos SIGWeb deixaram de ter estruturas rígidas e estáticas e passaram a ter plataformas onde as pessoas podem produzir, de forma voluntária, informações geográficas, deixando de ser meros consumidores de serviços. Os usuários das redes viárias passaram a produzir vídeos georreferenciados, registrando suas viagens e posteriormente compartilhando suas experiências na Internet. No entanto, existe uma complexa e desafiadora tarefa para armazenar e recuperar de forma célere, através dos SIGWebs, todo este volume de conteúdo digital gerados voluntariamente, sobretudo vídeos georreferenciados, que associam conteúdos multimídia aos mapas digitais. Os serviços de roteamento na Web facilitam, para o usuário, a complexa tarefa de encontrar em um mapa o melhor caminho entre dois pontos (GOODCHILD, 2007; HE MA *et al.*, 2011). Este trabalho apresenta uma metodologia para produzir vídeo de rotas com base na segmentação e composição de vídeos georreferenciados. Espera-se que as pessoas possam adquirir mais segurança do itinerário a ser percorrido ao memorizar previamente o vídeo do referido itinerário associado a um mapa.

## 1.1 MOTIVAÇÃO

Existem atualmente diversos SIGWeb, comerciais e livres, que oferecem diferentes níveis de serviços e recursos. O *Open Street Map* (OSM<sup>1</sup>) é uma iniciativa livre e aberta que visa à construção da malha viária do planeta através da contribuição voluntária dos seus usuários. O projeto OSM oferece ao público em geral a possibilidade de consultar a sua base de dados através de um sistema de informações geográficas na Web. No SIGWeb do projeto é possível consultar o sistema viário detalhado de diversas cidades ao redor do mundo. A base de dados do projeto OSM é disponibilizada também para desenvolvedores que desejem utiliza-la no desenvolvimento dos seus próprios SIGWeb.

O projeto OSM agrega diversas iniciativas, igualmente públicas e abertas, que utilizam a base de dados de vias e oferece serviços especializados. Um dos projetos agregados mais conhecido é o *Open Source Routing Machine* (OSRM<sup>2</sup>), que estuda melhorias em algoritmos de menor caminho para oferecer serviços de roteamento na base de dados do OSM. Desta forma, o SIGWeb OSM oferece atualmente além das funcionalidades básicas para manipulação de mapas, a funcionalidade de roteamento entre dois pontos, ou seja, de indicar a melhor rota entre duas localidades.

Entre os SIGWeb proprietários que oferecem serviços de mapas e roteamento, destacam-se o *Bing Maps*<sup>3</sup> e o *Google Maps*<sup>4</sup>. Embora privados, estes sistemas não cobram pelos serviços básicos, como o serviço de roteamento, mas oferecem a possibilidade de aquisição de licenças comerciais para os usuários e empresas que desejem explorar recursos e serviços avançados. Um dos serviços gratuitos de maior impacto oferecido pelo *Google Maps*, por exemplo, incorpora recursos multimídia para enriquecer a visualização cartográfica e aumentar o entendimento e percepção do ambiente mapeado através de imagens fotográficas no nível do solo. O serviço denominado *Google Street View* utiliza imagens coletadas por veículos com sofisticados equipamentos de imageamento. Antes de serem disponibilizados, os registros fotográficos passam por um processo complexo para turvar regiões da imagem que permitam a identificação de pessoas e veículos ao longo das vias. Finalmente, as imagens são armazenadas e indexadas em um banco de dados espacial de forma a permitir uma rápida recuperação e apresentação da visão panorâmica de 360 graus do nível do solo de qualquer ponto do mapa.

---

<sup>1</sup> <https://www.openstreetmap.org/>

<sup>2</sup> <http://project-osrm.org/>

<sup>3</sup> <https://www.bing.com/maps>

<sup>4</sup> <https://maps.google.com/>

O uso combinado de mapas e imagens aumenta a capacidade do usuário de se apropriar e familiarizar com o ambiente geográfico. Quando associados com os serviços de roteamento, as imagens estáticas ao longo da rota podem ser apresentadas sequencialmente, simulando um vídeo, dando ao usuário a sensação de estar percorrendo a rota solicitada. Este cenário não é oferecido atualmente pelo *Google Maps* e não pode ser desenvolvido por pessoas ou pesquisadores que não estejam ligados a Google, tendo em vista que o acesso à base de dados do *Google Street View* ainda não está disponível ao público em geral ou aos assinantes dos serviços da Google.

O serviço de imagens oferecido pelo *Google Street View* não pode ser estendido de forma automática aos sistemas livres, gratuitos e baseados em contribuição voluntária dos usuários, a exemplo do OSM. O custo do equipamento utilizado na aquisição das imagens está fora do alcance da maioria dos usuários do sistema. Além disso, o processo de aquisição de imagens do *Google Street View* está condicionado a uma rigorosa metodologia que estabelece a forma e a densidade espacial na qual as imagens são coletadas. Esta metodologia é fundamental para garantir a uniformidade dos dados e facilitar o armazenamento e recuperação das imagens em banco de dados.

Uma possível solução para a criação de um banco de dados de imagens para SIGWebs abertos, livres e gratuitos é através da captura de vídeos georreferenciados. A popularização dos dispositivos móveis equipados com GPS e câmeras de vídeo de alta resolução motivam as pessoas a registrarem suas viagens e posteriormente compartilharem suas experiências na Internet. Se os usuários do sistema forem incentivados a produzirem vídeos georreferenciados enquanto se deslocam pelas vias realizando suas atividades diárias ou viagens e submeterem esses vídeos a um repositório comum, em breve ter-se-ia uma grande massa de dados com o vídeo registro de visão ao nível do solo.

Outra fonte de vídeos georreferenciados e motivação inicial desse trabalho são os vídeos das estradas do estado da Bahia. A Superintendência de Infraestrutura de Transportes da Bahia (SIT), em parceria com o Laboratório de Geotecnia da UFBA e o Grupo de Aplicações e Análises Espaciais (GANGES) desenvolveram um projeto para registrar em vídeo a situação funcional da malha rodoviária pavimentada no estado da Bahia. O projeto já mapeou diversas rodovias, e os vídeos são utilizados para os sistemas de gerência de pavimentos da referida superintendência. Esta massa de dados multimídia georreferenciados poderia ser utilizada para a composição de vídeos de rotas intermunicipais.

A combinação dos serviços de roteamento com o banco de dados de vídeos georreferenciados apresenta diversas vantagens e desafios. A principal vantagem é poder

apresentar ao usuário um vídeo da rota definida pelo serviço de roteamento. Espera-se que as pessoas possam adquirir mais segurança ao memorizar previamente o itinerário a ser percorrido através de um vídeo associado a uma rota apresentada em um mapa. O principal desafio é a formação do vídeo da rota desejada baseada em um banco de dados de vídeos georreferenciados. É razoável se imaginar que é pouco provável que exista um vídeo na base de dados que corresponda a rota solicitada. Desta forma, será necessária a identificação de segmentos de vídeos que uma vez combinados produzam o vídeo desejado.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é elaborar uma metodologia para compor um vídeo que represente a rota solicitada pelo usuário a partir dos vídeos georreferenciados armazenados em um banco de dados.

Com a finalidade de atingir este objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar vídeos e/ou segmentos de vídeos que correspondam a trechos da rota solicitada pelo usuário através dos sistemas de roteamento;
- b) Propor uma metodologia para definir os melhores segmentos de vídeos a serem utilizados na composição do *streaming* de vídeo final que representa a rota solicitada pelo usuário;
- c) Produzir o melhor vídeo da rota solicitada através da concatenação dos segmentos selecionados previamente;
- d) Desenvolver o protótipo de um SIGWeb capaz de apresentar simultaneamente o mapa com o caminho a ser percorrido e o respectivo vídeo da rota.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Os usuários utilizam sistemas de navegação para identificar o trajeto a ser seguido quando se deseja ir para um determinado destino, o mapa ainda é um dos meios mais utilizados para a identificação de rotas. Entretanto, mesmo com um mapa, é quase sempre mais confortável a navegação de uma rota que possamos visualizar previamente o caminho a ser seguido, devido à memória visual do percurso. Contudo, os sistemas de buscas atuais geram apenas visões estáticas das vias e neste contexto, é importante apresentar um sistema



que integre um mapa com um vídeo construído automaticamente, que represente a rota solicitada pelo usuário, a partir de vídeos georreferenciados armazenados em um banco de dados.

#### 1.4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste projeto foi necessário uma revisão e investigação de soluções aplicadas aos serviços de roteamento, georreferenciamento de imagens e vídeos, mineração de dados geográficos e segmentação e composição de vídeos.

A primeira fase do trabalho envolveu os estudos para a escolha de um serviço de roteamento livre e gratuito. A segunda fase foi dedicada aos estudos de sistemas de informações geográficas que exploram o uso de imagens e vídeos georreferenciados para melhorar a compreensão do espaço geográfico. Estes estudos foram aprofundados com trabalhos que fazem uso intensivo de vídeos georreferenciados em geral, e vídeos de rotas de veículos em particular.

A partir do entendimento do estado da arte e da análise das principais abordagens e trabalhos relacionados, foi concebido o algoritmo para identificação e seleção de segmentos de vídeos que melhor representassem uma rota selecionada. O algoritmo leva em consideração aspectos espaciais e temporais para seleção dos melhores segmentos. Uma vez definida a estratégia para seleção dos segmentos de vídeo, foram pesquisadas diversas soluções para segmentação e concatenação dos vídeos.

Finalmente, para validar a metodologia proposta foi desenvolvida uma aplicação Web que permite solicitar uma rota, compor o vídeo desta rota e apresentar o resultado em uma combinação da visão do mapa com a rota e o seu respectivo vídeo. Como prova de conceito foram realizados dois testes. Um teste com uma rota em um ambiente urbano e outro vídeo com uma rota com dados de estradas.

#### 1.5 CONTRIBUIÇÕES

A visualização de rotas de veículos através da composição de vídeos cria uma nova dinâmica nos serviços de roteamento na Web, modificando os modelos atuais que apresentam apenas os resultados estáticos das rotas. Desta forma, o trabalho desenvolvido uniu conceitos dos sistemas de informação geográfica na Web, imagens, serviços de roteamento e registros em vídeos georreferenciados do sistema viário.

A primeira contribuição está relacionada à disponibilização de um novo método para o enriquecimento dos serviços de roteamento com o aproveitamento de vídeos georreferenciados das redes viárias. A segunda contribuição é a criação de uma aplicação com potencial para motivar colaboradores voluntários na produção de vídeos georreferenciados, pois se percebe agora uma aplicação relevante para este tipo de vídeos nos sistemas de roteamento na Web. A terceira contribuição é a proposta de estratégias para identificar os melhores segmentos de vídeos na composição do vídeo da rota.

## 1.6 AUDIÊNCIA

Este trabalho tem como audiência um público bastante diversificado, pois reúne diversos temas e contribuições nas áreas de sistemas de informações geográficas, tecnologia da informação, vídeos georreferenciados, mineração de dados, serviços de roteamento de veículos, planejamento de rotas, entre outros.

Desta forma, o público alvo deste trabalho engloba pesquisadores e profissionais interessados em sistemas de informação geográfica combinados com recursos multimídia, enriquecimento de serviços de roteamento, utilização e produção de vídeos georreferenciados e de sistemas de produção e compartilhamento de dados espaciais de forma voluntária pela multidão.

## 1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos. O segundo capítulo fornece uma base teórica que dá amparo a esta pesquisa, discutindo diversos conceitos e disciplinas fundamentais ao entendimento do trabalho desenvolvido, tais como: sistemas de roteamento na Web e a combinação de Sistemas de Informações Geográficas com imagens e vídeos georreferenciados. Este capítulo descreve ainda alguns trabalhos correlatos que retratam o estado da arte da pesquisa desenvolvida.

O terceiro capítulo descreve a metodologia utilizada no desenvolvimento do método que segmenta e monta os vídeos para a composição da rota. Neste capítulo são discutidos os principais critérios na seleção dos segmentos de vídeos e as ferramentas utilizadas para realizar as operações de segmentação e concatenação de imagens para produção do vídeo resultante.

O quarto capítulo apresenta o funcionamento da aplicação por meio de uma interface gráfica para a visualização do vídeo da rota e faz também uma avaliação experimental do método com a aplicação dos estudos de casos relacionados a dois cenários distintos com representação de rotas viárias urbanas e de rodovias. O experimento evidencia a flexibilidade na utilização do método proposto neste trabalho.

Por fim, o quinto capítulo apresenta as considerações finais sobre o trabalho realizado, incluindo suas limitações e sugestões para pesquisas futuras.

## 2 SISTEMAS DE ROTEAMENTO E VIDEOS GEORREFERENCIADOS

Os mapas experimentaram diversos avanços ao longo da história da humanidade. Inicialmente, os mapas apresentavam ilustrações rudimentares que mais pareciam um esboço, ao passo que atualmente as apresentações através de mapas são disponibilizadas na forma digital com características cada vez mais sofisticadas. Os mapas são utilizados desde sempre para auxiliar as pessoas no seu deslocamento, indicando o melhor trajeto a ser seguido. Com o advento da Internet e a popularização dos SIGWeb, entretanto, os mapas ganharam novos contornos e incorporaram serviços antes inimagináveis (GOODCHILD, 2007).

Os sistemas que recuperam informações geográficas na Web foram potencializados, sobretudo na localização de rotas e definição do melhor itinerário, pois combinam técnicas de mecanismos de busca, imagens de satélite, vídeos georreferenciados e fotos aéreas. A interação de um sistema de localização com base em mapas viários e a utilização de vídeos de rotas oferece ao usuário uma compreensão melhor da geolocalização no qual está pesquisando (SILVA, 2006).

Os SIGWeb vem a décadas experimentando grandes avanços, tornando-se um dos sistemas mais utilizados na disponibilização e propagação de dados geográficos na Internet. A popularidade dos dispositivos móveis equipados com câmara de resolução cada vez melhor, funciona como uma mola propulsora, motivando as pessoas a registrarem suas viagens e posteriormente compartilhando suas experiências na Internet. O compartilhamento de imagens e vídeos georreferenciados associados aos mapas, proporcionam uma sensação de presença e imersão para o usuário, aproximando o mundo virtual do mundo real (SERRA, 2014).

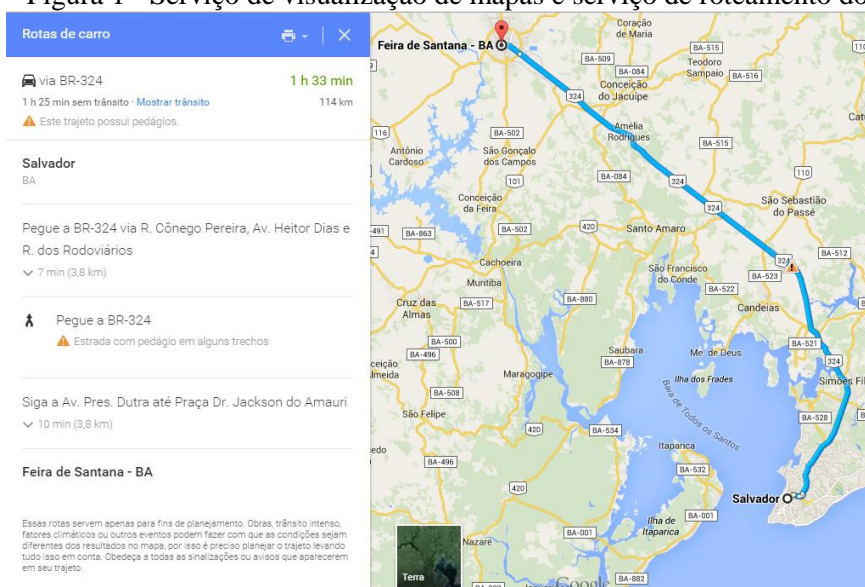
Este capítulo aborda dois temas relevantes para este projeto de pesquisa: os serviços de roteamento na Web e a utilização de imagens e vídeos georeferenciados no contexto dos sistemas de informações geográficas.

### 2.1 SERVIÇOS DE ROTEAMENTO NA WEB

Existem vários serviços de buscas de rotas na Web, onde o usuário define os locais de partida e de destino para que o motor de busca apresente como resultado o itinerário a ser percorrido. Como principais exemplos destes sistemas, podemos citar o *Google Maps*, *Microsoft Bing Maps* e o *Open Street Maps*.

O *Google Maps* é o serviço de visualização de mapas *online* que foi desenvolvido e disponibilizado pela empresa *Google*. Este serviço pode ser consumido por meio de páginas Web e permite ao usuário, através da navegação de mapas e imagens de satélite, explorar e encontrar o menor, ou melhor, caminho através de um serviço de criação de rotas (Figura 1). O SIGWeb *Google Maps* permite também, através do serviço *Google Street View*, ter uma perspectiva no nível do solo através da visualização de imagens das ruas e dos pontos de interesse. O *Google Street View* é inteiramente baseado em composição de imagens georreferenciadas, não tendo, até este momento, qualquer suporte a vídeos georreferenciados (SERRA, 2014).

Figura 1 - Serviço de visualização de mapas e serviço de roteamento do *Google Maps*.



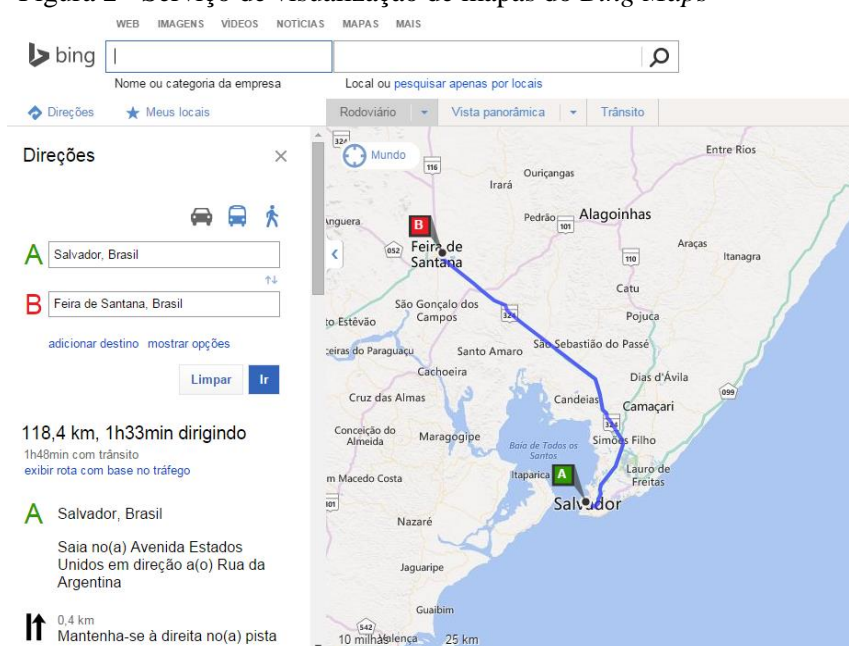
Fonte: Google (2015).

Alguns desenvolvedores começaram a explorar os recursos do *Google Maps* incorporando os mapas em seus próprios Websites. Com o crescimento dessa demanda, a Google passou a oferecer funcionalidades crescentes para a extração dos seus dados de forma padronizada através do uso de API (*Application Programming Interface*) proprietárias. Desta forma, a Google oferece diversas APIs que podem ser incorporadas a aplicação de acordo com as especificações do projeto que está sendo desenvolvido. A *Google Maps JavaScript API*, por exemplo, é uma interface que incorpora um mapa do Google em uma página na Web utilizando os recursos JavaScript. Esta API permite personalizar a apresentação dos mapas, mudando a exibição visual de elementos como estradas, parques e áreas edificadas. Além disso, as APIs da Google podem ser integradas com diferentes fontes de informação ou até

mesmo outras APIs, desde que tenham as mesmas projeções, escalas e qualidade dos mapas (GOOGLE, 2015).

O *Bing Maps*, desenvolvido pela Microsoft, é um serviço semelhante ao *Google Maps*, e fornece integração com outros softwares da Microsoft. Este SIGWeb possibilita a visualização de imagens de satélite e navegação em mapas, além de permitir a localização de pontos de interesse e solicitação de rotas viárias (Figura 2). Contudo, assim como o *Google Maps*, o *Bing Maps* suporta apenas a utilização de fotos georreferenciadas e não tem, neste momento, qualquer suporte a vídeos georreferenciados (SERRA, 2014).

Figura 2 - Serviço de visualização de mapas do *Bing Maps*



Fonte: Bing (2015).

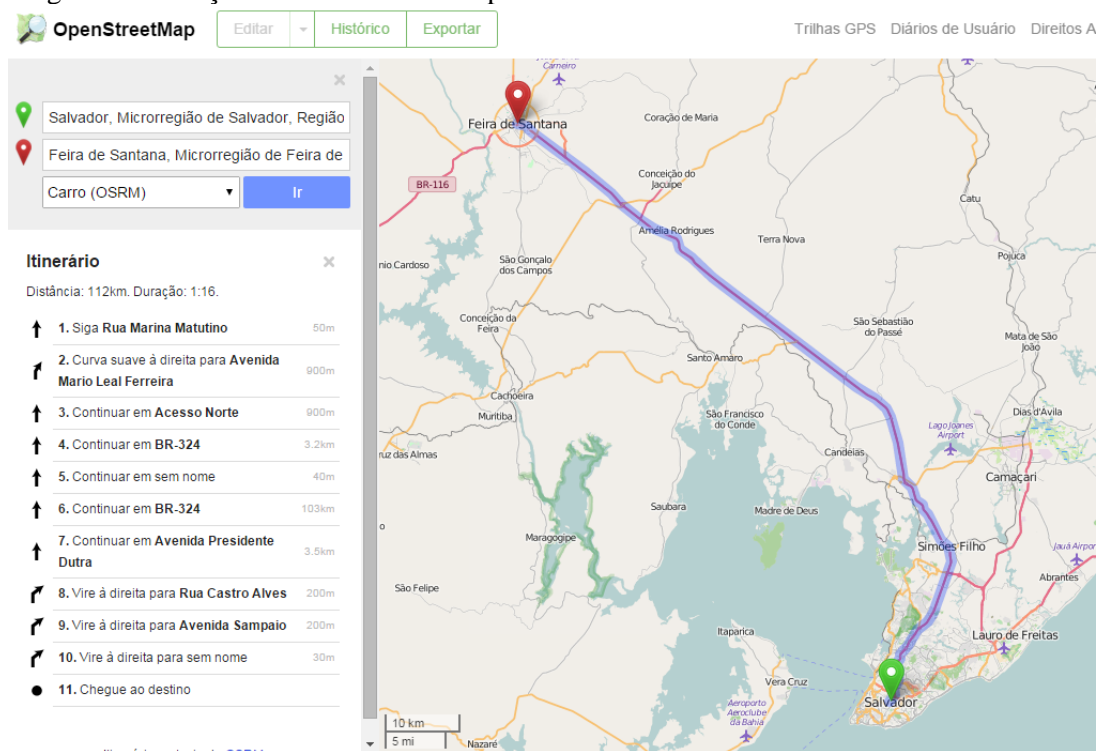
A Microsoft está constantemente trabalhando para adicionar novos recursos e melhorias para o *Bing Maps*. Estes recursos também são disponibilizados por meio de APIs que incluem controles de mapas e serviços que podem ser utilizados para incorporar o *Bing Maps* em aplicações e outros Websites. Além de mapas interativos e estáticos, a plataforma *Bing Maps* fornece várias opções para os desenvolvedores de sistemas, incluindo um controle AJAX (*Asynchronous JavaScript and XML*) na qual várias operações podem ser feitas ao mesmo tempo de maneira assíncrona enquanto um mapa é carregado no navegador (BING, 2015).

Na linha de serviço livres e gratuitos o projeto *Open Street Map* (OSM) é o que mais se destaca na comunidade de geoprocessamento. O OSM é um projeto desenvolvido por uma

comunidade voluntária que tem o objetivo de disponibilizar dados geográficos sobre a rede viária e pontos de interesse com abrangência mundial.

Baseado em dados produzidos pelo projeto OSM foram criados diversos projetos satélites que incorporam funcionalidades e agregam valor a estes dados. Um projeto de especial interesse para este trabalho é o *Open Source Routing Machine (OSRM)*. O OSRM é um projeto igualmente livre e gratuito que implementa um sofisticado algoritmo de roteamento para a base de dados do projeto OSM. O serviço de roteamento de mapas OSRM possui todas as funcionalidades dos sistemas proprietários correlatos, isto é, o sistema é capaz de selecionar o melhor caminho com base no menor tempo de percurso e apresenta o itinerário e as direções textuais da rota solicitada pelo usuário (Figura 3). O sistema OSRM permite também que se faça a extração, através de um arquivo XML, das coordenadas resultantes desta rota (COSTA, 2011). Esta característica é fundamental no contexto deste trabalho, pois o projeto proposto nessa dissertação apresenta como um dos requisitos fundamentais possuir um sistema de roteamento.

Figura 3 - Serviço de roteamento de mapas do OSRM



Fonte: Openstreetmap (2015).

O projeto OSM apresenta-se como uma alternativa interessante para publicar os dados geográficos na Web, pois não dependem da iniciativa privada para a disponibilização dos serviços e geração de uma base de dados, mas de uma comunidade voluntária que produz e

disponibiliza com frequência novas informações geográficas. Sendo o OSM e seus projetos associados colaborativos, livres e gratuitos, valoriza-se muito o conhecimento local e os colaboradores utilizam todo tipo de ferramenta, a exemplo de fotografias aéreas, dispositivos GPS, mapas do terreno para verificar as informações e validar as atualizações. Além disso, a disponibilização de uma base de dados rica, produzida de forma voluntária e disponibilizada de forma livre e gratuita, proporcionou uma grande popularização do uso de dados espaciais na Internet, em geral, e no desenvolvimento e o uso dos SIGWeb voltados para os serviços de roteamento, em particular.

## 2.2 SIGWEB COM IMAGENS E VÍDEOS GEORREFERENCIADOS

A evolução e a popularização da Internet e o crescimento do uso dos Sistemas de Informações Geográficas como ferramenta para tomada de decisão motivaram o desenvolvimento dos chamados SIGWeb. Os SIGWeb representam um extraordinário salto cultural ao conferirem ao cidadão comum a capacidade de produzir e visualizar seus próprios mapas e realizar consultas espaciais, tarefas que eram exclusividades dos geógrafos e especialistas das diversas áreas (LONGLEY *et al.* 2005).

Os SIG's continuam despertando interesses dos pesquisadores, que estão sempre buscando enriquecer os serviços de mapeamento com o uso de imagens e vídeos georreferenciados. Pesquisas com este fim sempre tiveram destaques no cenário tecnológico e alguns destes projetos serão apresentados nesta seção.

De acordo com Luo *et al.* (2011), georreferenciamento é o processo de adicionar metadados de identificação geográfica para qualquer tipo de informação, a exemplo de textos, sons, imagens e vídeos. A informação geográfica utilizada no georreferenciamento varia em precisão e granularidade. Esta informação pode ir de uma referência a um país ou cidade, passando por informações mais precisas como o endereço e o código de endereçamento postal, até informações altamente precisas como a latitude e a longitude dos dados. As coordenadas são obtidas através de um receptor GPS, permitindo o referenciamento virtual de qualquer coisa situada em qualquer local do globo terrestre. Mesmo as coordenadas GPS podem estar erradas ou imprecisas, e com isto, resultar em um endereçamento incorreto do dado.

No trabalho de Luo *et al.* (2011) é feita uma revisão bastante abrangente com mais de cem trabalhos relacionados ao georreferenciamento aplicados ao ambiente multimídia. Vários aplicativos são impulsionados com as informações geográficas, que utilizam mapas e imagens



para o reconhecimento de pontos de interesse. Geralmente é fácil para uma pessoa identificar a localização de uma imagem de um ponto de referência conhecido. Contudo, quando uma imagem não contém um local de interesse familiar, recorremos aos SIGWeb para a sua geolocalização, que utilizam as informações georreferenciadas inseridas no objeto multimídia para identificar a região do mundo no qual a imagem está relacionada.

As imagens georreferenciadas podem ajudar os usuários dos serviços de buscas na Web a encontrar locais, notícias ou outros recursos. Com a popularização dos dispositivos GPS e *smartphones*, houve uma proliferação na geração de dados multimídia georreferenciados. Entretanto, tornou-se um sério desafio armazenar e gerenciar o grande volume destes dados produzidos por empresas, pessoas comuns ou comunidades voluntárias. Segundo Luo *et al.* (2011), os serviços de busca na Web dependem de anotações de texto associados às imagens para o processo de indexação e recuperação das informações. As anotações semânticas com um maior nível de detalhes relacionadas às imagens beneficiariam muitas aplicações incluindo os motores de buscas multimídia.

Navarrete e Blat (2002) desenvolveram o projeto VideoGIS, que visa construir hipervídeos dinâmicos com base em conteúdos geográficos. Informações sobre os vídeos são estruturados em documentos XML e contêm dados como a autoria, taxa de transmissão e as coordenadas geográficas de alguns quadros do vídeo. Os autores descrevem o processo de indexação e segmentação dos vídeos, que são armazenados em um banco de dados PostgreSQL e utiliza uma variação da estrutura de árvore R para indexação espacial dos segmentos de vídeo (Fox *et al.*, 2013). Esta indexação permite recuperar segmentos de vídeos e apresentá-los em um navegador Web de forma bastante eficiente.

Uma das grandes dificuldades quando se trata de vídeo georreferenciado é a forma de como segmentá-lo, ou seja, como escolher os fragmentos de vídeo para serem indexados, facilitando as buscas futuras dos conteúdos. No caso de texto, a segmentação é bastante simples, porque a unidade mínima de significado é a palavra, entretanto no caso de vídeo, este processo é muito mais complexo para saber quais são essas unidades, especialmente do ponto de vista semântico do conteúdo (NAVARRETE; BLAT, 2002).

Vários grupos estão pesquisando ativamente sobre vídeos georreferenciados, sobretudo associados aos serviços de roteamento na Web. Esforços na construção de vídeos que representem as rotas solicitadas pelos usuários podem ser reduzidos tendo em vista a participação de comunidades colaborativas. Contudo, surgem desafios na identificação e seleção de uma variedade de padrões de vídeos que precisam ser compatíveis com as entidades reais de geolocalização.

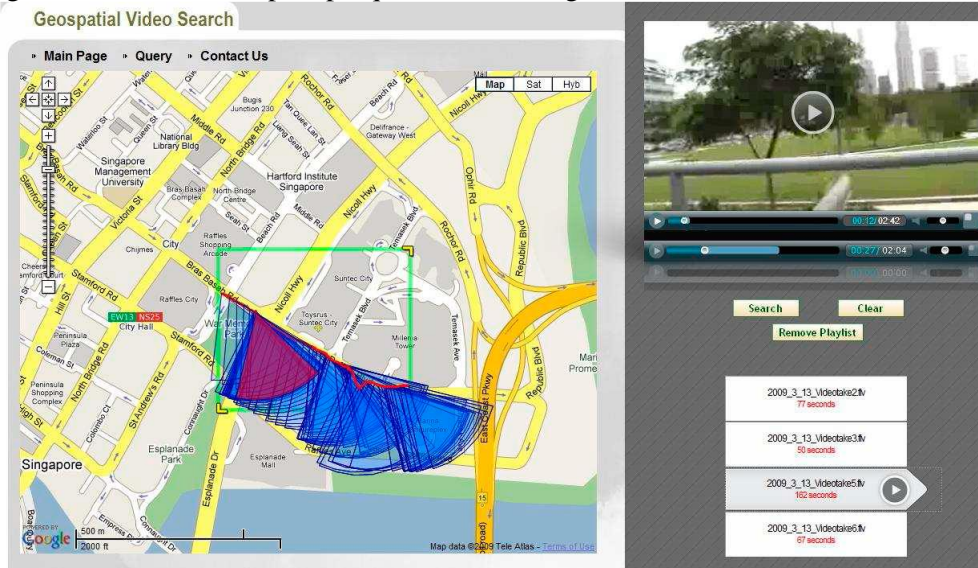
Os trabalhos apresentados em (TOYAMA *et al.*, 2003; TORNIAI *et al.*, 2007) criam, através dos SIGWeb, uma nova experiência na interação das imagens georreferenciadas com os mapas digitais, permitindo aos usuários uma navegação nas coleções de fotos compartilhadas na Web. A ideia principal deste projeto é explorar os tipos de metadados que são capturados através das fotos digitais, que inferem um conteúdo semântico do local onde foram registradas.

Simon e Seitz (2008) propõem uma metodologia para identificar e segmentar objetos interessantes em imagens que circulam pela Internet. Eles utilizaram um modelo probabilístico que aproveita o campo de visão, ou seja, o ponto de observação que as pessoas têm ao registrarem as fotos. Com isto, conseguiram destacar os objetos importantes de uma cena capturada pela imagem, ao passo que associam estas imagens a um mapa interativo permitindo a sua geolocalização.

Zheng *et al.* (2009) abordam em seu trabalho a desafiadora tarefa para pesquisar e identificar nos dados multimídia, disponíveis na Web, objetos e pontos de interesse para os usuários. O motor de busca de imagens georreferenciadas proposto pelos autores, não trata apenas do reconhecimento visual dos pontos de referência em uma imagem, mas também contribui para formar uma base de dados que organiza e indexa estes pontos de referência ao redor do mundo. De acordo com os autores, este mecanismo de busca é muito útil para as aplicações multimídia, porque pode facilitar o entendimento da geolocalização detectada nas imagens, além de organizar e facilitar uma exploração e navegação geográfica intuitiva.

Ay *et al.* (2009) desenvolveram um sistema de busca de vídeos georreferenciados baseado em vídeos obtidos de forma colaborativa. Os vídeos capturados e submetidos por cidadãos comuns são armazenados em um banco de dados e disponibilizados para que as pessoas possam pesquisar informações sobre regiões geográficas de interesse. Neste sistema os vídeos contêm os mais variados cenários, como por exemplo: parques, ruas, edifícios, centros históricos, etc. O programa desenvolvido pelos autores permite que o usuário marque no mapa a região que deseja consultar. Com a área de interesse definida, a aplicação retorna os vídeos que foram registrados nesta localização. Para cada segmento de vídeo identificado, o sistema projeta o campo de visão no mapa. É possível assistir aos vídeos de forma interativa. Durante a reprodução do vídeo é destacado no mapa o campo de visão correspondente ao quadro e tempo deste vídeo (Figura 4).

Figura 4 - Sistema Web para pesquisas de vídeos georreferenciados

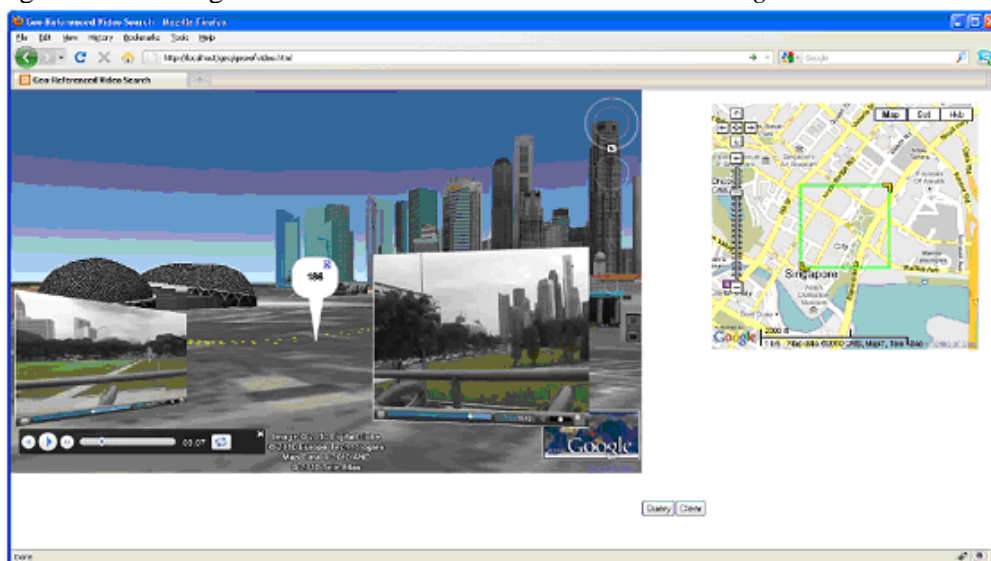


Fonte: Ay *et al.* (2009).

Zhang *et al.* (2010) descreveram em seu trabalho uma solução utilizando a abordagem de realidade aumentada, paradigma de visualização que combina imagens do mundo real com a do mundo virtual. A solução desenvolvida por esses pesquisadores utiliza registros de vídeos realizados por usuários voluntários para criar um banco de dados com os vídeos georreferenciados e apresentá-los em um ambiente virtual tridimensional. Como prova de conceito, os autores desenvolveram um sistema que incorpora no mesmo navegador o *Google Earth*, o *Google Maps* e um player para a reprodução dos vídeos.

Através do navegador, o usuário seleciona no mapa uma área de interesse para que o mecanismo de busca da aplicação possa analisar e retornar os vídeos referentes a esta geolocalização. O sistema disponibiliza os vídeos na tela ao passo que o *Google Earth* apresenta uma visão ao nível do solo da região solicitada. Na medida em que o vídeo é reproduzido, o *Google Earth* vai posicionando e mostrando de forma automática as imagens tridimensionais de acordo com o campo de visão do usuário. Assim, quando há também uma mudança na direção de visualização no *Google Earth* o vídeo acompanha esta movimentação em conformidade com o novo ângulo de projeção (Figura 5).

Figura 5 - Vídeos georreferenciados encontrados através do *Google Earth*



Fonte: Zhang *et al.* (2010).

No trabalho de Kelm *et al.* (2011) é apresentado um sistema que inclui vários métodos que são combinados de forma hierárquica para identificar os metadados e as características visuais e textuais dos vídeos com conteúdos semelhantes. No primeiro momento os autores dividiram a terra em regiões, utilizando meridianos e paralelos, ao passo que o método de extração e identificação geográfica verifica os limites dos países e suas dimensões para a colocação dos vídeos no mapa. Os pesquisadores utilizaram recursos externos para traduzir os metadados escritos em linguagens diferentes do inglês. Para este processo foi utilizado o *Google Translate* que identifica a língua original inseridas nos marcadores e processa com base na linguagem natural a tradução para o inglês.

Os autores utilizaram um banco de dados de mais de 3,6 milhões de imagens que foram agrupadas em regiões geográficas para construir um modelo hierárquico. Uma fusão de métodos visuais e textuais foi usada para classificar a localização dos vídeos em possíveis regiões. Em seguida, foi utilizada uma abordagem do vizinho mais próximo que calcula as semelhanças entre as características visuais de baixo nível para atribuir a geolocalização e encontrar imagens correspondentes dentro de uma região selecionada. Os pesquisadores mostraram também que a fusão de métodos textual e visual foram importantes para eliminar as ambiguidades geográficas. Os resultados dos estudos evidenciaram que a abordagem proposta é bastante útil para a organização e navegação dos itens multimídia publicados na Web.

Trevisiol *et al.* (2013) apresentaram um sistema que identifica a localização geográfica dos vídeos publicados na Web. Os autores criaram duas técnicas diferentes para o

processamento dos marcadores dos arquivos multimídia. A primeira técnica implementa uma regra correspondente aos textos dos arquivos e servem como uma linha de base. A segunda analisa os marcadores radicalmente diferentes, concentrando nas marcas que são susceptíveis de transmitir alguma informação geográfica e descartando aqueles que são considerados irrelevantes. Com estas estratégias os pesquisadores verificaram a relação entre marcadores e coordenadas para extrair a geolocalização associada ao vídeo.

Os marcadores de um determinado vídeo de teste são considerados como um vetor de consulta. A ideia é determinar a área geográfica representada pelo vídeo e encontrar as coordenadas mais prováveis a partir das localizações conhecidas nessa área. As áreas geográficas são definidas de forma arbitrária através das coordenadas quantificadas em uma grade, cada célula da grade tem um peso descrito em um vetor de acordo com a relevância dos marcadores. Cada área geográfica é definida ainda por um conjunto de coordenadas descritas também em um vetor com marcadores específicos. O documento de teste é representado por um vetor ponderado de marcadores a partir do qual as áreas mais prováveis e as coordenadas mais prováveis são determinadas. Essa ponderação foi projetada para atribuir pesos maiores às marcas que representam a informação geográfica, ou seja, não apenas locais, mas também referências a locais como monumentos são selecionados e classificados relevantes.

O sistema apresentado, primeiro detecta todas as imagens e vídeos que contêm marcadores específicos e, em seguida, seleciona as áreas com o maior número de correspondências. Este trabalho introduziu uma nova técnica para vídeos georreferenciados. Segundo os autores, uma contribuição fundamental da pesquisa foi a localização por marcadores, baseada no paradigma dividir para conquistar. Este mecanismo fornece uma estimativa da área de interesse, que é utilizada para determinar as coordenadas mais precisas ou que melhor representam o conjunto de marcadores, superando significativamente as técnicas mais convencionais de harmonização de arquivos multimídia.

O trabalho de Chen *et al.* (2009) descreve o desenvolvimento de um sistema que cria vídeos de rotas viárias integrado a um mapa. Os vídeos são construídos a partir de imagens panorâmicas capturadas como apoio da *Microsoft Virtual Earth*. Segundo os autores, para utilizar o sistema é necessário que o usuário forneça três dados básicos: i) ponto de origem da rota; ii) ponto de destino e iii) definição dos pontos de interesse ao longo da rota.

Os vídeos são criados de forma automática, embora os autores salientem que longos trajetos geram grandes vídeos e os usuários poderiam ficar desmotivados a assisti-los. Contudo, para minimizar este problema os pesquisadores utilizaram um mecanismo para modulação automática da velocidade na reprodução do vídeo. O objetivo deste recurso é

acelerar a execução do vídeo nas áreas que representam trechos retilíneos da via, ao passo que reduz a velocidade nos trechos mais sinuosos, assim como nas regiões próximas aos pontos de interesses. O sistema utiliza também um procedimento para mudança no campo de visão durante a reprodução do vídeo com o intuito de evidenciar estes pontos de interesse (Figura 6).

Figura 6 – Mudança do campo de visão



Fonte: Chen *et al.* (2009).

Os autores destacam em seu trabalho que esperam automatizar, em trabalhos futuros, a obtenção dos pontos de interesse a partir do próprio serviço de mapeamento. Porém, percebem também algumas contribuições no modelo proposto para a montagem do vídeo integrado ao mapa.

- a) Geração de um vídeo rota a partir de uma sequência de imagens panoramas;
- b) Controle automático de velocidade com base nos pontos de interesse da rota;
- c) Orientação automatizada do vídeo para antecipar a rota;
- d) Modificação do campo de visão para visualização dos pontos de interesse;
- e) Integração de vídeo em um aplicativo de mapeamento.

O mapa fornece um contexto geográfico para o vídeo e o usuário pode perceber, quando se desloca na via, a proximidade dos pontos de interesse que estão colocados em miniatura ao longo da rota. O itinerário é marcado no mapa com uma cor verde semitransparente que destaca de forma especial a via a ser percorrida. Na rota é registrado também um ponto vermelho que representa a posição atual no vídeo. Este ponto se move ao longo a via ao passo que o vídeo vai progredindo (Figura 7).

Figura7 – Integração dos vídeos ao mapa



Fonte: Chen *et al.* (2009).

Os pesquisadores sustentam que a geração de vídeos a partir de imagens panorâmicas fornece uma amostra de experiência visual surpreendente, permitindo um primeiro entendimento da rota antes mesmo de percorrê-la. Entretanto eles reconhecem também que haveria uma evolução significativa, no modelo proposto, se fossem utilizados vídeos reais gravados através de veículos com sistema GPS, no lugar de vídeos gerados a partir de imagens panorâmicas.

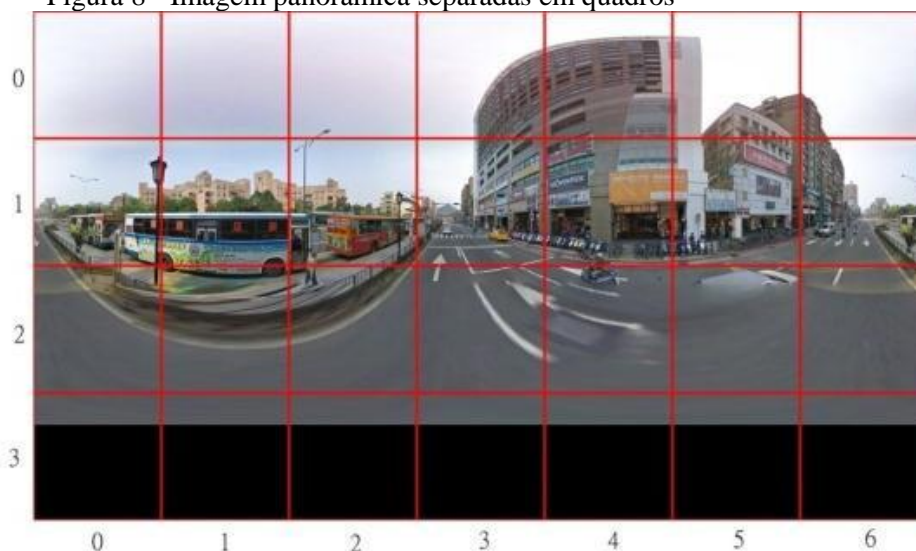
Peng *et al.* (2010) apresentaram em seu trabalho o desenvolvimento de um sistema que utiliza o serviço de roteamento do *Google Maps* combinado com as imagens do *Google Street View* para criar vídeos de rotas. O autor propõe um mecanismo que permite ao usuário visualizar e conhecer previamente o cenário real da rota desejada. Para tanto, ele utiliza um sistema denominado *Google Maps with Street View* para obter as imagens da rota do usuário.

O serviço disponibilizado atualmente pelo *Google Maps*, combinado com o *Street View*, não favorece muito a navegabilidade e visualização da rota por parte do usuário. É necessário ficar pressionando o botão de avançar para que haja uma transição entre as imagens da via, limitando e dificultando a sua navegação. Desta forma, os autores propõem a geração de vídeos para resolver esta limitação. Os filmes são criados a partir das imagens panorâmicas registradas e armazenadas pela Google. Assim, os usuários podem memorizar a

rota mesmo antes de percorrer a via. O processo realizado pelo sistema proposto pelos pesquisadores pode ser resumido da seguinte forma:

1. Obtenção de dados – O usuário define os pontos de partida e destino da rota desejada.
2. Cálculo da rota – O serviço de roteamento do *Google Maps* calcula, a partir dos pontos informados, a rota solicitada com o detalhamento do percurso a ser seguido.
3. Informações ao longo da rota – Com a obtenção da rota, o sistema verifica as imagens panorâmicas registradas pelo serviço do *Google Street View* referentes a cada ponto ao longo da rota.
4. Obtenção das Imagens – O sistema recupera os blocos de imagens panorâmicas mantidas pela Google. Os algoritmos processam estes blocos construindo novamente as imagens das vias (Figura 8).

Figura 8 - Imagem panorâmica separadas em quadros



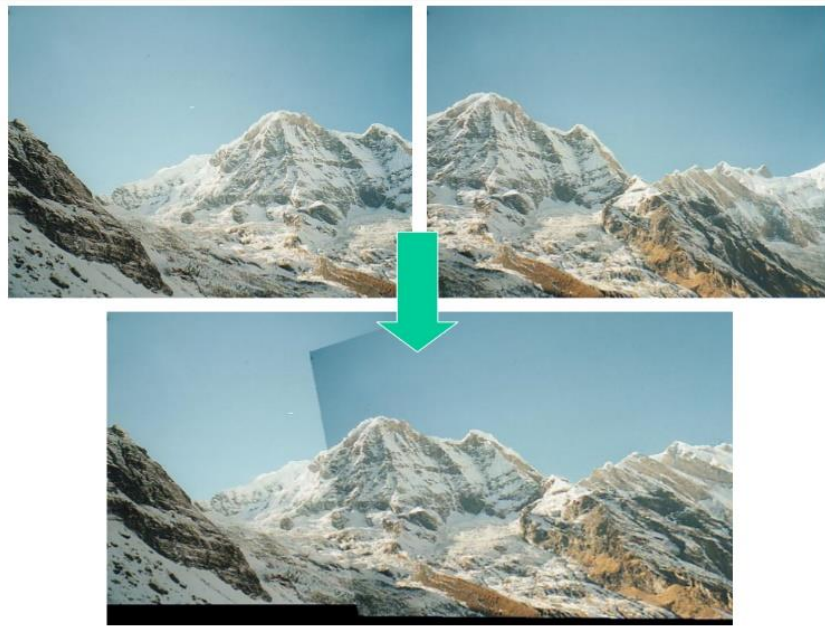
Fonte: Peng *et al.* (2010).

5. Orientação do percurso – Uma vez reconstruídas as imagens, o programa decide a orientação da câmera em cada imagem panorâmica, de acordo com a direção da rota. Pelo fato de que um panorama representa uma imagem em 360 graus, há a necessidade de estabelecer qual bloco da imagem melhor define o sentido do percurso.
6. Sequenciamento das imagens – O sistema alinha as imagens referentes a cada ponto da rota, que representarão o frame do vídeo, e escala cada uma delas de acordo com as imagens anteriores para gerar os quadros intermediários e criar o efeito de “mover para frente”.



7. Mistura das imagens – Para corrigir os defeitos na descontinuidade das fotografias e realizar o processo de mescla das imagens sobrepostas, os autores utilizaram algumas técnicas, tais como: “*Sift*”, que é uma técnica de imagens correspondentes que combina cada peça da imagem do panorama para reduzir o erro no corte na junção das imagens; e “*Poisson*” que é uma técnica que permite à interpolação contínua de ambas as regiões das imagens harmonizando a sua junção (Figura 9).

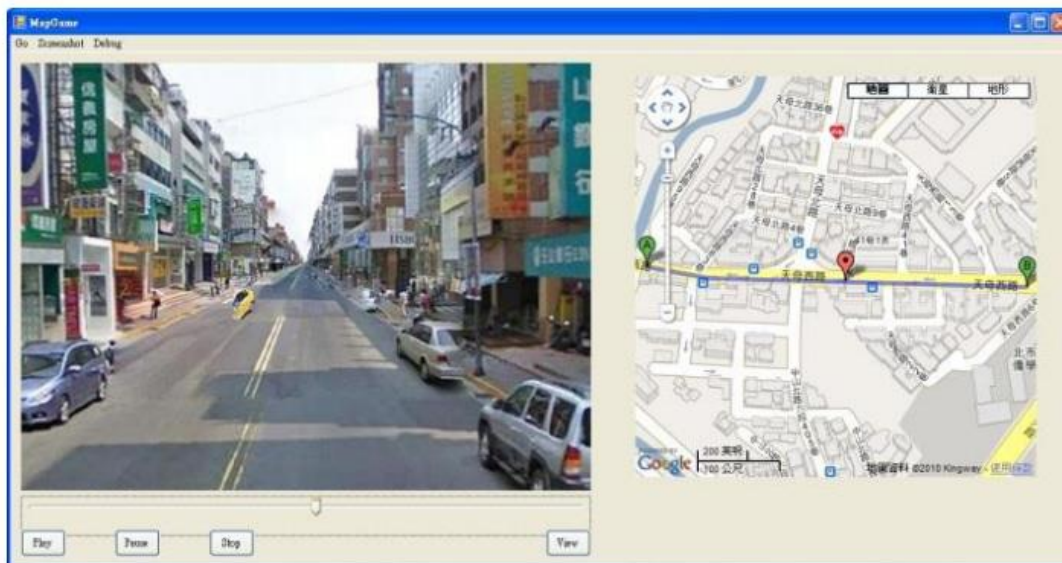
Figura 9 – Aplicação das técnicas para alinhamento das imagens



Fonte: Brown e Lowe (2007).

8. Gerenciar o efeito de rotação – A rotação a partir de imagens estáticas é realizada de forma diferente de “mover para frente”, e é tratada de forma especial no momento em que as imagens são costuradas.
9. Geração do vídeo – Uma vez sequenciadas e editadas todas as imagens o sistema gera o vídeo suavizado do percurso.
10. Integração com o mapa – Uma vez gerado o arquivo de vídeo o sistema integra ao serviço de mapas do Google Figura 10.

Figura10 – Visualização do vídeo integrado ao *Google Maps*



Fonte: Peng *et al.* (2010).

### 2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos revisados neste capítulo mostram que a combinação de informações multimídia georreferenciadas com os sistemas de informações geográficas na Web possuem um grande potencial para aumentar o conhecimento e o entendimento do espaço geográfico por usuários comuns.

A revisão bibliográfica realizada foi importante para confirmar duas premissas desse trabalho. Em primeiro lugar, os avanços decorrentes dos serviços e tecnologias associadas a Web 2.0 motivaram o público em geral a atuarem como produtores de dados multimídia georreferenciados. Desta forma, diversos sistemas têm sido desenvolvidos para apresentar de forma inovadora esta profusão de dados produzidos de forma colaborativa combinados com as formas tradicionais de apresentação da cartografia digital. Em segundo lugar e mais diretamente associado aos objetivos desta dissertação, alguns trabalhos mostraram a importância da associação de vídeos com os serviços de roteamento. Esta combinação mostrou-se bastante efetiva no aumento da capacidade do usuário de entender o caminho a ser realizado entre dois pontos em casos onde é disponibilizado previamente um vídeo da rota a ser executada.

Os trabalhos realizados por Chen *et al.* (2009) e Peng *et al.* (2010) utilizam imagens estáticas da visão obtida ao nível do solo para os sistemas *Microsoft Virtual Earth* e do *Google Maps*, respectivamente. Os resultados obtidos por estes projetos são idênticos aos

resultados que apresentamos neste trabalho. A principal diferença dos trabalhos relacionados é que estes são baseados em imagens estáticas coletadas por produtores formais de dados geográficos. O processo de captura é extremamente sofisticado e caro. Além disso, as imagens produzidas pela Google e Microsoft não estão disponíveis ainda para o uso gratuito ou mesmo através de licenças comerciais. Finalmente, as soluções apresentadas por Chen *et al.* (2009) e Peng *et al.* (2010) ainda não foram disponibilizadas pelas empresas detentoras das imagens, ficando somente como interessantes provas de conceito.

O objetivo deste trabalho é combinar o serviço de mapas do projeto OSM, o serviço de roteamento do projeto OSRM e uma massa de dados de vídeos georreferenciados das vias para produzir e apresentar um vídeo da rota solicitada pelo usuário. O vídeo resultante será gerado através da segmentação e concatenação de vídeos georreferenciados gerados e disponibilizados de forma voluntária por produtores informais de dados.

### 3 GERAÇÃO DE ROTAS, SEGMENTAÇÃO E MONTAGEM DE VÍDEOS

O uso de dados geoespaciais foi bastante difundido com a popularização dos sistemas de informações geográficas na Web. Estes sistemas proporcionam um melhor entendimento dos dados geográficos e uma familiarização com serviços e metáforas visuais, somente entendidas originalmente por cartógrafos e profissionais treinados. Atualmente é muito comum observarmos a apresentação de dados de diversos tipos e domínios dispostos ao longo de mapas tradicionais ou a utilização de mapas térmicos para apresentar a distribuição de fenômenos em regiões de interesse.

Um dos serviços mais populares presentes em muitos SIGWeb é o serviço de roteamento. Os serviços de roteamento permitem que o usuário selecione pelos menos dois pontos em um mapa e solicite o melhor caminho entre estes pontos. Estes serviços têm evoluído e incorporado novos critérios para o algoritmo de otimização do melhor caminho entre dois pontos. Estes serviços permitem definir, entre outras facilidades, o meio de transporte a ser utilizado (ônibus, carro ou a pé), se serão utilizadas vias com pedágio, se a preferência é por estradas cênicas, etc. Com relação à apresentação do resultado da consulta, entretanto, os usuários dos serviços de rotas na Web ficam restritos a visualizar o caminho a ser percorrido projetado em um mapa e, opcionalmente, a apresentação de uma descrição textual com as instruções das movimentações a serem executadas ao longo do percurso (SERRA, 2014).

Objetivando enriquecer as formas de apresentação, os serviços de roteamento de muitos SIGWebs começaram a incluir registros fotográficos associados aos mapas. Estudos indicam que o uso de recursos multimídia associados aos mapas facilita a compreensão do caminho a ser percorrido quando se deseja ir de um local para outro. Atualmente, os serviços de roteamento são amplamente utilizados não apenas para o compartilhamento de rotas, mas também para disponibilizar imagens fotográficas ao nível do solo permitindo uma visão panorâmica da rede viária (CHEN *et al.*, 2009). Contudo, a integração das imagens com os sistemas de roteamento ainda é bastante limitada, pois só permite a visualização de imagens estáticas ao longo do percurso. A combinação dessas imagens para produzir uma animação do caminho a ser percorrido só pode ser realizada por aplicações com acesso às bases de dados das empresas fornecedoras desse serviço. As imagens são proprietárias e não podem ser utilizadas livremente por aplicações de terceiros.

Uma das possíveis soluções para enriquecer os serviços de roteamento livres e gratuitos com imagens e vídeos georreferenciados seria através do esforço de um grande

número de usuários produzindo e disponibilizando estes dados de forma voluntária. Os metadados associados aos registros multimídia são essenciais para organizar estes arquivos na Web. Atribuir coordenadas geográficas em conteúdos compartilhados por comunidades nas redes sociais tornou-se uma atividade popular. Um número crescente de dispositivos de captura de imagens, como câmeras e telefones inteligentes, atribui automaticamente às coordenadas geográficas em registros fotográficos e vídeos. A geolocalização desses registros permite que os usuários encontrem e recuperem os dados multimídia para uma visualização e navegação intuitiva (KELM *et al.*, 2011). Estes dados com representação geográfica geram formidáveis fontes de informações e o seu processamento integrado aos serviços de roteamento proporcionam a geração de vídeos que projetam a rota do usuário.

A próxima seção irá discutir em detalhes as principais fontes de dados necessárias à produção de vídeos de rotas. Em seguida serão abordados os algoritmos necessários ao processamento dos dados, desde a fase de pré-processamento até a fase de montagem e geração do vídeo.

### 3.1 FONTES DE DADOS PARA GERAÇÃO DO VÍDEO DA ROTA

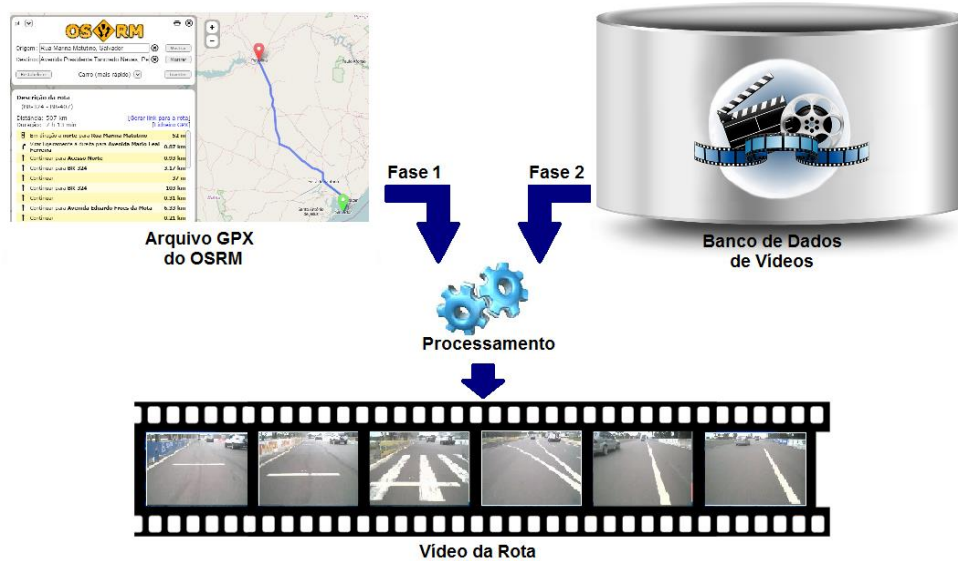
A geração do vídeo de uma rota solicitada pelo usuário, objetivo desta pesquisa, necessita basicamente de duas fontes de dados: informações das coordenadas da rota obtida através de algum sistema de roteamento e os registros em vídeos georreferenciados do sistema viário (Figura 11).

As informações da geometria de uma rota gerada pelos serviços de roteamento podem ser obtidas facilmente de serviços livres e abertos ou até mesmo de sistemas proprietários como o *Google Maps* e o *Bing Maps*. Neste trabalho iremos utilizar um serviço de roteamento não proprietário para obtenção dos dados da rota. Já os vídeos georreferenciados deverão ser providos através da contribuição voluntária. Neste trabalho iremos utilizar como prova de conceito os vídeos das rodovias baianas registradas pela Secretaria de Infraestrutura do Estado da Bahia (SEINFRA)<sup>5</sup> e de vídeos de vias urbanas coletados pelo próprio autor. As próximas subseções detalham as fontes de dados.

---

<sup>5</sup> <http://www.infraestrutura.ba.gov.br/>

Figura 11 - Processo de geração dos vídeos da rota



Fonte: Autoria própria (2015).

### 3.1.1 Informações da Rota

Os serviços de roteamento na Web fornecem informações da rota contendo os dados das coordenadas de diversos pontos ao longo do itinerário (COSTA, 2011). Como este projeto é baseado em iniciativas livres e abertas, optou-se por utilizar como mapa de base o projeto do *Open Street Maps* (OSM). No projeto OSM os usuários coletam os dados da malha viária de forma colaborativa e submetem a um repositório que armazena os dados geográficos. Estes dados são validados por uma equipe de voluntários qualificados que possuem um nível de expertise e confiabilidade mais avançado do que os usuários comuns. Após verificação e processamento das informações, os dados são disponibilizados de forma livre e gratuita.

A base de dados do OSM (Figura 12.a) é bastante rica e bastante próxima da base de dados privadas, tal como a *Google Maps* (Figura 12.b) ou a *Microsoft Bing Maps* (Figura 12.c). A figura 12 ilustra uma visão das três bases de dados de uma mesma região de Salvador. As imagens são apresentadas a título meramente ilustrativo. Não temos a pretensão de realizar nenhum tipo de avaliação comparativa entre estas bases, mas deixamos registrado a título de informação que a base do OSM é utilizada por diversas iniciativas de sucesso na Internet, a exemplo do projeto Waze<sup>6</sup>, que foi adquirido pela Google.

<sup>6</sup> <https://www.waze.com/>

Figura 12 - Recorte de uma região da cidade de Salvador de três serviços de mapa: a) *Open Street Map*; b) *Google Maps* e c) *Microsoft Bing Maps*



Fonte: autoria própria

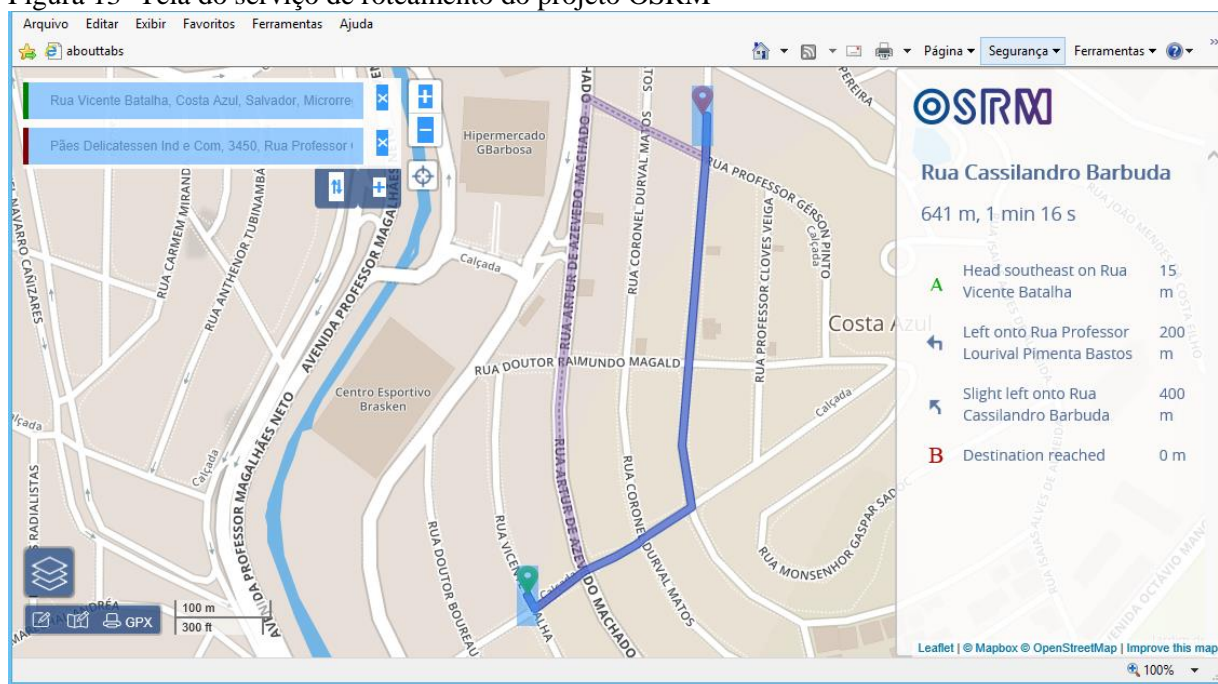
A base de dados do *Open Street Maps* subsidia também diversos projetos igualmente livres e gratuitos. O projeto OSRM é uma iniciativa que disponibiliza o serviço de roteamento da base de dados OSM. O OSRM implementa um algoritmo de melhor caminho em redes viárias. O referido algoritmo é capaz de processar rotas em alguns milissegundos, mesmo em redes de dimensão continental<sup>7</sup>. Além de rápido, o algoritmo de menor caminho do OSRM permite escolher o meio de transporte (carro, bicicleta ou andando). A aplicação de roteamento do OSRM apresenta o rastro da rota sobre o mapa e na aba direita as instruções textuais com as direções do deslocamento (Figura 13).

Uma das funcionalidades da aplicação de roteamento do projeto OSRM, fundamental para esta dissertação, é a facilidade de exportação das coordenadas geográficas dos pontos da rota solicitada pelo usuário. Esta informação é uma das fontes de dados utilizadas pelo algoritmo de geração do vídeo da rota. O fato de possuímos um serviço livre e gratuito, que tem demonstrado ser estável, eficiente e robusto, produzindo os dados de roteamento nos desobriga de desenvolver uma solução similar e concentrar nossos esforços no algoritmo de

<sup>7</sup> <http://project-osrm.org/>

composição do vídeo da rota e na ferramenta de apresentação do vídeo em combinação com o mapa da rota.

Figura 13- Tela do serviço de roteamento do projeto OSRM



Fonte: Osm (2015).

As coordenadas dos pontos da rota solicitadas pelo usuário utilizando a aplicação do OSRM são disponibilizadas em um arquivo estruturado no formato GPX<sup>8</sup> (*GPS Exchange Format*). O arquivo GPX é um formato de dados XML leve para o intercâmbio de dados de GPS (*waypoints*<sup>9</sup>, rotas e trajetos) entre aplicativos e serviços na Internet. Na figura 14.a podemos observar a representação dos pontos da rota desenhados sobre um mapa. O formato GPX possui essencialmente dados de coordenadas, contendo pouca ou nenhuma semântica (Figura 14.b).

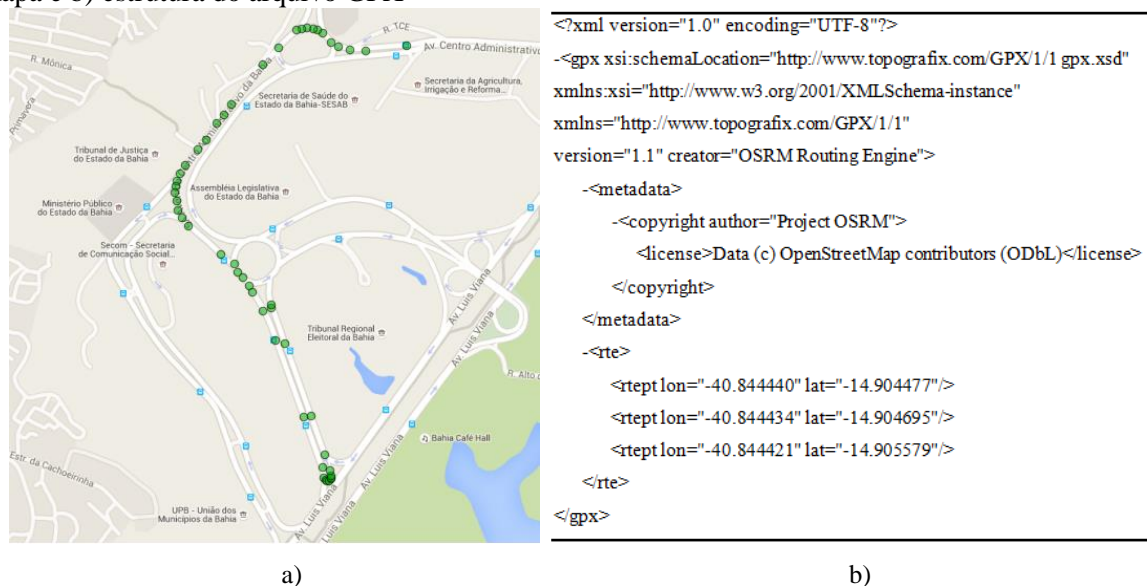
As informações contidas no arquivo GPX são lidas e armazenadas em um banco de dados relacional. A leitura do arquivo GPX é uma tarefa bastante simples, pois ele segue o padrão dos arquivos XML. Antes de armazenarmos estas informações em banco de dados relacional, entretanto, faz-se necessário um tratamento dos dados do arquivo GPX para uma melhor adequação aos algoritmos de geração dos vídeos da rota. Este tratamento será discutido mais adiante neste capítulo.

<sup>8</sup> <http://www.topografix.com/gpx.asp>.

<sup>9</sup> São pontos no mapa definidos por coordenadas geográficas através do sistema GPS.



Figura 14 – Arquivo GPX extraído do serviço de roteamento OSRM: a) representação dos dados no mapa e b) estrutura do arquivo GPX



Fonte: Autoria própria (2015).

### 3.1.2 Vídeos Georreferenciados

Além das informações das rotas dos veículos obtidas através de um serviço de roteamento, a geração do vídeo da rota necessita também, como fonte de dados, dos vídeos georreferenciados propriamente ditos. Estes vídeos deverão ser produzidos por meio de veículos que utilizam as ruas e estradas. Este projeto de pesquisa pretende se colocar como uma possível alternativa para o provimento de imagens ao nível do solo associada ao projeto OSM. Desta forma, o conteúdo imagético deverá ser produzido e disponibilizado pela multidão de usuários de forma voluntária e submetidos a um repositório público.

Como ponto de partida e a título de prova de conceito, utilizamos inicialmente um repositório de vídeos georreferenciados gerados a partir de uma parceria entre o Grupo de Aplicações e Análises Geoespaciais (GANGES) do Mestrado em Sistemas e Computação da Unifacs, do Laboratório de Geotecnia da Escola Politécnica da UFBA e da SEINFRA/SIT - Superintendência de Infraestrutura de Transportes do Governo do Estado da Bahia. Esta parceria tem como principal objetivo a realização de pesquisa e desenvolvimento de Sistemas de Computação Aplicados à Pavimentação. Os sistemas desenvolvidos nessa parceria realizam a aquisição, sincronização e apresentação de dados sobre os pavimentos capturados através de diversos sensores e equipamentos. O Sistema Integrado de Aquisição de dados de pavimentação (SIAq) encontra-se plenamente funcional e em uso.

As informações obtidas através do SIAq representam uma coleção de dados sobre as condições da malha viária do estado da Bahia. A Figura 15 apresenta a tela de captura do sistema. Este sistema permite que o engenheiro de campo ou operador registre em vídeo o levantamento realizado. Durante o levantamento é possível realizar anotações de áudio ou texto sobre eventos ocorridos ao longo do trajeto, realizar anotações padronizadas sobre anomalias e características visuais do pavimento (ensaio denominado Levantamento Visual Contínuo), atribuir uma nota refletindo a qualidade de trechos do levantamento (usualmente a cada quilometro). Todos estes dados são sincronizados e georreferenciados através de um receptor GPS. Este receptor coleta as coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude) de todo o trajeto do veículo na rodovia. Com a sincronização dos dados do GPS com os dados dos outros equipamentos é possível o georreferenciamento de todos os dados coletados, especialmente os vídeos. A SEINFRA/SIT tem a perspectiva de finalizar em breve a cobertura de toda a malha viária estadual e federal do estado da Bahia. Estas informações, em especial os vídeos georreferenciados, serão utilizadas como base do sistema de geração de vídeos de rotas de veículos.

Figura 15 – Tela do sistema integrado de aquisição de dados desenvolvido em parceria pelo GANGES/Escola Politécnica e SEINFRA/SIT



Fonte: Autoria própria (2015).

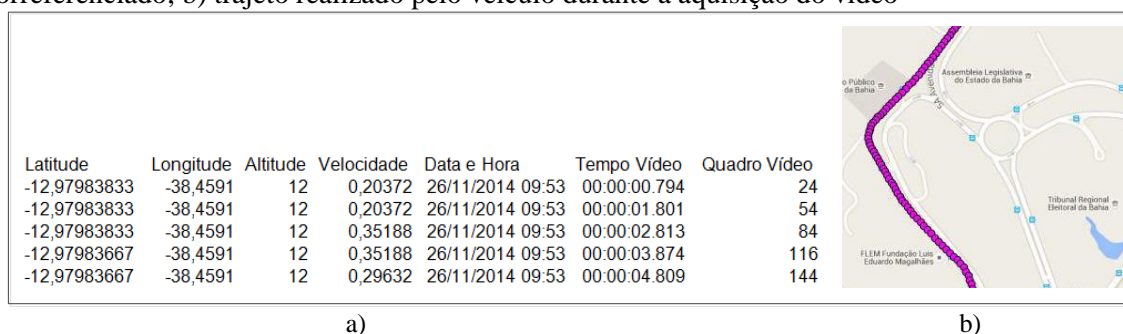
As informações contidas no arquivo de sincronização são triviais e podem ser obtidas facilmente por qualquer aplicação embarcada em um dispositivo móvel com uma câmera de vídeo e GPS. Este fato sugere que a coleta de vídeos georreferenciados do sistema viário possa ser feita por qualquer pessoa utilizando um *tablet* ou *smartphone*. Ao contrário do

formato utilizado pelo SIAq, entretanto, imaginamos que as aplicações móveis irão armazenar as informações de georreferenciamento no formato GPX.

No que se refere à captura dos vídeos produzidas pelo SIAq, cada segmento de vídeo gera dois arquivos: um arquivo com o vídeo e outro arquivo de texto, chamado de arquivo de sincronização, que contém as informações para o georreferenciamento do vídeo.

O arquivo de sincronização tem um conjunto de dados simples que associam alguns quadros do vídeo com informações obtidas do GPS. Estas informações são estruturadas em arquivos CSV (*Comma-separated values*). As primeiras cinco colunas do arquivo de sincronização são obtidas do GPS, que são a latitude, longitude, altitude, velocidade e data/hora (Figura 16.a). As duas últimas colunas do arquivo são obtidas do objeto responsável pela captura do vídeo. Toda vez que o receptor GPS produz uma nova localização, o sistema recupera da rotina que controla a câmera de vídeo o número e tempo do quadro do vídeo que está sendo gerado. O tempo neste caso equivale ao número de segundos transcorridos desde o instante inicial do vídeo. Podemos observar na ilustração (Figura 16.b) o rastro projetado pelos registros do arquivo de sincronização. Cada linha deste arquivo representa um ponto no mapa definido pelas coordenadas geográficas através do sistema GPS.

Figura 16 – Georreferenciamento de vídeo: a) trecho do arquivo de sincronização de um vídeo georreferenciado; b) trajeto realizado pelo veículo durante a aquisição do vídeo



Fonte: Autoria própria (2015).

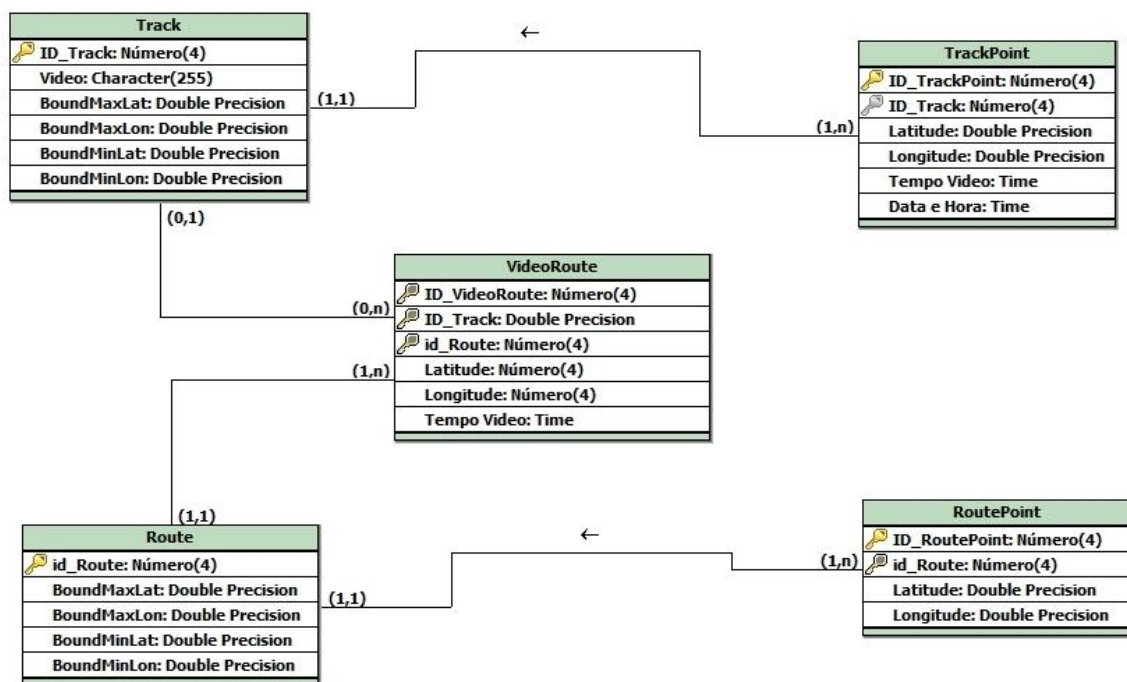
A segunda fonte de dados relacionada ao objetivo de gerar o vídeo da rota também necessita ser estruturada e armazenada em um banco de dados relacional. Cada arquivo de vídeo possui um arquivo CSV associado contendo as informações necessárias ao seu georreferenciamento. A próxima seção mostra como é feita a conversão das informações dos dados do arquivo de sincronização para o modelo de dados para a geração dos vídeos da rota.

### 3.2 MODELO DE DADOS PARA COMPOR O VÍDEO DA ROTA

Com o objetivo de organizar as fontes de informações foi criado um modelo de dados para armazenar as informações sobre a rota do usuário, da base de dados de vídeos georreferenciados submetidos de forma voluntária e do produto final do processamento que é o vídeo georreferenciado da rota solicitada. Todas estas informações foram materializadas em tabelas utilizando o Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados PostgreSQL, com a extensão espacial PostGIS<sup>10</sup>. A escolha de utilizar um banco de dados relacional com extensão espacial é de acelerar as consultas aos dados geográficos. Estes bancos permitem a criação de índices especiais que atuam sobre os campos geométricos, realizando alguns tipos de consultas de maneira muito mais eficiente (NAVARRETE; BLAT, 2002).

O modelo de dados é composto por cinco tabelas, duas tabelas para armazenar informações da rota, duas tabelas para armazenar informações dos vídeos georreferenciados e uma tabela para armazenar os dados para georreferenciamento do vídeo da rota (Figura 17).

Figura 17 – Esquema de dados resultante da estruturação dos vídeos com os dados da rota



Fonte: Autoria própria (2015).

No modelo de dados apresentado, as tabelas *Track* e *TrackPoint* são responsáveis por armazenar as informações advindas dos arquivos de sincronização dos vídeos

<sup>10</sup> <http://postgis.net/>

georreferenciados. A tabela *Track* armazena a caixa de contorno (*bounding box*) do trajeto realizado e o nome do arquivo de vídeo referente a este caminho (Figura 18.a). A caixa de contorno é o menor retângulo que engloba todos os pontos do trajeto. Esta informação será utilizada no processo de geração de vídeos da rota para acelerar a identificação dos vídeos que podem ser utilizados na composição do vídeo final. A comparação das caixas de contorno será discutida mais adiante neste capítulo.

A tabela *TrackPoint* armazena as coordenadas de cada ponto do segmento de vídeo registradas ao longo do itinerário. Nesta tabela é possível ver a frequência com que os quadros dos vídeos foram georreferenciados, isto é, aproximadamente um registro a cada segundo (Figura 18.b).

Figura 18 – Dados do arquivo de sincronização: a) segmentos de vídeo; b) pontos ao longo do vídeo

id_Track	boundmaxlon	boundmaxlat	boundminlon	boundminlat	video
11	-38.42116	-12.9429483	-38.4351016	-12.9558316	C:\Mestrado\Segmento-[31].avi
12	-38.4307433	-12.9486516	-38.434605	-12.9557883	C:\Mestrado\Segmento-[32].avi
13	-38.429195	-12.9479	-38.43445	-12.956265	C:\Mestrado\Segmento-[33].avi
14	-38.4305266	-12.9539533	-38.46063	-12.9800616	C:\Mestrado\Segmento-[34].avi
15	-38.4213083	-12.9433333	-38.432905	-12.9545033	C:\Mestrado\Segmento-[29].avi

a)

id_TrackPoint	id_Track	latitude	longitude	Data e Hora	Tempo Vídeo
27590	15	-12.9536	-38.4267	2014-11-26 10:05	00:00:00.61
27591	15	-12.9536	-38.4267	2014-11-26 10:05	00:00:01.62
27592	15	-12.9536	-38.4267	2014-11-26 10:05	00:00:02.62
27593	15	-12.9536	-38.4267	2014-11-26 10:05	00:00:03.73

b)

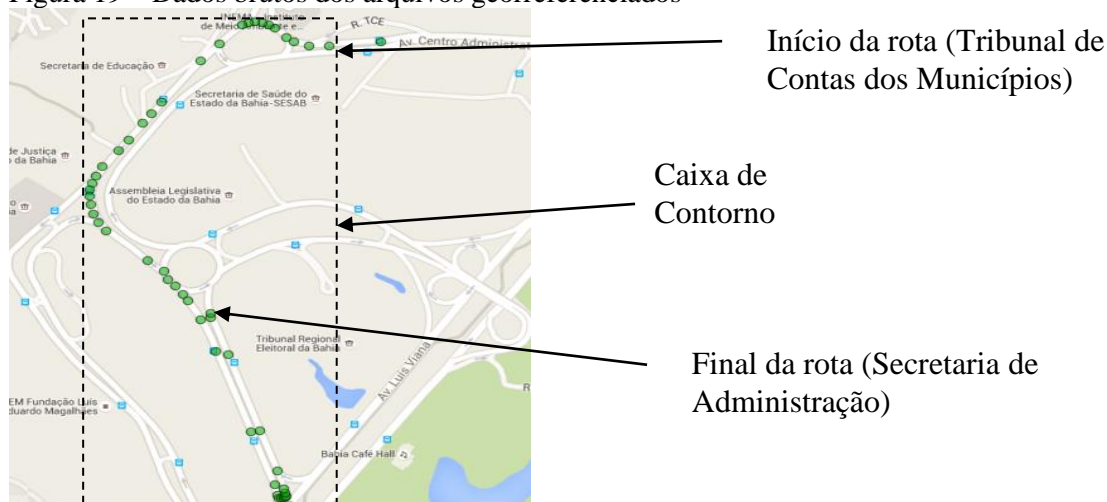
Fonte: Autoria própria (2015).

A medida que os vídeos georreferenciados são submetidos ao repositório de vídeos, os dados do arquivo de georreferenciamento são usados para popular as tabelas *Track* e *TrackPoint*. Desta forma, estas tabelas tendem a possuir um número elevado de registros. Logo, a indexação espacial feita pelos bancos de dados geográficos será de grande importância para acelerar as consultas realizadas sobre estes dados.

As tabelas *Route* e *RoutePoint* são responsáveis por armazenar as informações da rota solicitada pelo usuário. Estas informações são extraídas do arquivo GPX gerado pelo aplicativo do projeto OSRM. A tabela *Route* é responsável por armazenar as coordenadas da caixa de contorno da rota. A tabela *RoutePoint* armazena as coordenadas geográficas dos pontos ao longo desta rota. As informações constantes na tabela *Route* e *RoutePoint* podem ser melhor visualizadas em um mapa. A título de ilustração apresentamos os dados de uma

rota na região do Centro Administrativo da Bahia na cidade de Salvador. A referida rota vai do Tribunal de Contas dos Municípios até a Secretaria de Administração (Figura 19).

Figura 19 – Dados brutos dos arquivos georreferenciados



Fonte: Autoria própria (2015).

A extração dos dados do arquivo GPX para alimentar as tabelas *Route* e *RoutePoint* é trivial. Uma única passada (*parse*) pelo arquivo produz os resultados esperados (Figura 20).

Figura 20 – Dados do arquivo GPX convertidos em registros das tabelas a) *Route* e b) *RoutePoint*

id_Route	boundmaxlat	boundmaxlon	boundminlat	boundminlon	id_RoutePoint	id_Route	latitude	longitude
26	-12.943429	-38.421329	-12.954485	-38.430668	5798	26	-12.943429	-38.425323
27	-12.942919	-38.426971	-12.954968	-38.433287	5799	26	-12.943513	-38.423937
28	-12.947905	-38.429026	-12.955579	-38.434599	5800	26	-12.943542	-38.423482
29	-12.946423	-38.426841	-12.949687	-38.433287	5801	26	-12.943561	-38.423191

a)

b)

Fonte: Autoria própria (2015).

Os motivos da tabela de rotas possuírem mais de um registro são dois. Em primeiro lugar, estamos mantendo um histórico de todas as rotas solicitadas pelos usuários. Acreditamos que a guarda desses registros seja inviável para a utilização do serviço em larga escala. Em segundo lugar, os serviços de roteamento permitem que sejam solicitadas várias rotas simultaneamente ou, visto de outra forma, uma única rota com pontos intermediários. Por exemplo, é possível solicitar uma rota do ponto A ao ponto B, do ponto B ao ponto C, e assim sucessivamente. Desta forma, a rota total resultante é a composição das rotas intermediárias. O arquivo GPX reflete esta situação criando várias rotas em um único arquivo. De forma similar, nossa tabela *Route* irá possuir tantos registros quantos segmentos definidos no sistema de roteamento e presentes no arquivo GPX.

A última tabela povoada no modelo de dados é a *VideoRoute* (Figura 21). O produto final de nosso trabalho é um vídeo da rota solicitada pelo usuário e os dados para o georreferenciamento do vídeo. O vídeo é obtido através de um processo de segmentação e concatenação dos vídeos disponíveis no repositório. Os dados de georreferenciamento são obtidos pelo cruzamento de informações das tabelas *TrackPoint* e *RoutePoint*. Estes dados são armazenados na tabela *VideoRoute*.

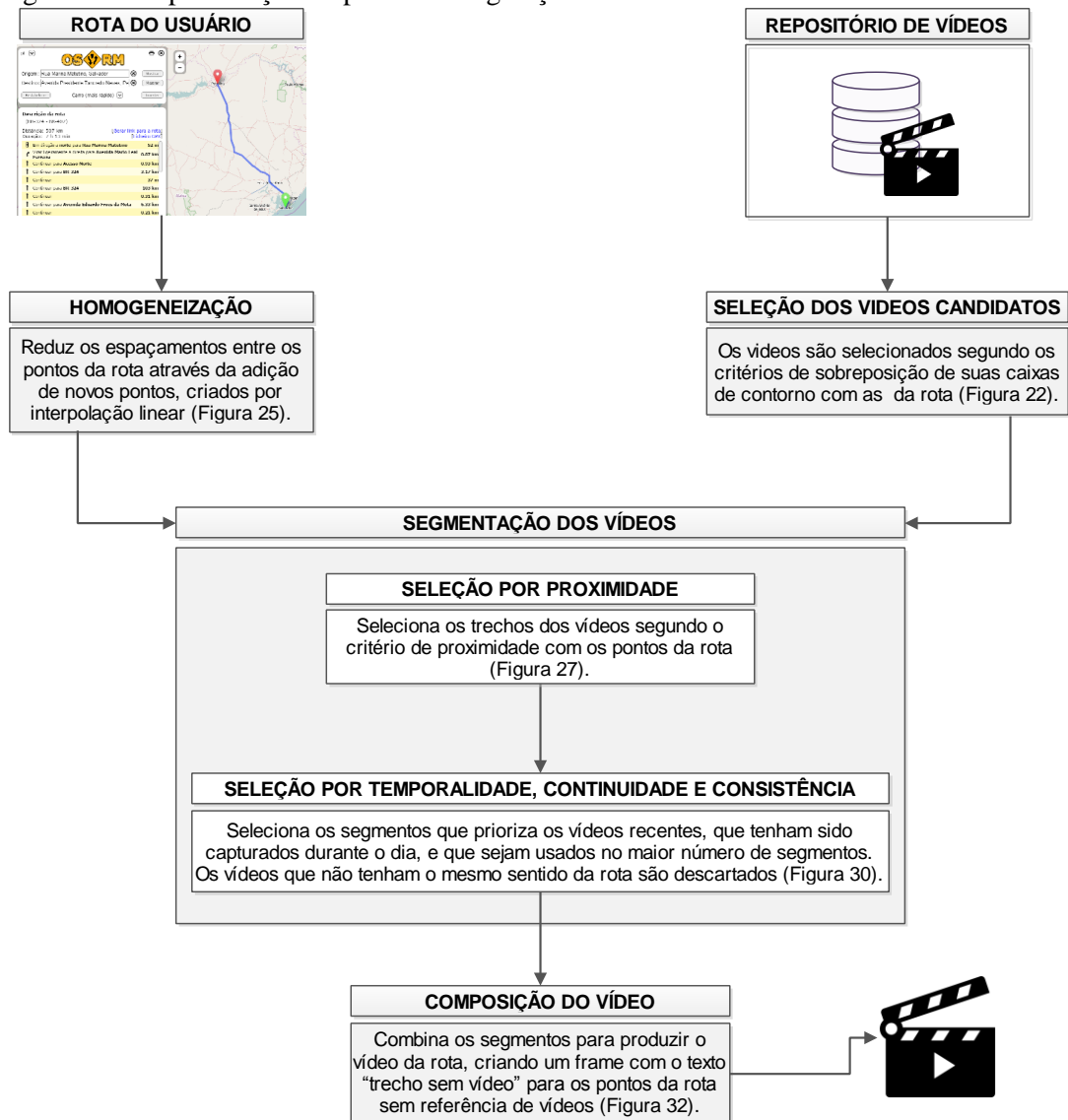
Figura 21 – Tabela utilizada para a composição final do vídeo

id_videoroute	latitude	longitude	tempo	id_Track	id_Route
6255	-12.9433731238553	-38.4253209258242	00:06:05.584	15	26
6256	-12.9433818872803	-38.4251358411396	00:06:06.88	15	26
6257	-12.9433941111496	-38.4249494590062	00:06:08.326	15	26
6258	-12.9434081217164	-38.4247662205602	00:06:09.616	15	26
6259	-12.9434174870772	-38.4245831715677	00:06:11.015	15	26

Fonte: Autoria própria (2015).

O processo de geração do vídeo da rota e do seu georreferenciamento (tabela *VideoRoute*) envolve critérios espaciais, temporais, de consistência e de continuidade (Figura 22). Os critérios espaciais dizem respeito a utilização de segmentos de vídeos geograficamente próximos da rota. O critério temporal diz respeito a utilização dos segmentos de vídeo mais recentes e, preferencialmente, os que foram coletados durante o dia. O critério de consistência descarta os segmentos de vídeos coletados no sentido oposto à direção da rota. O critério de continuidade, finalmente, prioriza segmentos de quadros do mesmo vídeo. A implementação de todos estes critérios na geração do vídeo georreferenciado da rota é discutida em detalhes na próxima seção.

Figura 22 – Especificação do processo de geração do vídeo da rota



Fonte: Autoria própria (2015).

### 3.3 GERAÇÃO DO VÍDEO DA ROTA

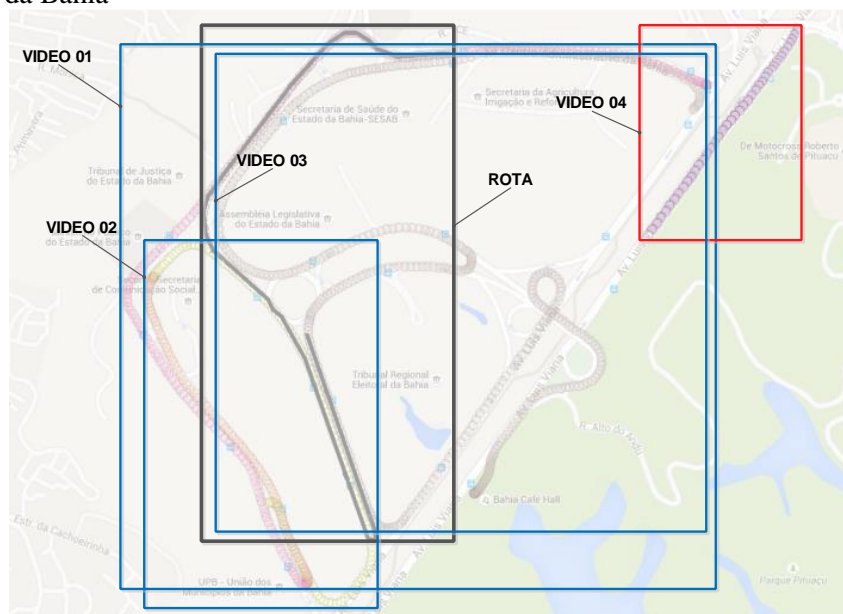
A geração do vídeo da rota é feita através da seleção, segmentação e composição de vários segmentos de vídeos cujos trajetos coincidem em parte ou na sua totalidade com a rota desejada. O processo de geração pode ser dividido em três grandes etapas, a saber: 1) seleção dos vídeos candidatos, 2) seleção dos melhores segmentos entre os vídeos candidatos, 3) montagem do vídeo da rota e do respectivo arquivo de georreferenciamento.

A título de ilustração, iremos discutir a geração do vídeo de uma pequena rota no Centro Administrativo da Bahia, já apresentada anteriormente (Figura 19). Para este exemplo não pudemos utilizar os vídeos da base de dados da SEINFRA/SIT coletados pelo SIAq. Estes



vídeos são das estradas da Bahia e não possuem nenhum trecho urbano. Desta forma, criamos um pequeno banco de dados com alguns vídeos georreferenciados das principais vias do Centro Administrativo da Bahia (CAB). As informações associadas a estes vídeos foram devidamente registradas nas tabelas *Track* e *TrackPoint*. O arquivo da rota do Tribunal de Contas dos Municípios até a Secretaria de Administração gerado pelo OSRM foi devidamente registrada nas tabelas *Route* e *RoutePoint*. A Figura 23 apresenta as trilhas referentes aos trajetos do veículo durante o processo de aquisição dos vídeos e o trajeto da rota solicitada. Tanto a linha que descreve a rota quanto às linhas dos trajetos está envoltas pelas suas respectivas caixas de contorno.

Figura 23 – Rastro da rota e dos vídeos georreferenciados do Centro Administrativo da Bahia



Fonte: Autoria própria (2015).

As informações das caixas de contorno da rota e dos vídeos são suficientes para a execução da primeira etapa do processo de geração do vídeo da rota que é a seleção dos vídeos candidatos. Esta etapa procura minimizar ao máximo o número de vídeos na etapa seguinte, que é mais complexa e cujo esforço computacional é diretamente proporcional ao número de vídeos do repositório envolvidos no processo.

A seleção dos vídeos candidatos é feita através de uma operação do banco de dados relacional PostGIS. Um vídeo candidato é qualquer vídeo que pode contribuir para geração do vídeo da rota. Desta forma, um vídeo candidato é um vídeo cuja caixa de contorno intercepta a caixa de contorno da rota. Para seleção dos vídeos candidatos é realizada consulta no banco

de dados que compara a caixa de contorno da rota contra a caixa de contorno de todos segmentos de vídeo do repositório. Embora esta consulta seja exaustiva e compare todos os segmentos de vídeos na base de dados, ela é extremamente barata computacionalmente, pois compara a interseção de dois retângulos. Além disso, por ser uma operação em um banco de dados espacial, a consulta é acelerada pela utilização da indexação espacial das tabelas envolvidas.

A seleção dos vídeos candidatos do nosso exemplo pode ser visualizada graficamente em um mapa (Figura 23). A caixa de contorno da rota solicitada pelo usuário (retângulo preto) intercepta as caixas de contorno dos vídeos 1, 2 e 3 (retângulos na cor azul). Desta forma, estes vídeos são considerados candidatos. No entanto, a caixa de contorno do vídeo 4 (retângulo vermelho) não intercepta a caixa de contorno da rota. Assim, o vídeo 4 é descartado, isto é, não faz parte do resultado da consulta. Esta decisão é justificada pelo fato de não existir a possibilidade de algum trecho deste vídeo contribuir com o vídeo da rota.

O resultado final com somente os vídeos candidatos pode ser observado na Figura 24.a. Nesta figura são mostrados os rastros dos vídeos 1, 2 e 3, isto é, linhas nas cores verde, vermelha e azul, respectivamente. Na figura 24.b foi sobreposto no mapa da figura anterior o rastro da rota solicitada. Desta forma, é possível verificar visualmente que não existe nenhum vídeo que corresponda exatamente a rota selecionada, em alguns trechos da rota existe mais de um vídeo que pode ser utilizado na composição do vídeo da rota e em outros trechos não existe nenhum vídeo no repositório que atenda a rota selecionada. Estes fatos suscitam diversas questões para a escolha do melhor segmento de vídeo que será utilizado na composição do vídeo da rota. Nos casos onde se tem mais de um vídeo que atende à rota, faz-se necessário o estabelecimento de critérios para a escolha do melhor segmento. Estes critérios devem levar em conta os seguintes fatores: proximidade, temporalidade, consistência e continuidade. Proximidade diz respeito a existência de vídeos de pontos a uma distância limite de um ponto da rota; temporalidade diz respeito a escolha do vídeo com melhores condições de visibilidade; consistência diz respeito a utilização de vídeos no mesmo sentido da rota e continuidade diz respeito a utilização do mesmo vídeo para compor a rota sempre que possível. No caso onde não se dispõe de nenhum vídeo que atenda esses critérios, faz-se necessário a indicação clara desta situação para o usuário que visualiza o vídeo da rota.

Figura 24 – Ilustração dos vídeos georreferenciados: a) registros de vídeos armazenados no banco de dados; b) sobreposição da rota com os vídeos georreferenciados



Fonte: Autoria própria (2015).

O principal objetivo da primeira etapa de nossa metodologia é o de selecionar rapidamente os vídeos que satisfaçam uma consulta com base em sua geometria espacial. Estes dados servem de entrada para o algoritmo que seleciona e fragmenta os trechos dos vídeos para composição do vídeo da rota. O referido algoritmo, equivalente a segunda etapa da nossa metodologia, é executado em sua integridade na memória. Desta forma, é necessário o mapeamento das entidades armazenadas nas tabelas *Track*, *TrackPoint*, *Route* e *RoutePoint* em instâncias de classes que as represente em memória.

O mapeamento objeto relacional, isto é, a conversão de tabelas de um banco de dados em classes para a representação de objetos em memória é trivial. As tabelas *Route* e *RoutePoint* (Figura 25.a) são mapeadas em memória pelas classes homônimas *Route* e *RoutePoint* (Figura 25.b). A classe *Route* possui um atributo do tipo *BoundingBox* para representar a caixa de contorno da rota e a coleção de pontos que compõem a rota. Optamos por representar a caixa de contorno da rota, mas ressaltamos que esta informação não é utilizada nesta fase do processamento. A classe *RoutePoint* possui todos os atributos relacionados a localização do ponto (i.e., a latitude e a longitude).

Figura 25 – Mapeamento objeto-relacional das entidades representando os dados da rota solicitada pelo usuário: a) representação relacional das tabelas *Route* e *RoutePoint* e b) representação em memória das classes *Route* e *RoutePoint*

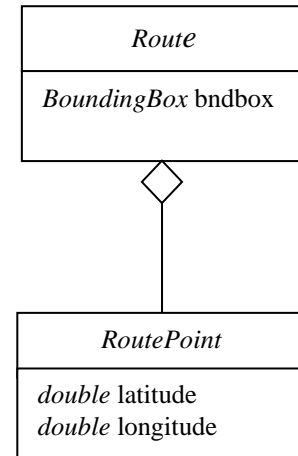
Tabela *Route*

<b>id_Route</b>	<b>boundmaxlat</b>	<b>boundmaxlon</b>	<b>boundminlat</b>	<b>boundminlon</b>
26	-12.943429	-38.421329	-12.954485	-38.430668
27	-12.942919	-38.426971	-12.954968	-38.433287
28	-12.947905	-38.429026	-12.95579	-38.434599
29	-12.946423	-38.426841	-12.949687	-38.433287

Tabela *RoutePoint*

<b>id_RoutePoint</b>	<b>id_Route</b>	<b>latitude</b>	<b>longitude</b>
5798	26	-12.943429	-38.425323
5799	26	-12.943513	-38.423937
5800	26	-12.943542	-38.423482
5801	26	-12.943561	-38.423191

a)

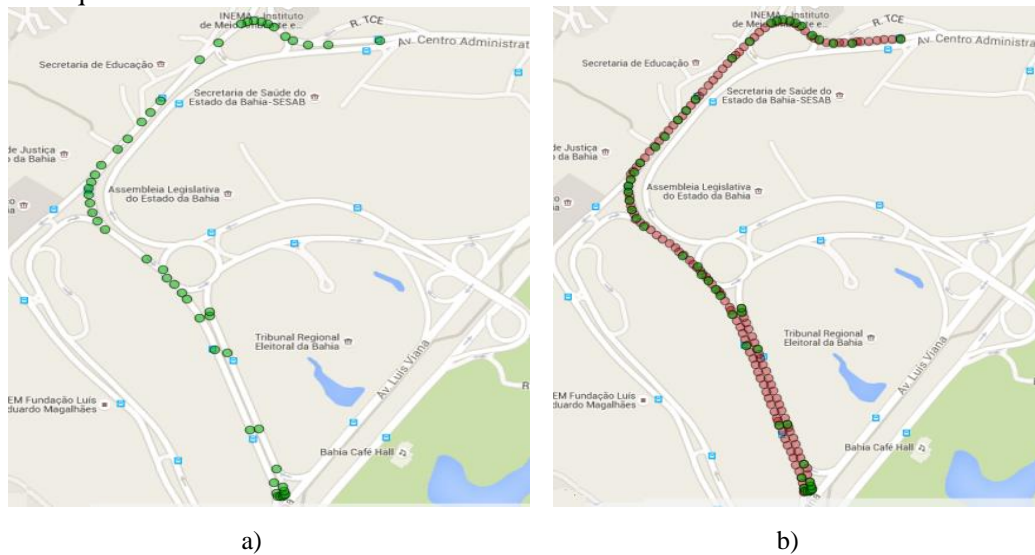


b)

Fonte: Autoria própria (2015).

À primeira vista, a criação das entidades em memória baseada nos registros das tabelas *Route* e *RoutePoint* é trivial. Esta conversão, entretanto, não é tão automática. Os pontos gerados no OSRM apresentam um espaçamento variado ao longo da rota e possuem uma distância grande entre alguns pontos, sobretudo em trechos de reta (Figura 26.a). O algoritmo de geração do vídeo requer que os pontos da rota estejam com aproximadamente o mesmo afastamento dos dados de GPS utilizados para o georreferenciamento dos vídeos. Desta forma, realizamos um processo denominado de “homogeneização dos pontos da rota” para garantir este requisito. Este processo cria novos pontos ao longo da rota fornecida pelo OSRM de forma a garantir que os pontos da rota estão com espaçamentos próximos ao espaçamento dos metadados de georreferenciamento dos vídeos (Figura 26.b). A geração dos novos pontos intermediários é feita por interpolação linear entre dois pontos gerados pelo serviço de roteamento.

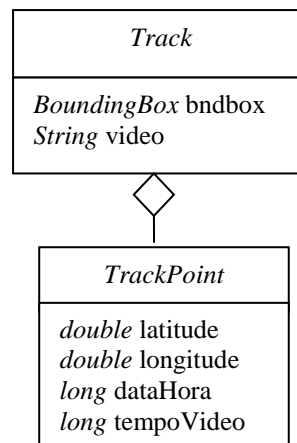
Figura 26 – Rota solicitada pelo usuário: a) dados brutos do arquivo GPX; b) novos pontos projetados a partir do arquivo GPX



Fonte: Autoria própria (2015).

O mapeamento objeto relacional para entidades que representam o georreferenciamento dos vídeos (Figura 18) é igualmente direta ao caso anterior. As tabelas *Track* e *TrackPoint* são mapeadas em memória por classes homônimas (Figura 27). Os atributos relacionados à caixa de contorno também foram criados em memória, mas como mencionando anteriormente, esta informação não é utilizada nesta fase do processamento. A criação das entidades em memória é mais simples que o mapeamento dos pontos da rota. As trilhas possuem registros coletados a uma frequência relativamente alta (uma vez a cada segundo) e não demanda a geração de registros intermediários.

Figura 27 – Mapeamento objeto-relacional das entidades representando os dados dos vídeos georreferenciados: classes *Track* e *TrackPoint*



Fonte: Autoria própria (2015).

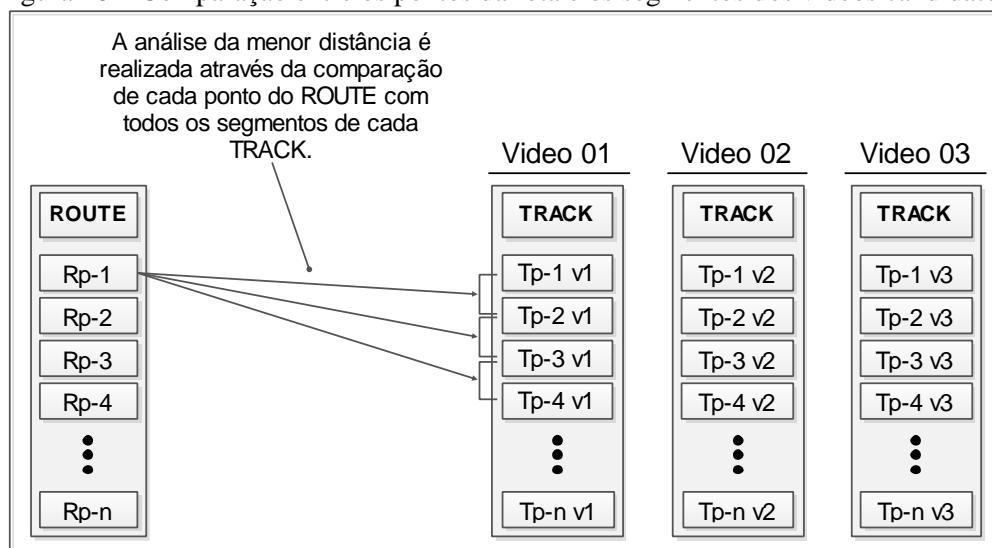
Uma vez que as entidades *Route* e *Track* estão carregadas em memória, é possível iniciar a execução da segunda etapa da metodologia que é a seleção dos melhores segmentos entre os vídeos candidatos. Esta etapa do processamento tem um custo computacional elevado, tendo em vista que será realizado um grande número de operações relativamente complexas.

O produto final da segunda fase da metodologia é o conjunto de informações necessárias para extrair os segmentos de vídeos que irão compor o vídeo da rota e as informações necessárias ao georreferenciamento deste vídeo.

Assumimos inicialmente que os pontos da rota obtidos do OSRM serão os pontos de georreferenciamento do vídeo da rota. O algoritmo irá procurar então entre todos os vídeos candidatos o que melhor atende aos critérios de proximidade, temporalidade, consistência e continuidade.

O primeiro critério a ser avaliado é o de proximidade. A ideia é selecionar todos os vídeos candidatos que possuam uma trilha passando a uma distância pré-determinada do ponto da rota. Assumimos uma distância limite de 10 metros, que é o erro padrão da maioria dos dispositivos GPS. O algoritmo calcula de forma exaustiva, a distância de cada ponto da rota a cada par de segmentos formados por dois pontos consecutivos das trilhas dos vídeos candidatos (Figura 28).

Figura 28 – Comparação entre os pontos da rota e os segmentos dos vídeos candidatos

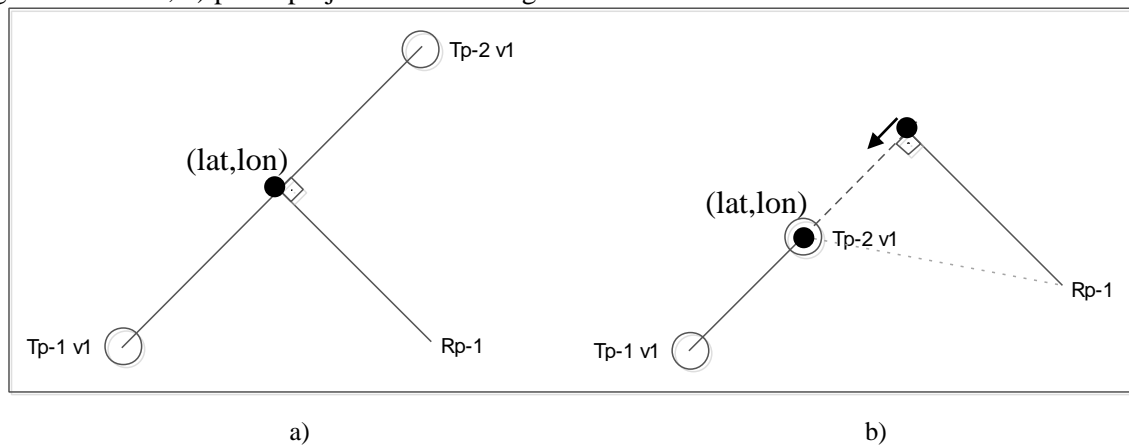


Fonte: Autoria própria (2015).

A Figura 29 ilustra o cálculo da distância do primeiro ponto da rota (Rp-1) ao segmento formado pelos dois primeiros pontos do vídeo 1 (Tp-1 v1 e o Tp-2 v1). Para o

cálculo da distância de um ponto a um segmento de reta, utilizamos a estratégia de calcular as coordenadas do ponto ao longo do segmento mais próximo ao ponto da rota (Anexo A). Existem duas possibilidades para este algoritmo. Na primeira possibilidade, o ponto mais próximo ocorre entre os pontos extremos do segmento (Figura 29.a). Na segunda possibilidade, o ponto mais próximo ocorre na projeção do segmento (Figura 29.b). Neste caso, trazemos o ponto mais próximo para a posição do ponto extremo do segmento que esteja mais próximo. Em ambos os casos, calculamos a distância do ponto da rota (Rp-1) ao ponto mais próximo.

Figura 29 – Distância entre o ponto da rota e os segmentos do vídeo: a) ponto projetado entre o segmento de reta; b) ponto projetado fora do segmento de reta



Fonte: Autoria própria (2015).

Para o cálculo da distância entre dois pontos geográficos, utilizamos a métrica de distância esférica (LEVY, 1997). Para efeito dos cálculos e sem comprometer o objetivo deste trabalho, assumimos que a terra é uma esfera perfeita. Com isto, assumimos que o raio da terra tem aproximadamente 6.371 km. Desta forma, a distância, em metros, entre duas coordenadas geográficas é dada pela fórmula:

$$\text{distância} = 6.371.000 * \text{acos}(\sin(\text{lat}_1) * \sin(\text{lat}_2) + \cos(\text{lat}_1) * \cos(\text{lat}_2) * \cos(\text{lon}_2 - \text{lon}_1))$$

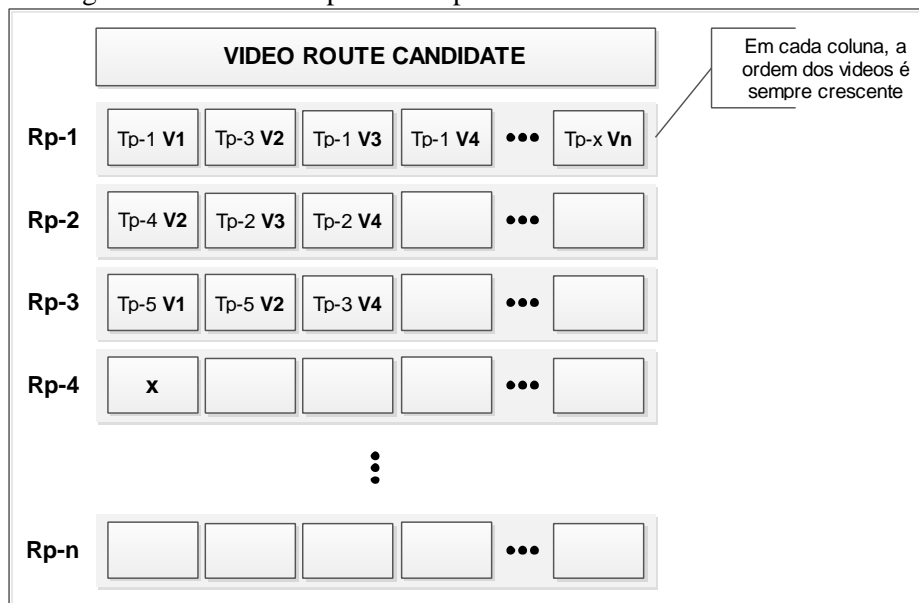
Se a distância do ponto da rota ao ponto mais próximo for menor que um determinado valor, o ponto mais próximo se transforma em um candidato a um ponto da rota do vídeo. O algoritmo avança para o próximo segmento e repete o mesmo processo. Caso seja encontrado outro ponto mais próximo que o detectado no passo anterior, o candidato anterior é

descartado. Caso não seja encontrado nenhum ponto próximo para o vídeo em questão, este vídeo não gera nenhum candidato a ponto do vídeo da rota.

Um objeto candidato a ponto da rota *VideoRouteCandidate* possui como atributo as coordenadas geográficas do quadro do vídeo (coordenadas do ponto mais próximo discutido anteriormente), o nome do vídeo que ele pertence, o tempo do quadro do vídeo que ele representa e a data/hora no qual o vídeo foi registrado.

Ao comparar cada ponto da rota com cada segmento dos vídeos candidatos, cada ponto da rota terá associado a ele uma coleção de zero ou muitos *VideoRouteCandidate* (Figura 30). O algoritmo ordena cada linha da coleção de *VideoRouteCandidate* com base na data e hora dos vídeos. Os registros realizados durante o dia ocuparão as primeiras posições da linha, ao passo que os registros de vídeos registrados a noite serão deslocados para o final. Com esta estratégia, resolvemos o problema da escolha do melhor vídeo para a rota baseado nos critérios de proximidade e temporalidade. Os próximos passos do algoritmo irão implementar os critérios de consistência e continuidade para escolher os melhores segmentos de vídeos candidatos.

Figura 30 – Dados temporários representando os vídeos *Route Candidate*



Fonte: Autoria própria (2015).

Apenas um registro de cada linha da coleção de dados *VideoRouteCandidate* será aproveitada para compor definitivamente a coleção de dados *VideoRoute*, estrutura que dará origem ao vídeo final da rota.

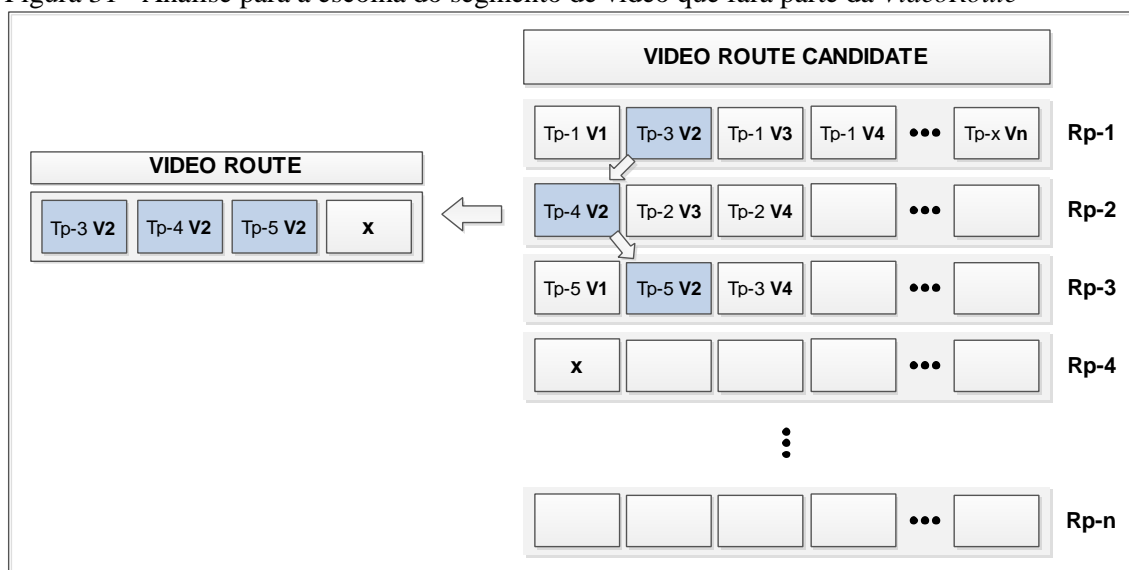


O processo de seleção do melhor *VideoRouteCandidate* inicia verificando se os dados do vídeo que compõe o primeiro elemento da lista possui um *VideoRouteCandidate* na lista seguinte (critério de continuidade). Se esse elemento existe, avaliamos se o tempo do frame do primeiro elemento é menor do que o tempo do frame do segundo registro. Esta comparação é feita para determinar se o sentido do vídeo corresponde ao mesmo sentido da rota do usuário (critério de consistência). Caso o sentido seja invertido, os dois candidatos são rejeitados e o próximo elemento da primeira lista é selecionado e todo o processo é repetido.

Na fase inicial deste projeto tentou-se aproveitar todos os vídeos que atendessem o critério de proximidade, mesmo que estivessem em sentido oposto ao da rota. Neste caso, fizemos a inversão do fluxo de exibição do vídeo para compor a rota, mas o resultado não foi satisfatório. A integração de trechos de vídeo invertidos com trechos no sentido natural provocou uma confusão visual ao longo da visualização do vídeo, o que nos fez tomar a decisão de descartar os vídeos com registros das vias que estivessem no sentido oposto da rota solicitada pelo usuário.

Se os critérios de continuidade e consistência forem atendidos, os dois elementos analisados são inseridos na coleção *VideoRoute*. Esta coleção possui os registros da coleção *VideoRouteCandidate* selecionados. Por fim, mas não menos importante, se não for identificado nenhum registro de vídeo que atenda aos critérios supramencionados, o elemento da coleção *VideoRoute* fica vazio, indicando um trecho do vídeo da rota sem imagem por falta de cobertura (Figura 31).

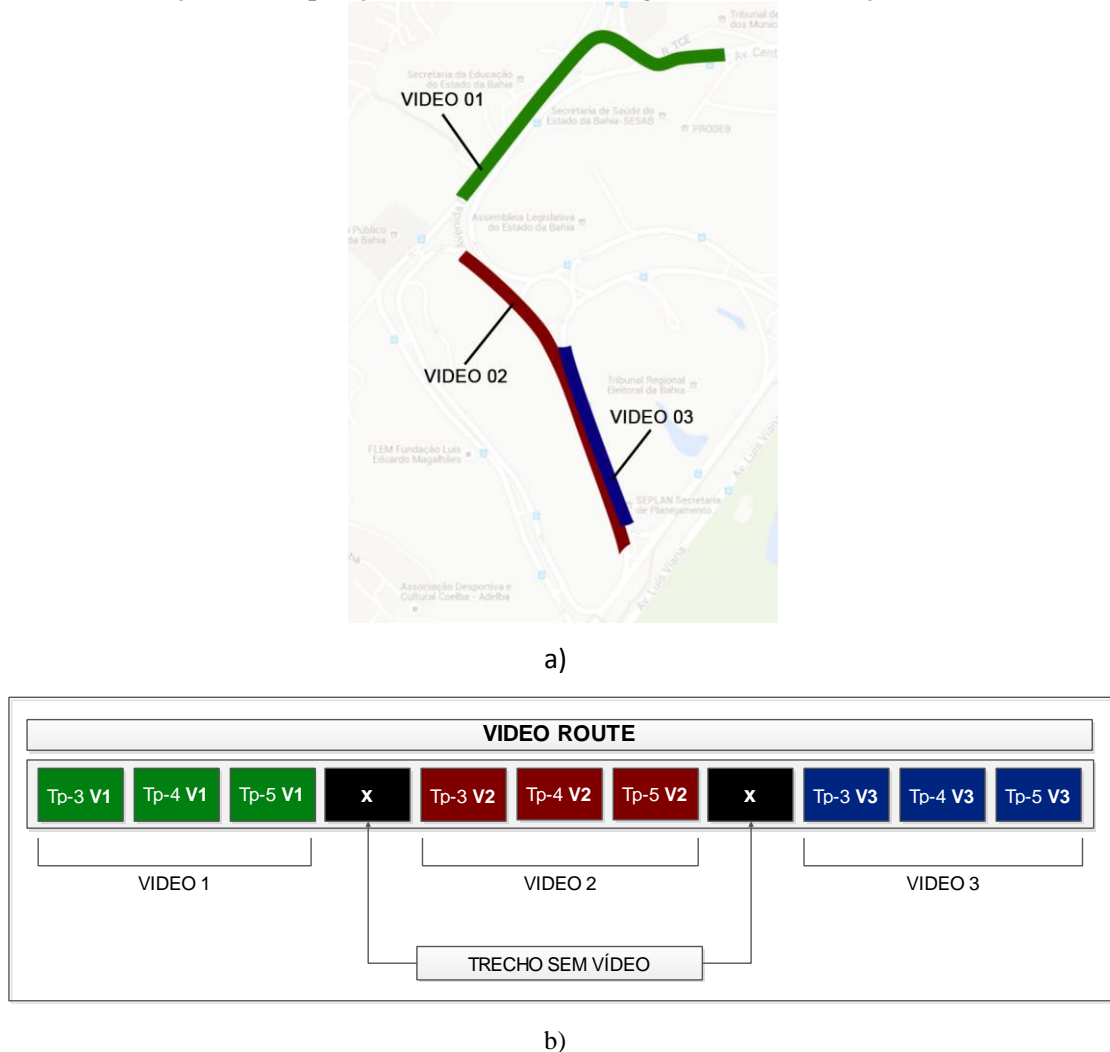
Figura 31 - Análise para a escolha do segmento de vídeo que fará parte da *VideoRoute*



Fonte: Autoria própria (2015).

O processo de geração da coleção *VideoRoute* finaliza a etapa de seleção e segmentação dos vídeos candidatos. Com relação à rota solicitada no Centro Administrativo da Bahia, foi selecionado trechos dos vídeos 1, 2 e 3 (Figura 32.a). Alguns trechos da rota ficaram sem um vídeo correspondente. A representação da mesma informação da figura 32.a pode ser obtida da figura esquemática da coleção *VideoRoute* apresentada na Figura 32.b.

Figura 32 – Ilustração da composição da rota: a) vídeos segmentados; b) coleção de dados *VideoRoute*



Fonte: Autoria própria (2015).

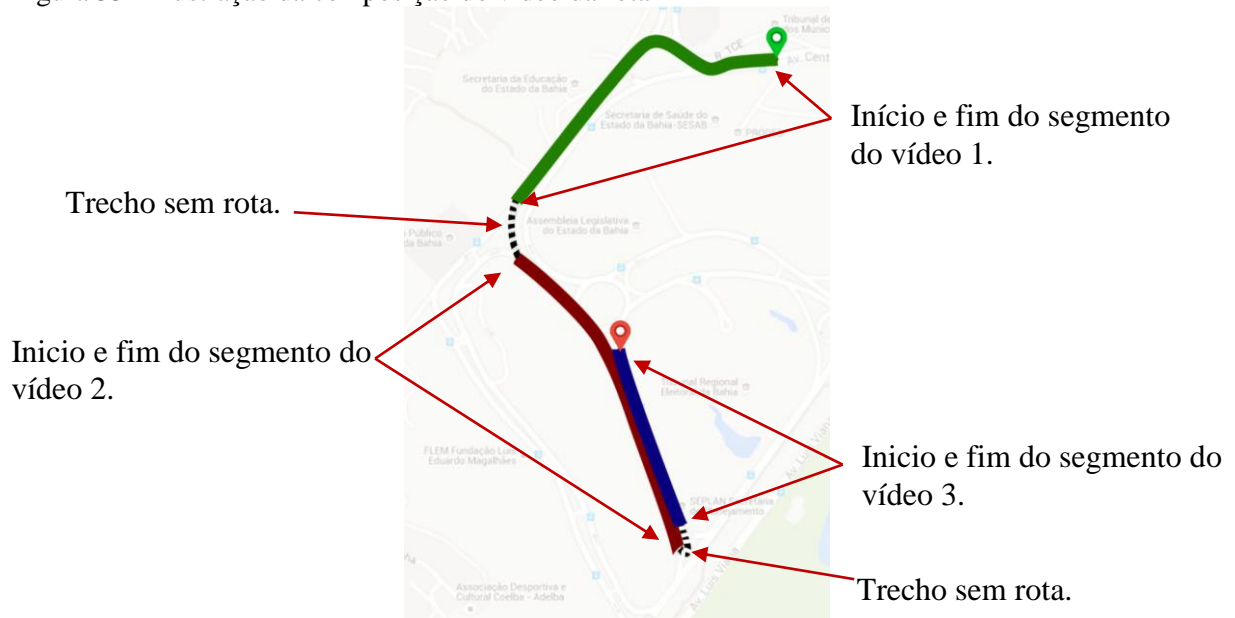
A última etapa do processo é a montagem do vídeo da rota e do respectivo arquivo de georreferenciamento. Esta etapa é realizada através da biblioteca de código aberto FFmpeg, capaz de segmentar e concatenar arquivos de vídeo. Esta biblioteca disponibiliza funcionalidades para manipular arquivos multimídia. Como o seu código é aberto, permite que qualquer pessoa possa utilizá-lo em seus projetos. Embora tenha uma vasta documentação

detalhando quanto a sua utilização, é possível configurá-lo para que fique integrado ao desenvolvimento das mais diversas aplicações (FFMPEG, 2015).

Optamos por desenvolver o nosso algoritmo na linguagem Java. O uso das funcionalidades do FFmpeg é feito através da linha de comando, entretanto os códigos são processados em *background* (rodando em segundo plano) de forma que a execução dos métodos desta biblioteca fique oculta para o usuário.

Com os dados do vídeo da rota já estabelecidos na coleção de dados *VideoRoute*, processamos a leitura destes registros passando para a biblioteca FFmpeg as informações dos tempos de início e fim de cada segmento pertencentes ao mesmo trecho de vídeo (Figura 33) (Anexo B).

Figura 33 – Ilustração da composição do vídeo da rota



Fonte: Autoria própria (2015).

Conseguimos criar desta forma, um novo arquivo contendo o trecho do vídeo referente à rota do usuário. Os arquivos são nomeados com um sequencial numérico e armazenamos em um diretório temporário. Para os registros da coleção *VideoRoute* sem referência de vídeos, apenas com as coordenadas da rota do usuário, é criado um frame com o texto “trecho sem vídeo” que passa a fazer parte do vídeo da rota.

Com o processo de segmentação dos vídeos finalizado, o algoritmo verifica os arquivos fragmentados e armazenados no diretório temporário e mais uma vez utiliza a biblioteca FFmpeg para, neste momento, concatenar os trechos dos vídeos selecionados. O algoritmo extrai o nome de cada arquivo contido neste diretório. Estes nomes são armazenados em uma variável de acordo com a ordem de criação dos fragmentos dos vídeos.

No final deste processo teremos uma *string* (sequência de caracteres) de texto longo com o nome de todos os arquivos. Executamos o método de concatenação da biblioteca FFmpeg, através da linha de comando, para a composição do vídeo final (Anexo C), concluindo desta maneira o método que produz o melhor vídeo que representa a rota solicitada.

### 3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou uma metodologia para a visualização da rota de veículos por meio da composição dos segmentos dos vídeos georreferenciados. Apresentou também os critérios de classificação dos melhores trechos de vídeos para a representação da rota, assim como o processo de geração do vídeo final.

O próximo capítulo apresentará o funcionamento da aplicação através da interface gráfica para a visualização dos vídeos que mostrará o percurso da rota do usuário, associados a um mapa, para uma melhor familiarização do trajeto a ser percorrido. Demonstraremos também a utilização da metodologia por meio de dois estudos preliminares. O primeiro, utilizando um cenário urbano para a definição da rota desejada, e o segundo apresentando um cenário que refere-se a um trecho da rodovia do estado da Bahia, evidenciando desta forma, opções e aplicabilidade distinta no uso dos métodos desenvolvidos neste trabalho.

## 4 APRESENTAÇÃO DO VIDEO DA ROTA

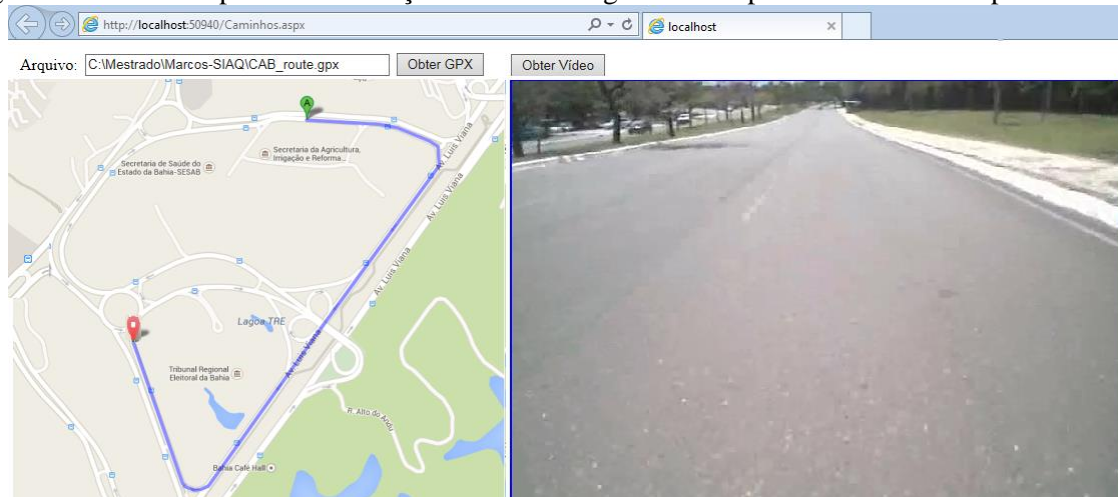
Neste capítulo será apresentada a ferramenta que foi desenvolvida para visualizar o vídeo gerado a partir da aplicação que segmenta e concatena os vídeos georreferenciados. Existe uma expectativa de uma futura integração com o serviço de mapeamento do OSRM. Contudo, neste primeiro momento a ferramenta é utilizada como prova de conceito para demonstrar a realização dos objetivos descritos neste trabalho.

O funcionamento da aplicação visa manter uma interação com o usuário próxima ao ambiente no qual ele já está acostumado a trabalhar. A interface foi desenvolvida com tecnologias Web e deve ser utilizada através do navegador. E como pré-requisito é necessário estar conectado à Internet para que o mapa seja apresentado.

### 4.1 FERRAMENTA PARA APRESENTAÇÃO DO VÍDEO

A ferramenta para apresentação do vídeo da rota dispõe de uma interface gráfica que integra na tela um player e um mapa para a identificação da rota e o acompanhamento do deslocamento do veículo ao longo do percurso (Figura 34). Estabelecemos inicialmente que o usuário informe o local onde o arquivo GPX foi salvo. Este arquivo é disponibilizado pelo sistema de roteamento OSRM, após o usuário definir os endereços de origem e de destino.

Figura 34 – Interface para a visualização do vídeo integrado ao mapa da rota solicitada pelo usuário



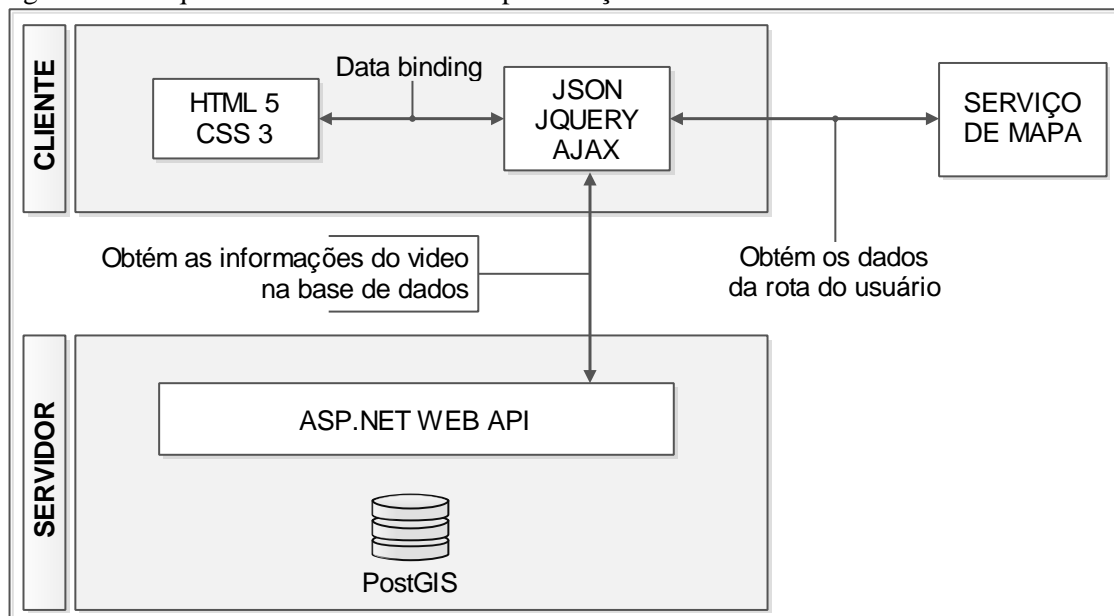
Fonte: Autoria própria (2015).

Foram utilizados vários recursos tecnológicos específicos para o desenvolvimento desta interface. Como por exemplo: ASP.NET, HTML5 (*HyperText Markup Language*), JavaScript e CSS3 (*Cascading Style Sheets*). A estrutura da interface foi desenvolvida em

ASP.Net, que é essencialmente uma página HTML. Para a estilização da página utilizamos CSS escrito dentro do código HTML. As interações entre o mapa e o vídeo são feitas com *JavaScript*. Um aspecto observado no código *JavaScript* é que ele só roda no navegador, ou seja, antes da página ser enviada para o servidor. Logo, uma validação extra no lado servidor é necessária, a fim de verificar se não houve uma tentativa de burlar a segurança da aplicação.

O AJAX (*Asynchronous Javascript and XML*), o JSON e o JQUERY também fazem parte das tecnologias utilizadas no desenvolvimento da aplicação. AJAX é o uso sistemático de *JavaScript* e XML para tornar o navegador mais interativo com o usuário, utilizando-se de solicitações assíncronas. O AJAX é ativado por meio de “chamadas” *JavaScript*, o usuário pode permanecer visualizando a página normalmente enquanto ocorre a comunicação com o servidor Web. A interação entre o navegador e o servidor Web não ocorre de forma totalmente direta, mas por meio do AJAX. A flexibilidade do Ajax irá conferir uma grande agilidade à atualização das informações na Web. O JSON é uma estrutura de arquivo para transportar dados para a camada cliente. O JQUERY é uma biblioteca que vai dar o suporte a chamada AJAX e a leitura do JSON, facilitando o desenvolvimento de eventos e funções *JavaScript* (Figura 35) (NIEDERAUER, 2007).

Figura 35 – Arquitetura da ferramenta de apresentação do vídeo



Fonte: Autoria própria (2015).

O *player* foi incorporado à página utilizando os recursos do HTML5 para a visualização do vídeo, que é feita de forma natural e interage com o código *JavaScript*. A integração do algoritmo que fragmenta e concatena o vídeo da rota com a interface gráfica

pode ser facilitada com a utilização de uma *Applet Java*, embora a realização da avaliação experimental tenha ocorrido de forma separada.

## 4.2 AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL

Nesta seção avaliaremos o uso do método com a aplicação dos estudos de casos relacionados a cenários complexos com rotas viárias urbanas e em rodovias para evidenciar os resultados obtidos com sua utilização.

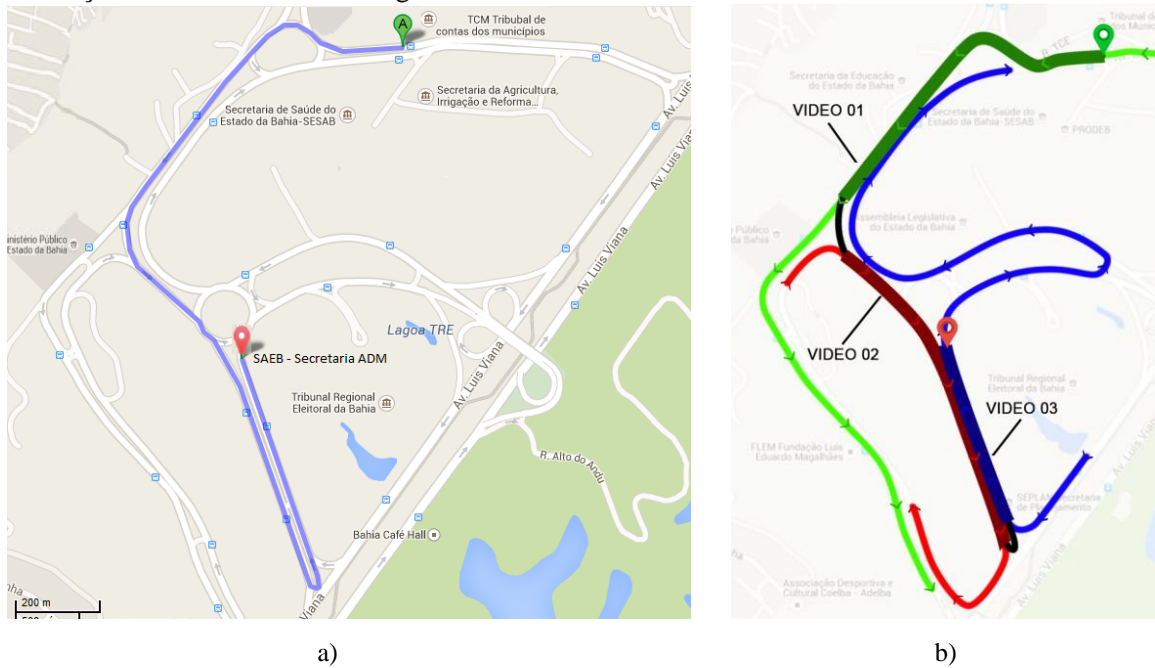
Este trabalho utiliza os vídeos com registro das vias e tem a mesma natureza que os SIGWeb que disponibilizam registros de imagens ao nível do solo, criando uma sensação de familiarização com o ambiente geográfico. Os estudos de casos que serão apresentados foram aplicados a partir de dois cenários distintos. O primeiro estudo foi realizado tendo como base as vias urbanas da cidade de Salvador (capital do estado da Bahia). O segundo estudo foi realizado com base em vídeos registrados nas rodovias da Bahia, demonstrando desta forma, a flexibilidade na utilização do método proposto neste trabalho.

### 4.2.1 Estudo de Caso Realizado em Vias Urbanas da Cidade de Salvador

Para a realização deste primeiro estudo de caso, criamos vários registros de vídeos da região do Centro Administrativo da Bahia na cidade de Salvador para povoar o banco de dados. Esta região foi escolhida de forma proposital, pois o entrelaçamento e proximidade de várias vias cria um cenário complexo e apresenta excelentes condições para a validação da metodologia desenvolvida neste trabalho.

No segundo momento, definimos através do serviço de roteamento do OSRM uma rota que vai do Tribunal de Contas dos Municípios até a Secretaria de Administração conforme ilustrado na figura 36.a. A Figura 36.(b) apresenta a trilha de três vídeos sinalizados com as cores verde (vídeo 1), vermelho (vídeo 2) e azul (vídeo 3). Estes registros foram selecionados no banco de dados, através da análise de caixa de contorno. Podemos verificar nas áreas destacadas, linhas mais grossas, que aplicando o critério de proximidade diversos trechos ao longo da rota teriam dois vídeos representando o itinerário. Contudo, por meio do critério de consistência observamos que apenas um único vídeo por trecho consegue atender a região da rota e o outro é descartado neste ponto, pois está no sentido oposto da rota solicitada.

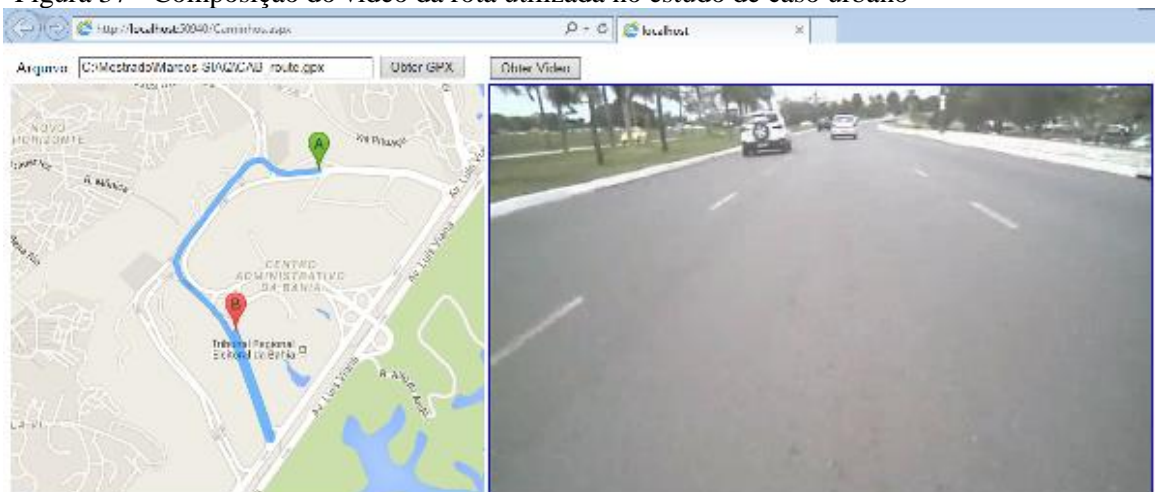
Figura 36 - Ilustração das fontes de dados utilizadas no estudo de caso: a) rota solicitada pelo usuário e b) ilustração das rotas dos vídeos registrados



Fonte: Autoria própria (2015).

Como resultado final, temos um novo vídeo que foi criado a partir da composição dos segmentos de vídeos que estavam armazenados no banco de dados (Figura 37). Entretanto, neste cenário, dois trechos ficaram sem representação de vídeo e foram preenchidos com o frame “trecho sem vídeo” na composição do vídeo da rota.

Figura 37 - Composição do vídeo da rota utilizada no estudo de caso urbano



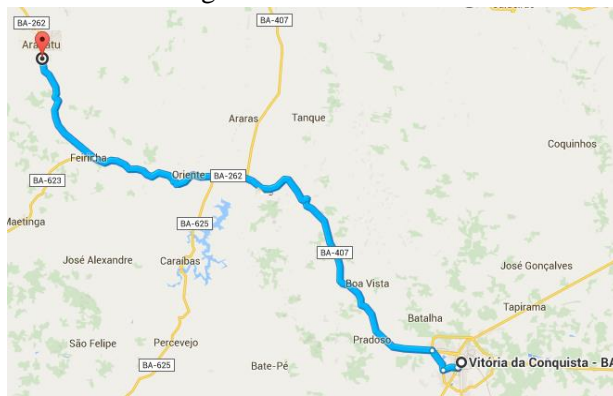
Fonte: Autoria própria (2015).



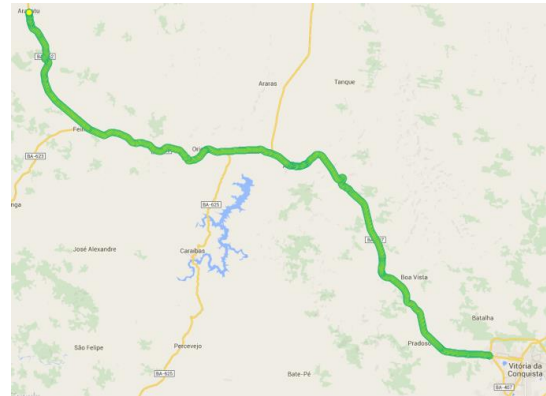
#### 4.2.2 Estudo de Caso Realizado em Rodovias do Estado da Bahia

Neste estudo de caso, utilizamos os vídeos da base de dados do projeto da SEINFRA/SIT coletados nas rodovias do estado da Bahia pelo SIAq. O mapa apresenta uma rota localizada entre os municípios de Vitória da Conquista e Aracatu (Figura 38.a). Neste projeto os vídeos são coletados por trecho (Figura 38.b). O final de um trecho coincide com o início do trecho anterior. Neste momento ainda não existe sobreposição de registros de vídeos, pois o projeto está em uma fase inicial e nem todas as rodovias tem vídeos georreferenciados capturados.

Figura 38 - Estudo de caso realizado em rodovias: a) rota solicitada pelo usuário e b) ilustração da trilha do vídeo registrado



a)



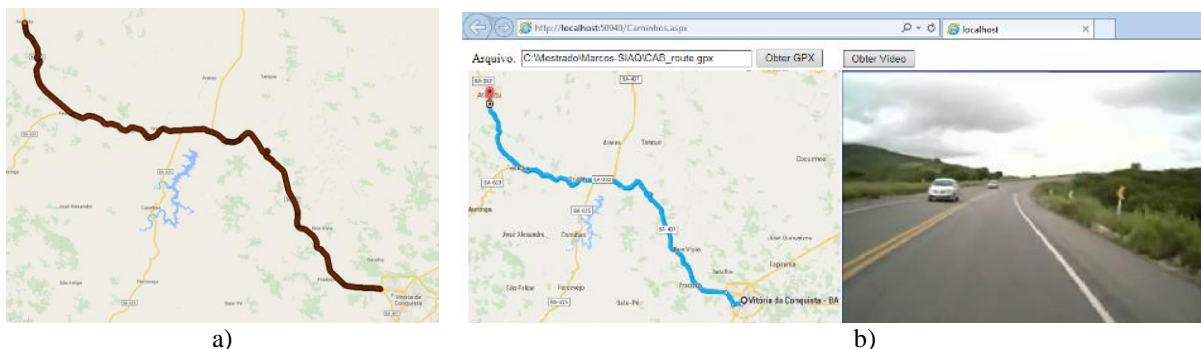
b)

Fonte: Autoria própria (2015).

Com a informação da rota, obtida através do arquivo GPX, realizamos o processo de “homogeneização dos pontos da rota” para manter os pontos da rota com um afastamento aproximado em relação aos dados do arquivo gerado pelo GPS utilizado para o georreferenciamento dos vídeos (Figura 39.a). O algoritmo processa então os critérios de proximidade, temporalidade, consistência e continuidade entre todos os pontos dos vídeos para identificar os trechos do vídeo que melhor atenda a rota solicitada.

Após identificar os segmentos relevantes de acordo com os critérios de classificação do método, os trechos foram fragmentados e concatenados resultando em um novo arquivo de vídeo da rota. Este arquivo foi disponibilizado para a interface gráfica, que fez a leitura e visualização do vídeo integrado ao mapa da rota (Figura 39.b).

Figura 39 – Montagem do vídeo da rota: a) resultado do processamento e b) apresentação do vídeo da rota



Fonte: Autoria própria (2015).

Os usuários utilizam os sistemas de navegação para identificar o trajeto a ser seguido quando se deseja ir para um determinado destino. O mapa ainda é um dos meios mais utilizados para a identificação de rotas, entretanto mesmo com um mapa, é quase sempre mais confortável a navegação de uma rota que possamos visualizar previamente o caminho a ser seguido, devido à memória visual do percurso.

#### 4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos preliminares realizados com o método proposto buscou identificar questões específicas como a identificação de vídeos que foram registrados durante o dia e com uma data de filmagem mais recente, além de priorizar o vídeo que foi utilizado para compor o segmento inicial. Estes foram alguns pontos observados e que serviram para determinar a grandeza na estruturação das rotinas de fragmentação e montagem de vídeos georreferenciados. Alinhamos estes aspectos para proporcionar ao usuário uma melhor memorização da rota ao assistir o vídeo antes mesmo de percorrer o caminho pela rede viária (CHEN *et al.*, 2009).

A apresentação do vídeo da rota gerado por meio deste trabalho alcança alguns aspectos que foram abordos em outras duas iniciativas de mesma natureza, realizados por Chen *et al.* (2009) e Peng *et al.* (2010). Estes projetos apresentam igualmente em seus sistemas um vídeo para a visualização da rota ao nível do solo.

Alguns itens relevantes para a distinção dos trabalhos são:

- a) Suavidade na reprodução dos vídeos: todos os sistemas permitem uma reprodução automática do vídeo. Entretanto, Chen *et al.* (2009) afirma que haveria uma evolução significativa em seu trabalho se fossem utilizados vídeos reais gravados através de

veículos com sistema GPS, enquanto Peng *et al.* (2010) ressalta que há erros ocasionais em seu sistema ao tentar mesclar as imagens panorâmicas para a montagem do vídeo da rota.

- b) Interação do usuário: neste sistema e no sistema apresentado por Chen *et al.* (2009) os usuários só podem visualizar a rota pré-definida, enquanto no sistema de Peng *et al.* (2010), além de permitir visualizar a rota, os utilizadores podem também verificar detalhes aos arredores da via.
- c) Facilidade no acesso aos dados: os trabalhos de Chen *et al.* (2009) e Peng *et al.* (2010) utilizam imagens produzidas pela Microsoft e Google respectivamente. Estes dados são coletados por veículos com sofisticados equipamentos e não estão disponíveis ainda para o uso gratuito ou mesmo através de licenças comerciais, ao passo que o nosso projeto propõe a utilização de vídeos produzidos por comunidades de forma colaborativa, que seriam disponibilizados de maneira livre e gratuita.
- d) Integração do vídeo com o mapa: todos os trabalhos desenvolveram uma interface para exibir um mapa integrado a um player para a visualização do vídeo da rota.
- e) Pontos de interesse para reconhecimento da rota: no nosso sistema e no de Peng *et al.* (2010), a reprodução do vídeo ocorre de forma natural sem nenhum destaque especial para os pontos de interesse. Contudo, Chen *et al.* (2009) desenvolveu em seu trabalho um procedimento para mudança no campo de visão durante a reprodução do vídeo com o intuito de evidenciar os pontos de interesse e facilitar o reconhecimento da rota.

## 5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Os sistemas de informações geográficas na Web vêm ganhando grande popularidade na última década. Dentre as funcionalidades básicas desses sistemas, uma das mais consumidas pelo público em geral são os serviços de mapa e os serviços de roteamento. Os serviços de mapa oferecem mapas detalhados do sistema viário e de elementos urbanos relevantes e informações de diversos serviços públicos e privados. Os serviços de roteamento são ofertados sempre em conjunto com o serviço de mapas. Este serviço permite que o usuário solicite informações sobre as direções a serem tomadas para se deslocar entre dois locais.

Com a evolução dos SIGWeb, tornou-se comum a incorporação de recursos multimídia ao repertório de informações disponíveis para o usuário. Uma das informações multimídia mais comumente utilizadas são imagens fotográficas do ambiente urbano tirado ao nível do solo. Mais recentemente, começaram a ser produzidos vídeos georreferenciados com os deslocamentos dos veículos nas vias. Estes vídeos, quando combinados com os serviços de roteamento possuem o potencial de enriquecer a experiência do usuário, permitindo que ele se familiarize com a rota antes mesmo de trafegar pela rede viária.

Este trabalho apresentou uma metodologia e um protótipo que, baseado em dados do serviço de roteamento e de um repositório de vídeos georreferenciados, produz um vídeo do caminho a ser percorrido. Os vídeos georreferenciados de veículos trafegando nas vias da rede de transporte, quando associados com as rotas solicitadas pelo usuário, permite a visualização prévia do caminho a ser percorrido. Acreditamos que a metodologia apresentada nesse trabalho possui o potencial de incentivar a produção de vídeos georreferenciados por comunidades voluntárias em uma escala planetária. Além disso, estes vídeos podem servir como repositório de imagens das iniciativas de serviços de mapas abertos e livres, a exemplo do projeto *Open Street Maps*.

O trabalho desenvolvido uniu os conceitos dos SIGWeb, os serviços de roteamento e os registros em vídeos georreferenciados do sistema viário no qual permitiu algumas contribuições, dentre as quais destacamos:

- a) Criação de uma nova metodologia para compor vídeos georreferenciados em nível do solo que represente a rota solicitada pelo usuário, visando enriquecer os serviços de roteamento.

- b) Ampliação do uso dos vídeos georreferenciados, motivando novos colaboradores voluntários a produzirem vídeos enquanto se deslocam pelas vias realizando suas atividades diárias ou viagens.
- c) Definição dos critérios de proximidade, temporalidade, consistência e continuidade. Estes critérios fazem parte da estratégia que identifica os melhores segmentos de vídeos para a composição do vídeo da rota.

Sugere-se, no futuro, para tornar o método proposto mais eficiente e completo implementar novos recursos para inverter o sentido do vídeo, sem provocar um desconforto e uma confusão visual, quando este representar a rota solicitada pelo usuário, mas estiver com o fluxo de apresentação em uma direção oposta. Outra intervenção relevante nos métodos deste projeto seria o reconhecimento de vídeos em trezentos e sessenta graus, permitindo uma visão panorâmica e imersão na rota mais próxima do real.

Além da inclusão destes recursos, novos pesquisadores poderiam explorar em trabalhos futuros os seguintes pontos:

- a) Controle no nível de aceleração do vídeo, onde o filme passaria mais rápido em trechos retos e reduziria a velocidade em locais de curvas e próximos aos pontos de interesse dos usuários.
- b) Ampliação nos recursos de interface com o usuário, permitindo o uso em dispositivos móveis.
- c) Captura automática do arquivo GPX a partir do serviço de roteamento ao processar a rota solicitada pelo usuário.
- d) Criar novos critérios para o armazenamento dos vídeos, analisando se os registros foram realizados em período de chuva ou se a qualidade do filme permite uma boa visualização da rota.

## REFERÊNCIAS

- AY, S. A. et al. GRVS: A Georeferenced Video Search Engine. In: ACM MULTIMEDIA CONFERENCE (ACM MM 2009), 2009. **Proceedings...** October 2009.
- BING, **Platform Bing Maps**. 2015. Disponível em <<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/gg427610.aspx>>. Acesso em: 14 mar. 2015.
- BROWN, M.; LOWE, D. G. Automatic panoramic image stitching using invariant features. **International Journal of Computer Vision**, 2007.
- CHEN, B. et al. Integrated videos and maps for driving directions. In: ANNUAL ACM SYMPOSIUM ON USER INTERFACE SOFTWARE AND TECHNOLOGY, 22., 2009. **Proceedings...** 2009.
- COSTA, Marco André Ferreira da. **Sistema de apoio à mobilidade de utilizadores da bicicleta**. 2011. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação)-Universidade do Porto - FEUP, Porto, 2011.
- FFMPEG. **Biblioteca multimídia**. 2015. Disponível em <<https://ffmpeg.org/>>. Acesso em: 14 mar. 2015.
- FOX A. Porto Spatio-temporal indexing in non-relational distributed databases. In: BIGDATA CONFERENCE. IEEE, 2013. **Proceedings...** 2013.
- GOODCHILD, M. F. Citizens as Sensors: The World of Volunteered Geography. **GeoJournal**, 2007.
- GOOGLE. **Google Maps API**. Disponível em: <<https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/basics>>. Acesso em: 14 mar. 2015.
- HE MA, S. A. A.; ZIMMERMANN, R.; KIM, S. H. Metadata Organization and Query Optimization for Large-scale Geo-tagged Video Collections. **NUS/SoC Technical Report TR10/11, National University of Singapore**, 2011.
- KELM, P.; SCHMIEDEKE, S.; SIKORA, T. A hierarchical, multi-modal approach for placing videos on the map using millions of flickr photographs. In: ACM WORKSHOP ON SOCIAL AND BEHAVIOURAL NETWORKED MEDIA ACCESS. ACM, 2011. **Proceedings...** 2011.
- LEVY, P. **Collective intelligence: mankind's emerging world in cyberspace**. 1st ed. New York: Basic Books, 1997.
- LONGLEY, P. et al. **Geographic information systems and science**. Hoboken: John Wiley and Sons, 2005.
- LUO, J. et al. Geotagging in multimedia and computer vision—a survey. **Multimedia Tools and Applications**, 2011.

NAVARRETE, T.; BLAT J. VideoGIS: Segmenting and indexing video based on geographic information. In: AGILE CONFERENCE ON GEOGRAPHIC INFORMATION SCIENCE, 5., 2002. **Proceedings...** 2002.

NIEDERAUER, J. **Web interativa com Ajax e PHP**. São Paulo: Novatec, 2007.

OPENSTREETMAP, **Open street map website**. 2015. Disponível em: <[www.openstreetmap.org/about](http://www.openstreetmap.org/about)>. Acesso em: 14 mar. 2015.

OSRM. **Open source routing machine**. 2015. Disponível em: <<http://map.project-osrm.org/>>. Acesso em: 14 mar. 2015.

PENG, C.; CHEN, B.; TSAI, C. Integrated Google Maps and smooth street view videos for route planning. In: COMPUTER SYMPOSIUM (ICS), 2010. **Proceedings...** 2010.

SERRA, Sérgio Felipe Fernandes. **Acesso multimodal a vídeos georreferenciados através da forma, velocidade e tempo em dispositivos móveis**. 2014. Dissertação (Mestrado em Informática)- Universidade de Lisboa, Lisboa, Faculdade de Ciências, 2014.

SILVA, F. R. G. da. **Geodiscover: mecanismo de busca especializado em dados geográficos**. 2006. Tese (Doutorado em Computação Aplicada)- INPE, São José dos Campos, 2006.

SIMON, I.; SEITZ, S. M. Scene Segmentation Using the Wisdom of Crowds. In: EUROPEAN CONFERENCE ON COMPUTER VISION (ECCV), 2008. **Proceedings...** 2008.

TORNIAI, C.; BATTLE, S.; CAYZER, S. **Sharing, discovering and browsing geotagged pictures on the web**. Technical report, Digital Media Systems Laboratory, HP Laboratories Bristol, 2007.

TOYAMA, K. et al. Geographic location tags on digital images. In: ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMEDIA, 2003. **Proceedings...** 2003.

TREVISIOL, M. et al. Retrieving geo-location of videos with a divide & conquer hierarchical multimodal approach. In: ACM CONFERENCE ON INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMEDIA RETRIEVAL ACM, 3., 2013. **Proceedings...** 2013.

ZHANG L.; ZIMMERMANN R.; WANG G. Presentation of geo-referenced videos with google earth. In: ACM workshop on Surreal media and virtual cloning, 2010. **Proceedings...** 2010.

ZHENG, Y. et al. tour the world: building a web-scale landmark recognition engine. IEEE COMPUTER SOCIETY CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION, 2009. **Proceedings...** 2009.

**ANEXO A – IMPLEMENTAÇÃO DO CÁLCULO DE MENOR DISTÂNCIA**

```
package Importar;

import java.sql.SQLException;
import java.sql.Time;
import java.util.ArrayList;
import java.util.List;

public class Track {
    private int idTrack;
    private BndBox box;
    private String video;
    ArrayList<TrackPoint> trackPoint;

    public Track(){

    }

    public Track(BndBox box ) throws SQLException{
        this.getTrack(box);
    }

    private Time getTime(double latitude, double longitude ){
        return null;
    }

    private void getTrack(BndBox box) throws SQLException{

        GpxProcessor bd = new GpxProcessor();
        ArrayList<Track> list = bd.getTrackList(box);
    }

    public int getIdTrack() {
        return idTrack;
    }

    public BndBox getBox() {
        return box;
    }

    public String getVideo() {
        return video;
    }

    public List<TrackPoint> getTrackPointList() {
        return trackPoint;
    }
}
```



```

public void setIdTrack(int idTrack) {
    this.idTrack = idTrack;
}

public void setBox(BndBox box) {
    this.box = box;
}

public void setVideo(String video) {
    this.video = video;
}

public void setTrackPoint(ArrayList<TrackPoint> trackPoint) {
    this.trackPoint = trackPoint;
}

public VideoRoutePoint getClosestPoint (double latitude, double longitude) {
    double lat1,lon1,lat2,lon2;
    Time tempo1,tempo2;
    Time tempoN = new Time(1000);
    VideoRoutePoint newPoint = null;
    ListaDupla listaduplatrackpoint = new ListaDupla();
    double distLimite = 5;

    // carrega a lista dupla com os pontos do track (segmentos)
    for (TrackPoint trackpoint: getTrackPointList()){
        listaduplatrackpoint.insereNo(new ListaApontador(trackpoint));
    };

    int pos = 0;
    double distancia=0;
    double mediaTempo=0;
    double d12; //(angular) distância entre o primeiro e o segundo ponto
    double d13; //(angular) distância entre o primeiro e o terceiro ponto
    double fator,difTempo;

    // percorre a lista dupla com os pontos do segmento para verificar o ponto mais próximo da
    // rota do usuário
    do {
        lat1=listaduplatrackpoint.pegarNo(pos).point.getLatitude();
        lon1=listaduplatrackpoint.pegarNo(pos).point.getLongitude();
        lat2=listaduplatrackpoint.pegarNo(pos).prox.point.getLatitude();
        lon2=listaduplatrackpoint.pegarNo(pos).prox.point.getLongitude();
        Coordinates cp = ClosestPointAlongTheTrack( lat1, lon1, lat2, lon2, latitude, longitude);
    }

```

```

if (pos==0) {
    distancia=GeoOperations.distanceGreatCircle(latitude, longitude, cp.getLatitude(), cp.getLongitude());

    // verifica se a distância encontrada é menor que a distância limite
    if (distancia<distLimite){
        newPoint = new VideoRoutePoint();
        newPoint.setLatitude(cp.getLatitude());
        newPoint.setLongitude(cp.getLongitude());

        tempo1 = listaduplatrackpoint.pegarNo(pos).point.getTimeVideo();
        tempo2= listaduplatrackpoint.pegarNo(pos).prox.point.getTimeVideo();
        d12=GeoOperations.distanceGreatCircle(lat1,lon1,lat2,lon2);
        d13=GeoOperations.distanceGreatCircle(lat1,lon1,cp.getLatitude(),cp.getLongitude());
        fator=d13/d12;
        difTempo=tempo2.getTime() - tempo1.getTime();
        mediaTempo = (tempo1.getTime() + (difTempo*fator));
        tempoN.setTime((long) mediaTempo);
        newPoint.setTimeVideo(tempoN);
        newPoint.setTrack(getIdTrack());
    }
}
else {
    double distanciaTemp=GeoOperations.distanceGreatCircle(latitude,longitude, cp.getLatitude(), cp.getLongitude());

    if (distanciaTemp<distancia) {
        distancia=distanciaTemp;

        if (distancia<=distLimite){
            newPoint = new VideoRoutePoint();
            newPoint.setLatitude(cp.getLatitude());
            newPoint.setLongitude(cp.getLongitude());

            tempo1=listaduplatrackpoint.pegarNo(pos).point.getTimeVideo();
            tempo2=listaduplatrackpoint.pegarNo(pos).prox.point.getTimeVideo();
            d12=GeoOperations.distanceGreatCircle(lat1,lon1,lat2,lon2);
            d13=GeoOperations.distanceGreatCircle(lat1,lon1,cp.getLatitude(),cp.getLongitude());

            fator=d13/d12;
            difTempo=tempo2.getTime() - tempo1.getTime();
            mediaTempo = (tempo1.getTime() + (difTempo*fator));
            tempoN.setTime((long) mediaTempo);
            newPoint.setTimeVideo(tempoN);
            newPoint.setTrack(getIdTrack());
        }
    }
}

pos++;
}while(pos < listaduplatrackpoint.numero_nos-1);
return newPoint;
}

```

```

// Calcula a distância de um ponto (p3) até um segmento (p1-p2) no grande círculo
public static double crossingTrackDistance(double lat1,double lon1,double lat2,double lon2,double lat3,double lon3) {
    double dx;
    double d13; //(angular) distance from start point to third point
    double theta13; //(initial) bearing from start point to third point
    double theta12; //(initial) bearing from start point to end point
    d13=GeoOperations.distanceGreatCircle(lat1,lon1,lat3,lon3);
    theta13=Math.toRadians(GeoOperations.bearing(lat1,lon1,lat3,lon3));
    theta12=Math.toRadians(GeoOperations.bearing(lat1,lon1,lat2,lon2));
    dx=Math.asin(Math.sin(d13/GeoOperations.radius)*Math.sin(theta13-theta12))*GeoOperations.radius;
    return dx;
}

```

```

// Identificar o ponto mais próximo de P3 ao longo do segmento (p1-p2)
public static Coordinates ClosestPointAlongTheTrack(double lat1,double lon1,double lat2,double lon2,double lat3,double lon3) {
    double bearing=GeoOperations.bearing(lat1,lon1,lat2,lon2);
    double d13=GeoOperations.distanceGreatCircle(lat1,lon1,lat3,lon3);
    double crossingTrackDistance=crossingTrackDistance(lat1,lon1,lat2,lon2,lat3,lon3);
    double distance=Math.acos(Math.cos(d13/GeoOperations.radius)/Math.cos(crossingTrackDistance/GeoOperations.radius))*GeoOperations.radius;

```

```
Coordinates point=GeoOperations.PointAt(lat1,lon1,bearing,distance);
```

```

// verifica se o novo ponto criado (point) está entre o segmento (p1-p2)
point = checkNewPoint(lat1,lon1,lat2,lon2,point.getLatitude(),point.getLongitude());

```

```

return point;
}

```

```

public static Coordinates checkNewPoint(double lat1,double lon1,double lat2,double lon2,double lat3,double lon3) {
    double latI,latS,lonE,lonD;
    if (lon1<lon2) {
        lonE=lon1;
        lonD=lon2;
    }
    else {
        lonE=lon2;
        lonD=lon1;
    }
    if (lat1<lat2) {
        latI=lat1;
        latS=lat2;
    }
    else {
        latI=lat2;
        latS=lat1;
    }
}

```

```
// se o novo ponto p4 estiver entre p1 e p2 entao p4 será o ponto de menor distancia
if(((lat3 >= latI) && (lon3 >= lonE)) && ((lat3 <= latS) && (lon3 <= lonD))){
    return new Coordinates(lat3, lon3);
} // se o novo ponto p4 estiver antes de p1 então p1 será o ponto de menor distância
else if(GeoOperations.distanceGreatCircle(lat1, lon1, lat3, lon3)<GeoOperations.distanceGreatCircle(lat2, lon2, lat3, lon3)){
    return new Coordinates(lat1, lon1);
} // se o novo ponto P4 estiver depois de p2 então p2 será o ponto de menor distância
else {
    return new Coordinates(lat2, lon2);
}
}
}
```

## ANEXO B – SEGMENTAÇÃO DOS VÍDEOS GEORREFERENCIADOS

```

package Importar;

import java.io.IOException;
import java.sql.SQLException;
import java.sql.Time;

public class SplitterVideo {

    int pos = 0;
    int seq = 1;
    int fator = 0;
    int firstTrack=0;
    int lastTrack;
    Time firstTime= new Time(0);
    Time lastTimeVideo;
    Time lastTime;
    Time timeSemVideo= new Time(0);
    String nmVideo, nmSeg, novoSeg, tempo;
    double semVideo,tempo1=0;
    double tempo2, difTempo;
    GpxProcessor gpxP = new GpxProcessor();

// percorre a lista dupla com os pontos do VideoRoute para criar os fragmentos dos vídeos
    public void splitterVideo (ListaDupla listaduplaVideoroutePoint) {
        do {
            if (pos == 0) {
                firstTime=listaduplaVideoroutePoint.pegarNo(pos).vpoint.getTimeVideo();
                firstTrack=listaduplaVideoroutePoint.pegarNo(pos).vpoint.getTrack();

                if (firstTime != null) {
                    tempo1 = firstTime.getTime();
                } else {
                    tempo1 = 0;
                }
            }
            lastTime=listaduplaVideoroutePoint.pegarNo(pos).prox.vpoint.getTimeVideo();
            lastTrack=listaduplaVideoroutePoint.pegarNo(pos).prox.vpoint.getTrack();

            if (lastTime != null) {
                tempo2 = lastTime.getTime();
            } else {
                tempo2 = 0;
                fator++;
            }
        }
    }
}

```

```

if ((tempo1 > tempo2) || (firstTrack != lastTrack) || (pos == listaduplaVideoroutePoint.numero_nos - 2)) {

    try {
        nmVideo=gpxP.getVideo(listaduplaVideoroutePoint.pegarNo(pos).vpoint.getTrack());
        nmSeg = CargaGpx.novoDir + "\\\" + seq + ".mp4";

        if (nmVideo != null) {
            lastTimeVideo=listaduplaVideoroutePoint.pegarNo(pos).vpoint.getTimeVideo();
            difTempo=(lastTimeVideo.getTime()-firstTime.getTime());
            lastTimeVideo.setTime((long) difTempo);

            tempo="00:"+lastTimeVideo.toString().substring(3,lastTimeVideo.toString().length());
            novoSeg = "c:\\mestrado\\1.1\\ffmpeg -i " + nmVideo
                    + " -acodec libfaac -ss " + firstTime + " -t "
                    + tempo + " -ar 22050 -ab 32 " + nmSeg;

        } else { // criar um video com o texto (trecho sem vídeo)
            semVideo = (500 * fator);
            timeSemVideo.setTime((long) semVideo);

            tempo="00:"+timeSemVideo.toString().substring(3,timeSemVideo.toString().length());
            novoSeg="c:\\mestrado\\1.1\\ffmpeg -y -loop 1 -i
                    C:\\Mestrado\\Projetos\\Video\\semvideo.jpg -r 30 -t "
                    + tempo + " -pix_fmt yuv420p " + nmSeg;
        }
        execRuntime(novoSeg);
        seq++;
    } catch (SQLException e) {
        e.printStackTrace();
    }

    firstTime=listaduplaVideoroutePoint.pegarNo(pos).prox.vpoint.getTimeVideo();
    firstTrack=listaduplaVideoroutePoint.pegarNo(pos).prox.vpoint.getTrack();

    if (firstTime != null) {
        tempo1 = firstTime.getTime();
    } else {
        tempo1 = 0;
    }
}
pos++;
} while (pos < listaduplaVideoroutePoint.numero_nos - 1);
}

public synchronized void execRuntime(String novoSeg) {
    try{
        Runtime.getRuntime().exec(novoSeg);

    } catch (IOException e) {
        e.printStackTrace();
    }
}
}

```

## ANEXO C – CONCATENAR O VÍDEO DA ROTA

```

package Importar;

import java.io.File;
import java.io.IOException;

public class ConcatenateVideo {

    String nmSeg, novoSeg;

    public void concatenateVideo() {
        mpegArquivos(CargaGpx.novoDir); //redefinir os arquivos para o formato mpeg
        joinArquivos(CargaGpx.novoDir); // concatenar os vídeos
    }

    public void mpegArquivos(File f) {
        try{
            // Se o arquivo passado for um diretório
            if (f.isDirectory()) {
                //Lista todos os arquivos do diretório em um array de objetos File
                File[] files = f.listFiles();
                // Organiza a lista (foreach) e processa um a um
                for (File file : files) {
                    // redefinir os arquivos para o formato ts (mpeg)
                    nmSeg = file.toString();
                    nmSeg = nmSeg.substring(0, nmSeg.length()-4) + ".ts";
                    novoSeg = "c:\\mestrado\\1.1\\ffmpeg -i " + file +
                        "-c copy -bsf:v h264_mp4toannexb -f mpegts " +
                        nmSeg;

                    Runtime.getRuntime().exec(novoSeg);
                    file.delete();
                }
            }
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }
}

```

```

public void joinArquivos(File f) {
    try{
        // Se o arquivo passado for um diretório
        if (f.isDirectory()) {
            // Lista todos os arquivos do diretório em um array de objetos File
            File[] files = f.listFiles();
            nmSeg = "";
            // Organiza a lista (foreach) e processa um a um
            for (File file : files) {
                nmSeg += file + "|";
            }
            // concatenar os vídeos
            if (nmSeg != ""){
                // para retirar o último marcador ( | )
                nmSeg = nmSeg.substring(0, nmSeg.length()-1);
                novoSeg = "c:\\mestrado\\1.1\\ffmpeg -i \"concat:\" + nmSeg
                    +\"-c copy \" + CargaGpx.novoDir+
                    \"\\VideoFinal.mp4\";
                Runtime.getRuntime().exec(novoSeg);
            }
        }
    } catch (IOException e) {
        e.printStackTrace();
    }
}
}

```