



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS QUIXADÁ
CURSO DE GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

STING SILVA HENRIQUE

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA CAPAZ DE RECOMENDAR ROTAS
SEGURAS PARA CICLISTAS**

QUIXADÁ
2019

STING SILVA HENRIQUE

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA CAPAZ DE RECOMENDAR ROTAS SEGURAS
PARA CICLISTAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Sistemas de informação do Campus Quixadá da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Sistemas de informação.

Orientador: Prof. Dr. Regis Pires Magalhães

Coorientador: Prof. Tércio Jorge da Silva

QUIXADÁ

2019

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

- H448d Henrique, Sting Silva.
Desenvolvimento de um sistema capaz de recomendar rotas seguras para ciclistas / Sting Silva
Henrique. – 2019.
38 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá,
Curso de Sistemas de Informação, Quixadá, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Regis Pires Magalhães.
Coorientação: Prof. Tércio Jorge da Silva.
1. Sistemas de recomendação (filtragem de informações). 2. Contexto computacional. 3. Ciclistas-
Segurança e proteção. I. Título.

CDD 005

STING SILVA HENRIQUE

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA CAPAZ DE RECOMENDAR ROTAS SEGURAS
PARA CICLISTAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Sistemas de informação
do Campus Quixadá da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Sistemas de informação.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Regis Pires Magalhães (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Tércio Jorge da Silva (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Ma. Livia Almada Cruz Rafael
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À minha família, que tem sempre me apoiado e me dado forças desde o começo de minha caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, que me deu forças e me ajudou em todos os momentos difíceis durante esta jornada.

Aos meus pais, por todos os sacrifícios que fizeram para que nunca faltasse nada, pelo apoio, educação, amor e carinho.

À minha filha Maria Isis, por ser a luz e a força que tenho para enfrentar momentos difíceis e me tornar uma pessoa melhor.

À minha avó que sempre me apoiou e fez todo esforço para que eu atingisse meus objetivos.

À todos os amigos que fiz durante a graduação, por fazerem parte dessa jornada.

Agradeço a todos com quem tive algum contato, e que, por breve que tenha sido, me trouxeram alegria e aprendizado que levo para a vida.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Regis Pires Magalhães, pela excelente orientação, e por ajudar com seu talento.

Agradeço ao meu coorientador Prof. Tércio Jorge da Silva ter me acompanhado e me ajudado até aqui.

Agradeço à Profa. Ma. Livia Almada Cruz Rafael, pela disponibilidade em compor a banca desse trabalho.

À todos os funcionarios que fazem parte do Campus da UFC em Quixadá, por todos os momentos compartilhados, por tornarem a jornada um pouco mais leve e descontraída.

“O sonho é que leva a gente para frente. Se a gente for seguir a razão, fica aquietado, acomodado.”

(Ariano Suassuna)

RESUMO

Incentivar o uso de meios de transportes alternativos é uma das formas para tentar diminuir parte dos problemas de mobilidade nos grandes centros urbanos. Analisando as opções atuais, a bicicleta é uma das mais atraentes, pois permite realizar pequenos percursos de forma até mais rápida comparado a meios de transporte motorizados, além de proporcionar benefícios à saúde, e também ser um transporte sustentável. Apesar disso, vários motivos trazem incertezas sobre a segurança, como a de transitar em locais desconhecidos, e isso tem contribuído para que muitos ciclistas sintam-se inseguros à usar a bicicleta como meio de transporte. Neste estudo, apresentamos a proposta de um sistema de recomendação de rotas para ciclistas, capaz de sugerir trajetos, considerando um contexto além da distância, que procura evitar locais perigosos. Os resultados mostram que o sistema consegue sugerir rotas que desviam de pontos de violência mostrados no mapa.

Palavras-chave: Sistemas de recomendação. Contexto computacional. Ciclistas-Segurança e proteção.

ABSTRACT

Encouraging the use of alternative modes of transport is one way to try to reduce some of the mobility problems in large urban centers. Looking at current options, cycling is one of the most attractive, as it allows you to make short trips even faster compared to motorized modes of transport, as well as offering health benefits and being sustainable transportation. Nevertheless, a number of reasons bring safety uncertainties, such as riding in unfamiliar places, and this has contributed to many cyclists feeling insecure about using the bicycle as a means of transportation. In this study, we present a proposal for a route recommendation system for cyclists, capable of suggesting routes, considering a context beyond distance, which can avoid dangerous places. The results show that the system can suggest routes that deviate from points of violence shown on the map.

Keywords: Recommendation systems. Computational context. Cyclist safety. Cyclists-Safety and Protection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Visão geral de uma aplicação tradicional (a) e de uma aplicação sensível ao contexto (b)	17
Figura 2 – Exemplo de uma aplicação sensível ao contexto	18
Figura 3 – Exemplo de um caminho mínimo	21
Figura 4 – Exemplo de consulta de rede rodoviária	22
Figura 5 – Arquitetura do sistema	24
Figura 6 – Protótipo, informações contextuais são incorporadas ao sistema de recomendação por um pré-filtro contextual	25
Figura 7 – Candidatos de viagem para um bom itinerário	27
Figura 8 – Exemplo da escolha da rota	29
Figura 9 – Lista de tabelas criadas	30
Figura 10 – Projeção de pontos de violência no mapa	31
Figura 11 – Penalizando uma aresta	32
Figura 12 – Exemplo de rota com alto valor de penalidade	33
Figura 13 – Rota recomendada	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo entre os trabalhos relacionados	27
Quadro 2 – Comparação de custos para o menor caminho	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CSV	Comma-Separated Values
GIS	Geographic Information Systems
GPS	Global Positioning System
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
KNN	K Nearest Neighbor
OSM	OpenStreetMap
SNBD	Spatial Network Big Data
SR	Sistemas de Recomendação
XML	Extensible Markup Language

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos	15
1.1.1	<i>Objetivos Específicos</i>	15
1.2	Organização	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Contexto computacional	16
2.1.1	<i>Sistemas sensível ao contexto</i>	16
2.2	Sistemas de recomendação	18
2.2.1	<i>Recomendação de rotas</i>	19
2.3	Grafos	20
2.4	Consultas em Dados Espaciais	21
2.4.1	<i>K Nearest Neighbor</i>	23
3	TRABALHOS RELACIONADOS	24
3.1	Um modelo contextual de recomendação de rotas para ciclistas	24
3.2	Um sistema de recomendação móvel compatível com o contexto, baseado em localização e trajetória	25
3.3	Recomendação inteligente de itinerário com base nas trajetórias de GPS geradas pelos usuários	26
3.4	Comparativo entre os trabalhos	27
4	METODOLOGIA	28
4.1	Extração dos Dados referente a rede de ruas de Fortaleza	28
4.2	Coleta dos dados sobre violência em Fortaleza	28
4.3	Projetar os dados de violência na rede de ruas de Fortaleza	28
4.4	Implementação das estratégias de recomendação de rotas mais seguras	28
5	RESULTADOS	30
5.1	Extração dos dados da rede de ruas	30
5.2	Coleta dos de violência	30
5.3	Projeção dos dados	31
5.4	Implementação das estratégias	31
5.4.1	<i>Função de custo da aresta</i>	32

5.4.2	<i>Penalizar as vias</i>	32
5.4.3	<i>Cálculo da rota</i>	33
5.5	Cenário de experimentação	33
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	35
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Hoje, mobilidade urbana é um tema mundialmente discutido, devido ao constante crescimento da população, os grandes centros urbanos vêm enfrentando desafios para diminuir os congestionamentos. O grande fluxo de veículos, falta de infraestrutura viária e o baixo investimento nos transportes públicos são fatores que contribuem para esse problema. Dessa forma, cada vez mais as pessoas procuram outras alternativas. E entre as alternativas, a bicicleta vem sendo cada vez mais usada por vários motivos, tanto pelo baixo custo, como para fugir dos grandes engarrafamentos, a superlotação nos transportes públicos, além de oferecer melhor qualidade de vida.

No Brasil, desde a introdução da indústria automobilística, políticas públicas incentivavam o uso de veículos automotores que persistem até hoje. No entanto, o que seria uma solução para o desenvolvimento se tornou um problema sério principalmente nos grandes centros urbanos (RUBIM; LEITÃO, 2013). Para solucionar este problema, programas de incentivo ao uso da bicicleta vêm sendo adotados. Foi aprovado um projeto de lei da câmara de nº 83, de 2017, para apoiar estados e municípios na construção de ciclovias e de bicicletários públicos. O programa financia com 15 % dos recursos arrecadados com multas de trânsito (CAMARA, 2017).

Nosso foco nesse estudo será na cidade de Fortaleza. Ela é a 4ª cidade mais congestionada do Brasil INDEX (2018), e ultimamente vem incentivando o uso de transportes alternativos, que conta hoje com uma malha cicloviária de 257 km entre ciclofaixas, ciclovias e ciclorrotas. Isto indica um aumento de 277% em 2019, que contava com apenas 68,2 km (PREFEITURA, 2019).

Apesar do aumento do uso da bicicleta como transporte, o ciclista não se sente seguro por vários fatores. Em uma pesquisa feita por Davino (2017), grande parte dos ciclistas, apontaram entre os eventos dinâmicos existentes, os riscos de assalto como um evento imprescindível que deve ser levado em conta na escolha de uma rota. Em Fortaleza, só nos dois primeiros meses de 2018 foram registrados 4019 furtos SSPD (2018), que se torna um grande problema a população, que é tão exposta a violência.

No presente trabalho, assim como em Davino (2017), o objetivo é propor a recomendação de rotas para ciclistas, especificamente na cidade de Fortaleza. O sistema busca oferecer uma melhor alternativa de rota para ciclista levando em conta vários eventos, além do caminho mais curto, como a segurança do ciclista.

1.1 Objetivos

Oferecer outras opções de rotas, buscando evitar locais com histórico de violência, promovendo um trajeto com mais segurança para o ciclista.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Extrair os dados referentes a rede de ruas de Fortaleza
- Coletar os dados sobre a violência de Fortaleza
- Projetar os dados de violência na rede de ruas de Fortaleza
- Implementar estratégias de recomendação de rota mais seguras

1.2 Organização

A seguir, no Capítulo 2 está a fundamentação teórica, mostrando os conceitos chaves para o projeto, no Capítulo 3 os trabalhos relacionados, que mostrará comparações dos trabalhos relacionados a este, no Capítulo 4 são os procedimentos metodológicos, ou seja, o passo-a-passo de como tudo será feito, como manipular dados, como implementar as ideias, no Capítulo 5, resultados e discussões, e por ultimo no Capítulo 6, a conclusão e trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados os conceitos utilizados ao longo deste trabalho. Na Seção 2.1 será apresentado sobre contexto computacional. A Seção 2.2 apresentará alguns conceitos sobre sistemas de recomendação. A Seção 2.3 será apresentado conceitos sobre grafos. E na Seção 2.4 será apresentado alguns conceitos sobre o *K Nearest Neighbor*.

2.1 Contexto computacional

O conceito de contexto computacional vem sendo utilizado recentemente no âmbito das mais variadas disciplinas, tornando-se difícil uma definição única de seu significado. Aquela que tem se mostrado mais ampla, podendo ser adotada no escopo de muitas destas disciplinas, é a de que contexto computacional é “um conjunto de circunstâncias que envolvem um evento ou um objeto” (BAZIRE; BRÉZILLON, 2005). Em um estudo que engloba mais de 150 definições relacionadas a diversos domínios e conseguiu concluir que: a) o contexto representa um conjunto de restrições que influenciam o comportamento de um sistema "embutido em uma dada tarefa"; b) sua definição está relacionada à área de conhecimento a qual ele pertence (BAZIRE; BRÉZILLON, 2005).

Em sistemas computacionais, contexto é um instrumento de apoio à comunicação entre os sistemas e seus usuários. A partir da compreensão do contexto, o sistema pode, em circunstâncias diversas, mudar sua sequência de ações, o estilo das interações e o tipo de informação fornecida aos usuários de modo a adaptar-se às necessidades atuais destes. Sistemas que utilizam contexto para direcionar ações e comportamentos recebem o nome de Sistemas Sensíveis ao Contexto (VIEIRA *et al.*, 2009).

2.1.1 *Sistemas sensível ao contexto*

Um sistema é considerado sensível ao contexto se ele utiliza contexto para fornecer informações ou serviços relevantes para o usuário, sendo que a relevância depende da tarefa do usuário (DEY *et al.*, 2001).

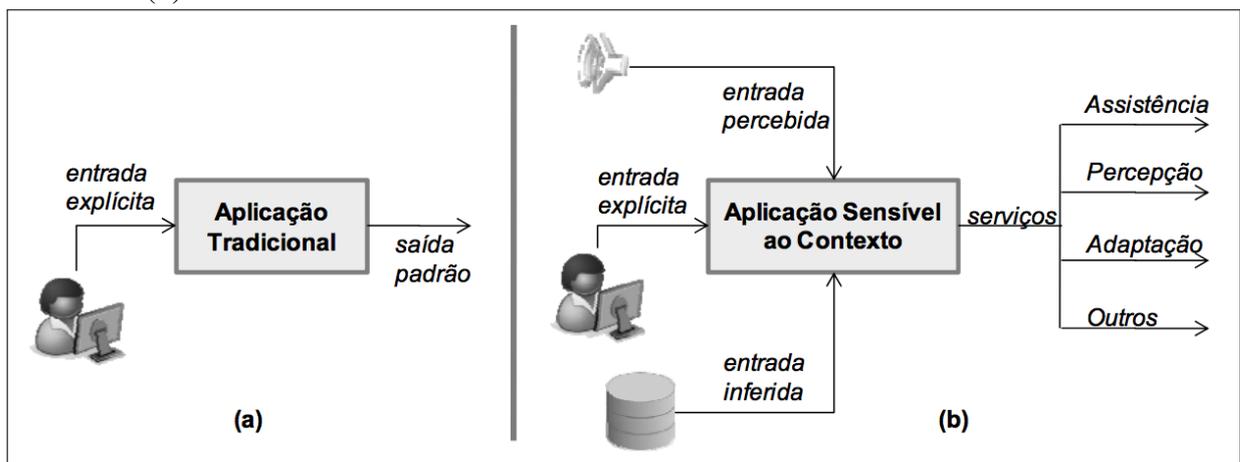
Sistemas sensíveis ao contexto são uma nova tendência em sistemas de recomendação (VERBERT *et al.*, 2010). Por exemplo contexto do usuário, como a tarefa em que está trabalhando, a hora do dia, o local e o dispositivo usado, tem um impacto direto na relevância dos itens recomendados. Se um aluno está sendo recomendado para estudar enquanto viaja

do trabalho para a escola usando um *smartphone*, o material audiovisual curto que cabe na tela do *smartphone* será mais relevante do que um documento longo, somente texto. Assim, o sistema de recomendação deve dar uma melhor classificação aos vídeos curtos, do que longos. Por outro lado, se o aluno estiver revisando o mesmo assunto à noite, em casa, um material mais aprofundado, incluindo textos longos e fórmulas, será mais útil e, conseqüentemente, este material deve ser recomendado primeiro (VERBERT *et al.*, 2010).

Grande parte da popularização de sistemas sensíveis ao contexto se deve aos dispositivos móveis (*smartphones*, *tablets*, etc.), que através de seus sensores (movimentação, posicionamento, luminosidade e outros) conseguem obter informações relevantes sobre o contexto em que estão inseridos. Estas informações podem ser aproveitadas para melhorar a experiência do usuário de forma personalizada (BARROS *et al.*, 2013).

A Figura 1 ajuda a compreender a diferença de uma aplicação tradicional de uma aplicação sensível ao contexto.

Figura 1 – Visão geral de uma aplicação tradicional (a) e de uma aplicação sensível ao contexto (b)



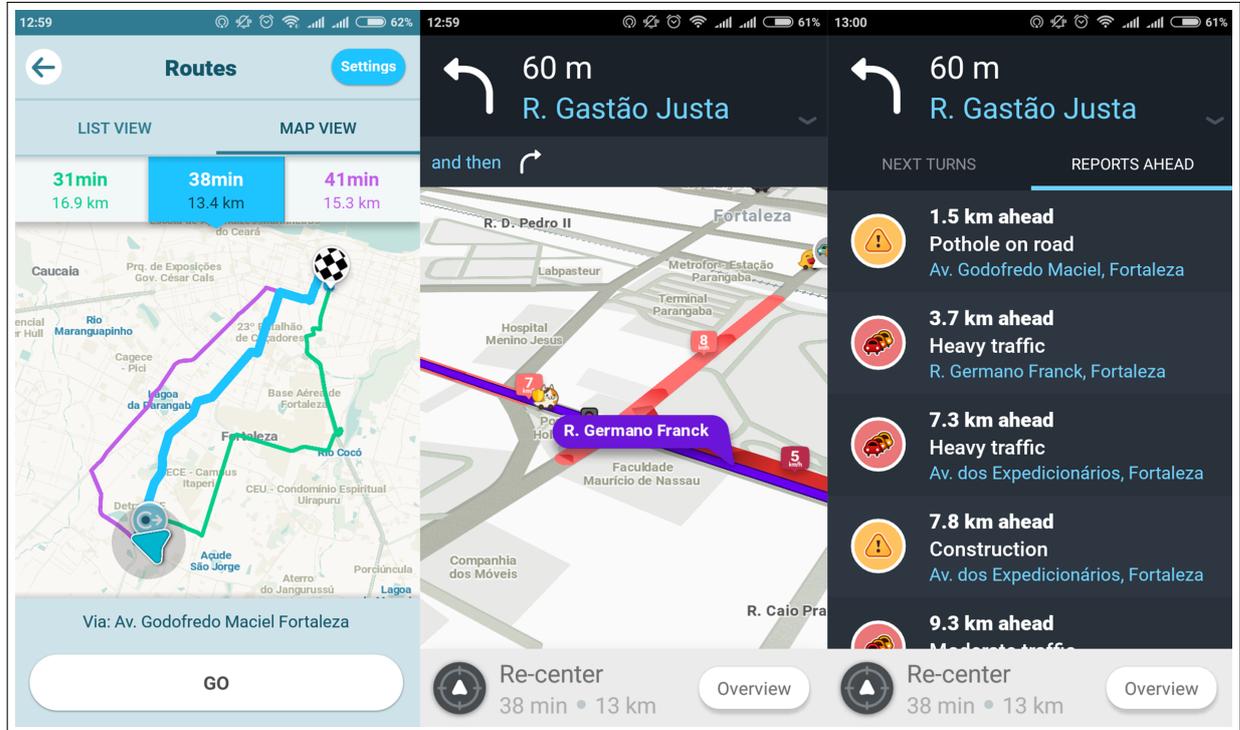
Fonte: Vieira *et al.* (2009).

Como ilustrado na Figura 1 (a), observa-se que sistemas computacionais que agem levando em consideração apenas as solicitações e informações fornecidas explicitamente pelos usuários são considerados "aplicações tradicionais". As aplicações sensíveis ao contexto (Figura 1 (b)) consideram as informações explícitas fornecidas pelos usuários, aquelas armazenadas em bases de conhecimento contextuais, as inferidas por meio de raciocínio e, ainda, aquelas percebidas a partir do monitoramento do ambiente. Essas informações obtidas de forma não-explicita é o que chamamos de informações contextuais (VIEIRA *et al.*, 2009).

Poderíamos citar vários exemplos de aplicações que auxiliam o usuário em uma

determinada tarefa. Dentre estas aplicações, o *WAZE*, um aplicativo para *smartphone* que fornece aos usuários informações em tempo real sobre o trânsito.

Figura 2 – Exemplo de uma aplicação sensível ao contexto



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base em várias informações e preferência do usuário, o *WAZE* auxilia na escolha de uma rota para ele se deslocar de um ponto a outro, evitando ocorrência indesejadas.

Neste Estudo, entende-se como aplicação sensível ao contexto, o uso de informações de violência retirados do trabalho de Neto Silvino; Rafael (2017), onde são mapeados os dados de violência da cidade de Fortaleza.

2.2 Sistemas de recomendação

O crescimento explosivo da quantidade de informações digitais disponíveis e o número de visitantes à internet criaram um desafio potencial de sobrecarga de informações que impede o fácil acesso a itens de interesse na internet (ISINKAYE *et al.*, 2015).

Os Sistemas de Recomendação (SR) são ferramentas e técnicas de software que sugerem opções de itens. A relevância deste é normalmente representada por um valor numérico que retrata o grau de interesse do usuário. As sugestões geradas por um SR visam auxiliar o usuário na tomada de decisão, dado um determinado contexto como, por exemplo: a seleção de

itens em uma loja virtual, as preferências do usuário, como: músicas, livros, contatos em redes sociais, tipos de notícias em um portal, entre outros (LIMA *et al.*, 2013).

Os SR são benéficos tanto para provedores de serviços quanto para usuários (PU *et al.*, 2011). Eles reduzem os custos de transação de encontrar e selecionar itens em um ambiente de compras on-line (ISINKAYE *et al.*, 2015). No cenário do *e-commerce*, os SR aumentam as receitas, pois são meios efetivos de vender mais produtos (PU *et al.*, 2011). Os sistemas de recomendação lidam com o problema de sobrecarga de informações que os usuários normalmente enfrentam fornecendo-lhes recomendações de conteúdo e serviços personalizados e exclusivos. Recentemente, várias abordagens para a construção de sistemas de recomendação foram desenvolvidas, que podem utilizar filtragem colaborativa, filtragem baseada em conteúdo ou filtragem híbrida. A técnica de filtragem colaborativa é a mais madura e a mais comumente implementada. A filtragem colaborativa recomenda itens identificando outros usuários com gosto semelhante; Ele usa sua opinião para recomendar itens para o usuário ativo (ISINKAYE *et al.*, 2015).

A Amazon por exemplo faz uso de alguns algoritmos para melhorar sua recomendação (ZIEGLER *et al.*, 2005). O sistema usa o método de filtragem colaborativa para superar o problema de escalabilidade, gerando uma tabela de itens semelhantes off-line através do uso da matriz de item a item. O sistema recomenda outros produtos semelhantes online, de acordo com o histórico de compras dos usuários. O sistema usa o método de filtragem colaborativa para superar o problema de escalabilidade, gerando uma tabela de itens semelhantes off-line através do uso da matriz de item a item. O sistema recomenda outros produtos semelhantes on-line, de acordo com o histórico de compras dos usuários (ISINKAYE *et al.*, 2015).

Na subseção seguinte será apresentada como a recomendação será usada na recomendação de rotas para este trabalho.

2.2.1 Recomendação de rotas

Sistemas de recomendação de rotas são projetados para auxiliar os motoristas na tomada de decisão de rota, onde estes podem fornecer informação (por exemplo, condições para que o motorista possa analisar) ou dar recomendações (por exemplo, "deixar a rodovia na próxima saída e vire à direita"). (JAHN *et al.*, 2005).

Diversos tipos de sistemas de recomendação foram propostos. Os mais simples executam uma orientação estática Bottom (2000), ou seja, eles trabalham com informações

raramente atualizadas. O principal objetivo desses sistemas é fornecer informações aos motoristas que não conhecem bem a área. Do ponto de vista algorítmico, eles são diretos: eles apenas calculam os caminhos mais curtos (ou aproximação deles) para os destinos com relação ao tempo de viagem, distância geográfica ou outras medidas apropriadas (JAHN *et al.*, 2005).

Os sistemas de recomendação de rotas mais sofisticados utilizam informações sobre as condições atuais na rede de tráfego (JAHN *et al.*, 2005). O conhecimento das condições atuais do tráfego é a base dos sistemas de recomendação reativo (PAPAGEORGIU, 1990). Em outras palavras, a recomendação é fornecida aos motoristas no determinado momento é baseada em um instante do tráfego naquele momento.

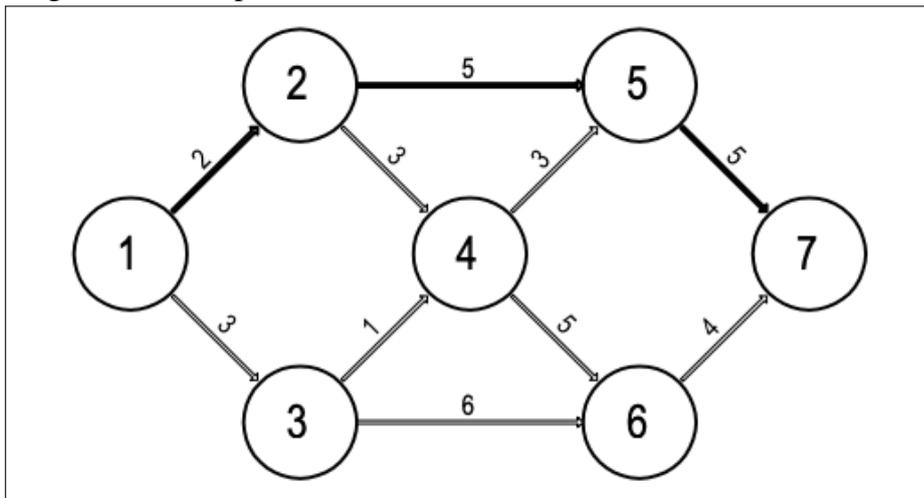
Neste trabalho, foi usada uma abordagem que usa informações de violência inferidas, na rede de ruas da cidade de Fortaleza, com o objetivo de oferecer uma rota evitando estes pontos.

2.3 Grafos

A teoria dos grafos é um ramo da matemática que surgiu a partir do problema das pontes de *Konigsberg*, na antiga Prússia Oriental, no qual os moradores locais caracterizavam o costume de tentar planejar um caminho de modo a percorrer todas as extremidades da ponte voltando ao ponto inicial sem repetir nenhum ponto. Problema que o matemático Leonhard Euler (1707–1783) demonstrou não possuir solução. Para determinar seu resultado Euler desenvolveu o que ficou conhecido como Teoria dos Grafos, ele representou cada região da cidade que as pontes conectam por pontos (vértices), e as pontes por linhas (arestas), estabelecendo assim o teorema que mostrou ser impossível passar por cada aresta (ponte) uma única vez e voltar ao ponto inicial (SANTANA; MELO, 2019).

Grafos são estruturas de dados sempre presentes em ciência da computação, e os algoritmos para trabalhar com eles são fundamentais na área (CORMEN *et al.*, 2002). Um grafo consiste em conjunto de vértices e um conjunto de arestas e tem a propriedade de que cada aresta tem dois vértices, denominadas extremidades, associados a ela (SOUZA, 2018). O problema de encontrar o caminho mínimo, estão aplicados à teoria dos grafos. Onde isso consiste em determinar o caminho com o menor custo agregado entre um ou vários pares de nós de um grafo. Sua aplicabilidade vai desde a manutenção da distribuição de redes elétricas, à rede de computadores e telefonia. Na Figura 3, temos um exemplo de um caminho mínimo, entre o ponto 1 e 7.

Figura 3 – Exemplo de um caminho mínimo



Fonte: Davis Jr (1997)

Neste trabalho para auxiliar no reconhecimento dos trajetos, foi adotado o uso de grafos, onde os seguimentos de ruas são representadas como um grafo. A fim de, retornar o caminho com menor custo agregado, considerando o valor de distância e penalidade atribuídas à cada aresta.

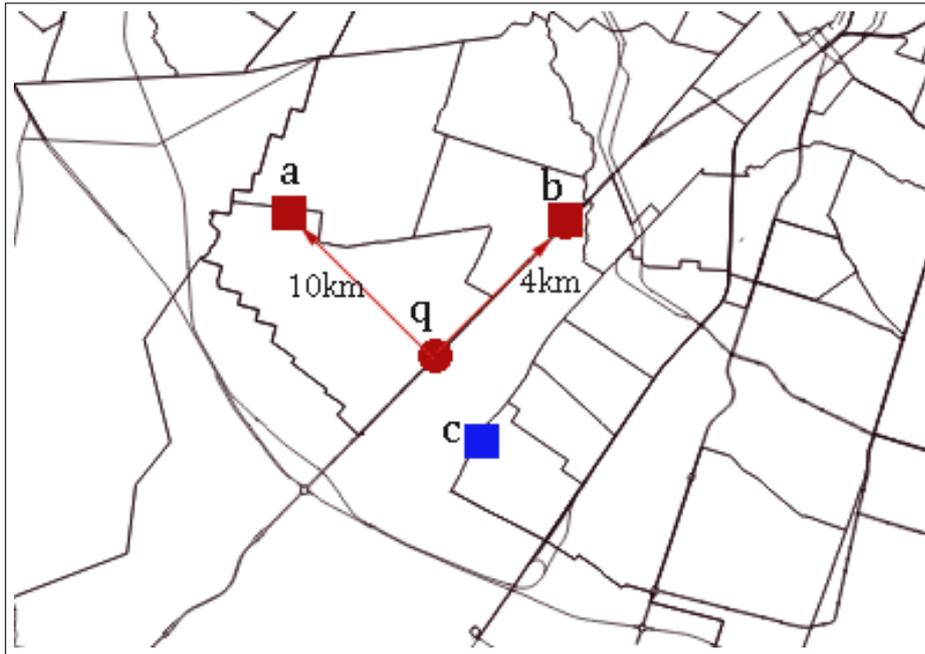
2.4 Consultas em Dados Espaciais

Base de dados espaciais foram bem estudadas nos últimos anos, resultando no desenvolvimento de numerosos modelos conceituais, índices multidimensionais e técnicas de processamento e consulta (RIGAUX *et al.*, 2001). Surpreendentemente, a maioria dos trabalhos existentes consideram espaço cartesiano (tipicamente euclidiano), onde a distância entre dois objetos é determinado exclusivamente pela sua posição relativa no espaço. No entanto, na prática, os objetos geralmente podem mover-se apenas em conjunto pré-definido de trajetórias, conforme especificado pela rede subjacente (estrada, caminho de ferro, etc.). Então, a medida importante é a distância da rede, ou seja, o comprimento da trajetória mais curta que conecta dois objetos (PAPADIAS *et al.*, 2003).

Observe por exemplo a rede rodoviária da Figura 4 onde mostra a importância de se levar em conta medida da rede.

Os quadrados representam hotéis. Se um usuário que é representado por q realizar uma consulta de intervalo para “encontrar os hotéis dentro de um intervalo de 10 km”, o resultado terá a e b (estão representados na Figura 4). Da mesma forma, numa consulta de vizinho mais próximo retornará b . Observe que os resultados de consultas convencionais são diferentes (e.g.

Figura 4 – Exemplo de consulta de rede rodoviária



Fonte: adaptação Papadias *et al.* (2003).

vizinho mais próximo pela distância Euclidiana é c, onde, na verdade é o mais distante na rede) (PAPADIAS *et al.*, 2003).

Spatial Network Big Data (SNBD) refere-se a conjuntos de dados de redes espaciais cujo tamanho, variedade ou taxa de atualização excede a capacidade das tecnologias de computação em rede espacial e banco de dados de redes espaciais comumente usadas para aprender, gerenciar e processar com esforço razoável (SHEKHAR *et al.*, 2012). Exemplos de SNBD incluem roteiros detalhados no tempo que fornecem velocidades do carro a cada minuto para cada segmento de estrada, dados de rastreamento de Global Positioning System (GPS) de *smartphones* e medições do consumo de combustível, emissões de gases de efeito estufa, etc. SNBD tem o potencial de transformar nossa sociedade. Por exemplo, um relatório do *McKinsey Global Institute* de 2011 estima uma economia de cerca de US \$600 bilhões anuais até 2020 em termos de combustível e tempo economizado reduzindo o congestionamento de veículos (MANYIKA *et al.*, 2011). O WAZE e o Uber já estão diminuindo o congestionamento oferecendo transporte alternativo. Os cientistas estão investigando o SNBD para a geração de hipóteses para abordar questões urbanas complexas, onde o progresso anteriormente foi dificultado pela escassez de dados (YANG; SHEKHAR, 2017).

2.4.1 *K Nearest Neighbor*

K Nearest Neighbor (KNN) foi proposto por Fukunaga e Narendra em 1975 (FUKUNAGA; NARENDRA, 1975). O método de aproximação KNN é muito simples, mas poderoso. Tem sido usado em muitas aplicações diferentes (SORJAMAA; LENDASSE, 2006).

O algoritmo KNN, é um algoritmo baseado em métodos determinísticos, onde seu funcionamento resume-se em utilizar valores medidos num determinado instante de tempo, a fim de encontrar os K pontos. O processo de encontrar os K vizinhos mais próximos consiste em calcular a distância entre pontos. Esta distância é medida através da distância Euclidiana (LOPES, 2014).

A implementação eficiente do vizinho mais próximo (NN) consultas é de um interesse particular em *Geographic Information Systems (GIS)*. A versatilidade do *KNN* aumenta substancialmente se considerarmos todas as variações, como os vizinhos mais distantes, ou quando é combinado com outras consultas espaciais, como encontrar o KNN a leste de um local (VINCENT, 1995).

Neste trabalho foi utilizada uma abordagem com *KNN* a fim de evitar uma varredura completa nos dados armazenados, e assim retornando os segmentos de ruas mais próximos à localização fornecida e todos os detalhes como, por exemplo, o nome da rua, o comprimento em metros, latitudes e longitudes, direção da via em cada segmento, entre outros valores presentes nos dados.

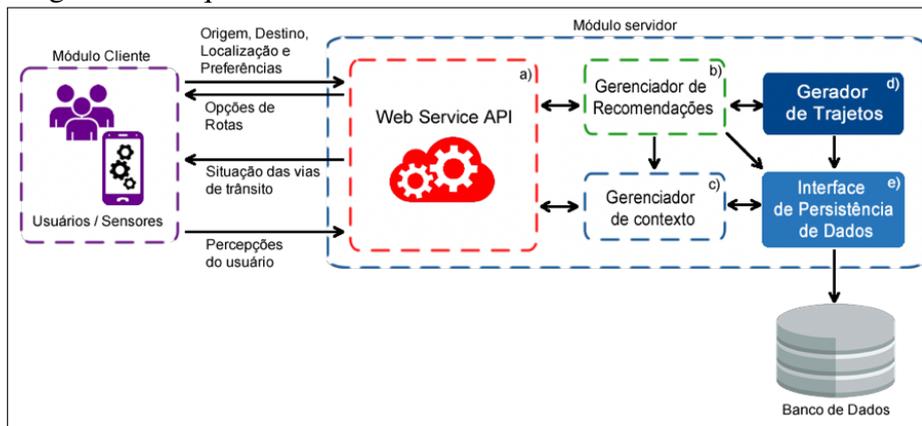
3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo, é apresentado o trabalho de Davino (2017), que propõe um modelo contextual de recomendação de rotas para ciclistas. É apresentado também, o trabalho de Barranco *et al.* (2012), que apresenta um sistema de recomendação de pontos de interesse, baseado em localização e trajetória. E por último, o trabalho de Yoon *et al.* (2010), que propõe a recomendação de um itinerário com base nas trajetórias de GPS geradas pelos usuários.

3.1 Um modelo contextual de recomendação de rotas para ciclistas

No trabalho de Davino (2017) intitulado por DeBike, propõe um sistema de recomendação de rotas para ciclistas considerando informações contextuais do tráfego urbano e das preferências dos usuários. Neste estudo, foram utilizadas para a realização dos cálculos de trajeto informações geográficas da cidade do Recife, obtidas a partir do *OpenStreetMap (OSM)*. Para identificar alternativas de trajeto a partir dos dados armazenados foi utilizado o algoritmo A*, adotou-se ainda a distância em metros entre os vértices como critério para identificar o menor percurso.

Figura 5 – Arquitetura do sistema



Fonte: Davino (2017).

O módulo cliente é representado por uma aplicação para *smartphones*, é o meio de interação com o usuário e é partir de uma requisição sua que o processo de identificação de trajetos é iniciado. Já o módulo servidor é formado por cinco componentes, são eles:

a) API de serviços web – que é responsável por coordenar o acesso às funcionalidades do módulo servidor.

b) Gerenciador de recomendações – sua função principal é preparar os dados forne-

cidos pelo aplicativo (e.g. pontos de origem e destino), enriquecendo-os com informações que serão utilizadas pelo Gerador de Trajeto na identificação da melhor opção.

c) Gerenciador de contexto – seu papel é processar as informações enviadas pelos próprios usuários sobre os acontecimentos percebidos e verificar a situação do trânsito em um dado momento.

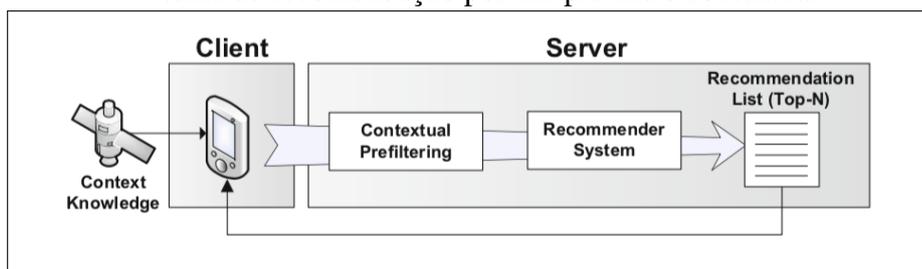
d) Gerador de trajetos – tem a função de identificar a opção de rota mais adequada a partir dos dados geográficos armazenados no banco de dados e

e) Interface de persistência de dados – responsável por abstrair a comunicação entre aplicação e o banco de dados.

3.2 Um sistema de recomendação móvel compatível com o contexto, baseado em localização e trajetória

Barranco *et al.* (2012) apresenta um sistema de recomendação de pontos de interesse, baseado principalmente em duas informações de contextuais implícitas pouco usadas, que são a velocidade do usuário e a sua trajetória. Este sistema foi criado para auxiliar, usuários em viagem, oferecendo-lhes pontos de interesse personalizados ao longo do seu percurso, levando em conta a localização atual, sua velocidade e o raio de distância desejado.

Figura 6 – Protótipo, informações contextuais são incorporadas ao sistema de recomendação por um pré-filtro contextual



Fonte: (BARRANCO *et al.*, 2012).

O sistema consiste em uma aplicação móvel (e.g. *smartphone*) processando condições contextuais e solicitando recomendações do servidor quando necessário. O cálculo da direção e velocidade do usuário é feito totalmente no dispositivo móvel. Isso significa que o servidor não está ciente da localização do usuário, e somente requer sua localização para calcular as recomendações, isso reduz a carga de trabalho do servidor. Para solicitar uma lista de recomendações ao servidor, o cliente calcula sua futura posição de acordo com sua posição atual, a velocidade e a direção, e transmite para o servidor. Em resposta o servidor gera um arquivo

Extensible Markup Language (XML) contendo os itens recomendados, suas coordenadas, valores de recomendação e outros dados descritivos. Este arquivo é baixado via Hypertext Transfer Protocol (HTTP). Depois que a lista de recomendação inicial for baixada, o dispositivo móvel continua a rastrear a velocidade e a trajetória do usuário, e faz novas solicitações sempre que o usuário se deslocar a uma distância maior que um limite pré-definido.

3.3 Recomendação inteligente de itinerário com base nas trajetórias de GPS geradas pelos usuários

Em Yoon *et al.* (2010) os autores propõem um sistema para planejar caminhos a serem percorridos para viajantes inexperientes, que tirem maior proveito de um tempo limitado, recomendando um itinerário que faça uso eficiente da duração determinada, onde o usuário só precisa fornecer uma consulta simples, composta do ponto inicial, ponto final e o tempo de duração da viagem para receber uma recomendação de itinerário.

Como um itinerário é limitado pelo tempo disponível, conhecido como duração da viagem, a duração é usada como a primeira restrição para o algoritmo. Essa restrição é muito importante por dois motivos. A primeira razão é que um itinerário com duração que excede o requisito do usuário é inútil para os usuários. A segunda razão é que ela simplifica a complexidade algorítmica fornecendo uma condição de parada. Além disso, são considerados os quatro fatores a seguir para determinar um bom itinerário. As três primeiras características a seguir para encontrar viagens que ultrapassem alguns limites mostrados como um cubo na Figura 7.

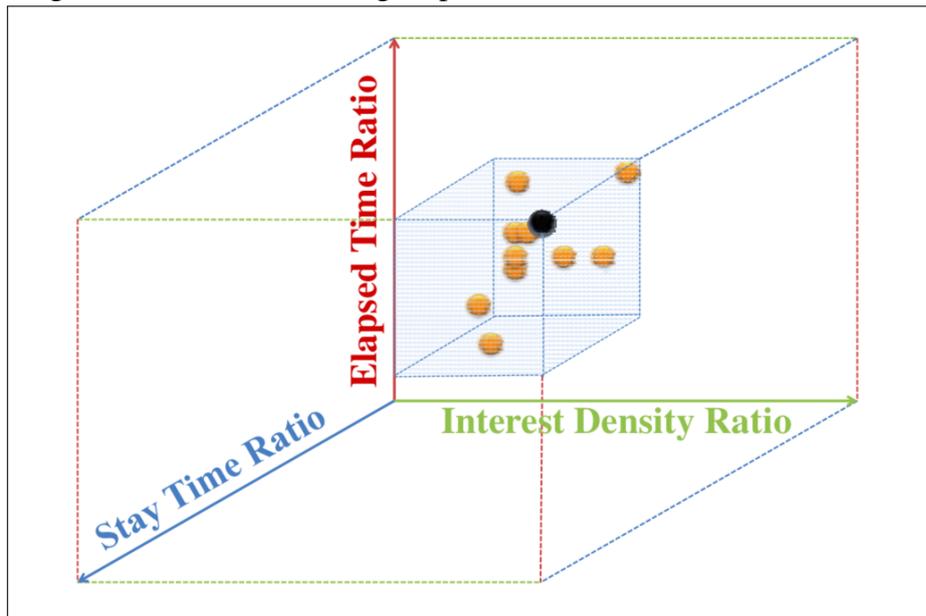
O itinerário ideal teria valores iguais a 1 em todas as três dimensões, que é representado como um ponto preto na Figura 6. As viagens selecionadas no cubo são reclassificadas de acordo com a sequência de viagem clássica para diferenciar ainda mais os candidatos.

a) *Elapsed Time Ratio* – um itinerário que usa o máximo de tempo disponível é considerado melhor, pois o tempo é um recurso limitado para qualquer usuário, eles querem utilizar a maior parte do tempo disponível.

b) *Stay Time Ratio* – as pessoas devem passar mais tempo nos locais do que no caminho de viagem. Um itinerário com menos tempo de viagem e mais tempo de permanência no local é considerado uma escolha melhor.

c) *Interest Density Ratio* – os visitantes de uma nova região gostariam de visitar o maior número possível de locais altamente interessantes, ou seja, locais populares e locais com

Figura 7 – Candidatos de viagem para um bom itinerário



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

importância cultural.

3.4 Comparativo entre os trabalhos

O Quadro 1 apresenta um comparativo entre as características deste trabalho com os trabalhos relacionados.

Quadro 1 – Comparativo entre os trabalhos relacionados

	Informações contextuais	Preferências do usuário	Utilização de informações históricas	Participação voluntária do usuário	Domínio de utilização
Barranco <i>et al.</i> (2012)	Velocidade e trajetória	Usuário tem várias opções de escolha	-	-	Carro
Yoon <i>et al.</i> (2010)	Tempo	Várias opções	Sugestões	Sugerir opções turísticas	Turismo
Davino (2017)	Violência e informações sobre as vias	Pode seguir ou não a rota sugerida	Escolhas do usuário	Adicionar pontos de violência e estado da via	Bicicleta
Este trabalho	Violência	-	-	-	Bicicleta

Fonte: Elaborado pelo autor.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo, são apresentados os procedimentos metodológicos que serão realizados para a conclusão deste trabalho.

4.1 Extração dos Dados referente a rede de ruas de Fortaleza

O primeiro procedimento consistiu em extrair dados do OSM, da cidade de Fortaleza. A escolha do OSM se deu pela flexibilidade e compatibilidade com várias ferramentas, para se trabalhar com os dados.

4.2 Coleta dos dados sobre violência em Fortaleza

Nesta etapa, os dados foram obtidos através de um trabalho realizado por Neto Silvino; Rafael (2017), onde é analisado ocorrências criminais na cidade de Fortaleza. Os arquivos se encontram no formato Comma-Separated Values (CSV), com várias informações, onde ele deve ser processado, para que seja apropriado à o uso. Neste procedimento foram removidos todas as informações desnecessárias.

4.3 Projetar os dados de violência na rede de ruas de Fortaleza

Esta etapa, tem como objetivo, a partir dos dados de violência obtidos na etapa anterior realizar uma filtragem das informações relevantes para este trabalho, eliminando informações como, por exemplo, veículo, vítima, histórico da ocorrência, entre outras. As informações mantidas foram, a localização da ocorrência (latitude e longitude), e a natureza da ocorrência, que consistiu em uma análise que foi feita para que tipo de violência iria ser levada em conta neste trabalho. Estes dados serão inseridos na rede de rua, através do *PostGIS*, uma extensão do banco de dados *PostgreSQL*.

4.4 Implementação das estratégias de recomendação de rotas mais seguras

Nesta etapa, foram definidas quais seriam as estratégias para recomendar uma rota, evitando pontos de violência, que foram criados na etapa anterior. Esta etapa utilizou a estratégia de aplicar penalidade a segmentos onde houver pontos de violência, assim o dando prioridade ao caminho com menores dados de violência. A Figura 8 ilustra a escolha de uma rota, onde uma

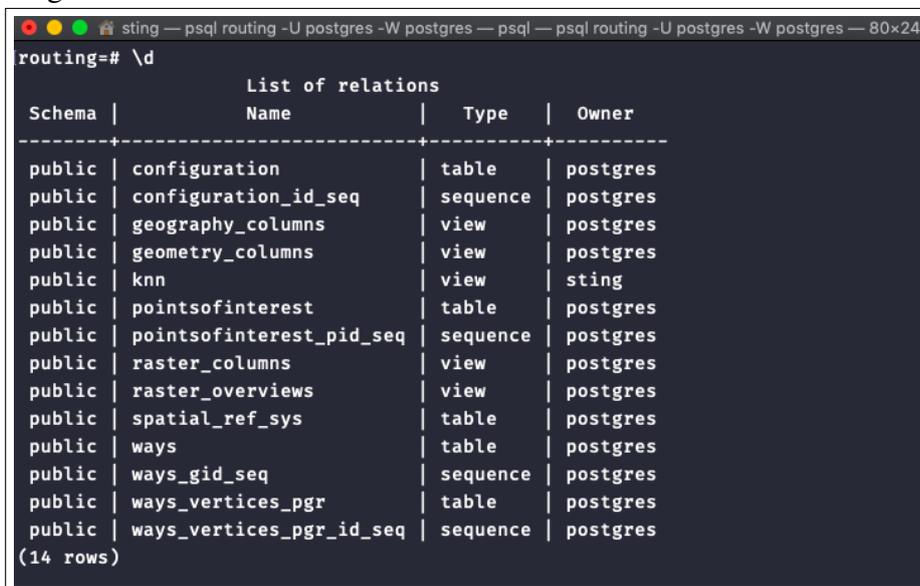
5 RESULTADOS

Neste capítulo, os resultados obtidos são apresentados e discutidos. A Seção 5.1 apresenta os dados extraídos. Na Seção 5.2, são especificados os dados coletados e o resultado da limpeza nos dados. Na Seção 5.3, são detalhados os dados projetados na rede de ruas. Na Seção 5.4, são descritas as estratégias para a escolha da rota. Na Seção 5.5, são apresentados os resultados dos experimentos.

5.1 Extração dos dados da rede de ruas

Este procedimento foi viabilizado a partir da *Overpass* API que o cliente através de uma consulta à API obtém o conjunto de dados. Para importar para o banco de dados, foi usado o *osm2pgrouting*, uma ferramenta de linha de comando muito útil, que facilita a importação dos dados do OSM, fornecendo os dados prontos para o uso. A Figura 9 mostra a lista de tabelas criadas pelo *osm2pgrouting*.

Figura 9 – Lista de tabelas criadas



```

routing=# \d
          List of relations
Schema |          Name          | Type   | Owner
-----+-----+-----+-----
public | configuration           | table  | postgres
public | configuration_id_seq   | sequence | postgres
public | geography_columns      | view   | postgres
public | geometry_columns       | view   | postgres
public | knn                     | view   | sting
public | pointsofinterest       | table  | postgres
public | pointsofinterest_pid_seq | sequence | postgres
public | raster_columns         | view   | postgres
public | raster_overviews       | view   | postgres
public | spatial_ref_sys        | table  | postgres
public | ways                    | table  | postgres
public | ways_gid_seq           | sequence | postgres
public | ways_vertices_pgr      | table  | postgres
public | ways_vertices_pgr_id_seq | sequence | postgres
(14 rows)

```

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.2 Coleta dos de violência

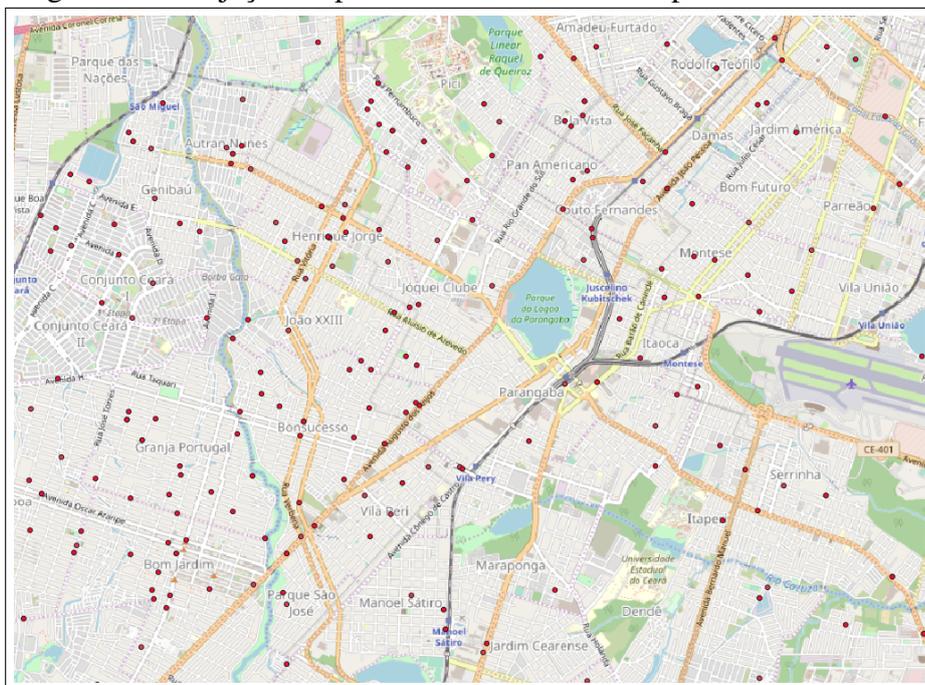
Neste procedimento os dados foram processados, com o auxílio da biblioteca *Pandas*, que fornece várias ferramentas para a análise de dados na linguagem *Python*. Onde as informações consideradas úteis para este trabalho, foram: natureza da ocorrência, latitude e

longitude. O restante das informações foram descartadas.

5.3 Projeção dos dados

Neste procedimento foram escolhidos quais tipos de ocorrência dentre os tipos presentes, como, por exemplo: roubo a pessoa, cumprimento de mandado judicial, entre outros. Neste trabalho foram escolhidos alguns dos tipos de ocorrência que mais afetaria a segurança do ciclista, que foram: roubo de veículo, roubo a pessoa, morte com arma de fogo. Nos dados, cada tipo de ocorrência, tinha sua geolocalização, permitindo criar um ponto no mapa, onde esse ponto permitia criar penalidades que foram levadas em conta na escolha da rota. Na Figura 10, podemos ver alguns pontos projetados.

Figura 10 – Projeção de pontos de violência no mapa



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.4 Implementação das estratégias

Neste procedimento foram definidos quais as estratégias para traçar uma rota, evitando pontos de violência. A estratégia escolhida foi penalizar as vias onde eram encontrados pontos de violência. O algoritmo utilizado foi o *Dijkstra*, para calcular a rota com menor custo.

5.4.1 Função de custo da aresta

Para atribuir uma penalização a cada aresta no grafo de redes de ruas, foi pensado uma maneira simples para realizar esta função. A função é definida da seguinte maneira, onde, para toda aresta $S \in R$, onde R é o conjunto de rede de ruas, em que, a função $F(S) = 1 + (0,3 * n)$, onde n é o número de pontos de violência próximos à aresta S .

Figura 11 – Penalizando uma aresta



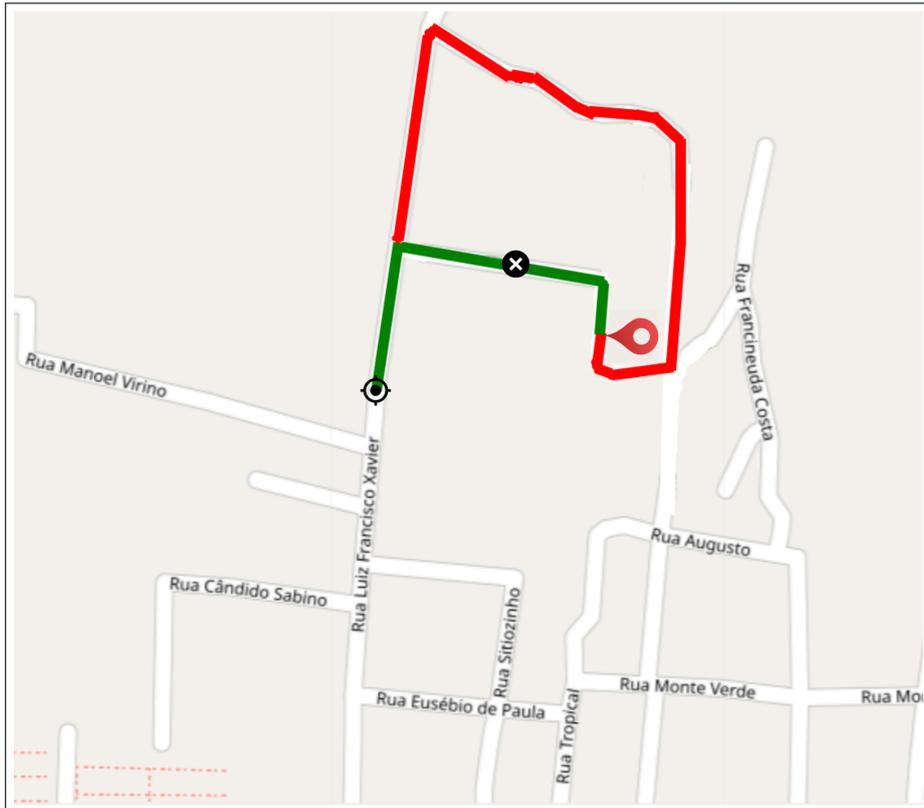
Fonte: Elaborada pelo autor.

Como o cálculo de rota é dado por distância x penalidade, o valor de todas as arestas primeiramente foram definidos com o valor 1, caso não haja nenhum ponto de violência, não surtirá efeito no cálculo. Já onde é encontrado o ponto de violência, foi definidor em 0,3 o valor para cada ponto, por exemplo, na Figura 11, seria o valor padrão $1 + (0,3 + 0,3)$. Esse valor foi escolhido com o objetivo de um ponto de violência não ser muito prejudicial no cálculo, por exemplo, na Figura 12, um alto valor de penalidade para um único ponto forneceria uma rota com distância muito maior.

5.4.2 Penalizar as vias

Nesta etapa, foi escolhido a melhor forma de como aplicar uma pena as vias que haviam algum ponto de violência utilizando a função definida na etapa anterior. Para relacionar o ponto de violência a rede de ruas gerada pelo *osm2pgrouting* foi criada uma tabela com todos

Figura 12 – Exemplo de rota com alto valor de penalidade



Fonte: Elaborada pelo autor.

os dados processados na etapa anterior, o seguinte passo foi buscar uma maneira de penalizar o seguimento mais próximo a cada dado de violência. Dessa forma, foi usado o *KNN*, a fim de obter o vizinho mais próximo pelo índice, buscando as geometrias candidatas a serem mais próximas ao ponto dado.

5.4.3 Cálculo da rota

Para calcular a rota, foi utilizado o algoritmo *Dijkstra*, fornecido pela ferramenta *pgRouting*. O algoritmo considera as redes de rua um grafo, onde ele irá fazer o cálculo do caminho com menor custo, no caso deste trabalho distância x penalidade.

5.5 Cenário de experimentação

Nesta etapa foi realizado um teste onde foi escolhido uma rota qualquer próximo a um ponto de violência. Para a visualização, os dados de violência são mostrados em um mapa de calor, na Figura 13, mostra que, duas consultas foram realizadas: Rota A - linha vermelha, Rota B - linha azul. A rota A foi estabelecida através do custo da distância, enquanto a rota B

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Proporcionar alternativas de locomoção em grandes centros urbanos é uma maneira essencial para contribuir com a diminuição de problemas de mobilidades, entre estas alternativas, a bicicleta é uma das mais procuradas. No entanto, algumas barreiras como: a disputa no trânsito com outros veículos, e a violência, tem afastado ciclistas das ruas. Com isso, o uso da tecnologia com informações disponíveis, pode auxiliar na redução dessas barreiras.

Este trabalho buscou por informações que fossem relevantes ao ciclista, para que fossem levado em conta na tomada de decisão do seu trajeto, já que em grandes cidades, é quase impossível conhecer todos os locais. Foram apresentadas alternativas com, e sem o uso dos dados de violência. Foi possível concluir que o uso dessas informações contextuais influenciam a escolha de um percurso. Estas informações podem incentivar outros trabalhos direcionados a esta linha de pesquisa.

Como trabalhos futuros, pode-se buscar e analisar informações contextuais sobre a violência nas ruas, a partir de jornais, já que as fontes onde as informações obtidas para este trabalho já não são mais disponibilizadas, alimentando os dados com informações atuais, como forma de dar mais peso a estes dados mais recentes. Outra melhoria que pode ser implementada, é penalizar a rede de ruas, por um raio de violência para cada ponto, já que se há uma via com vários pontos de violência, deve se levar em conta que a região próxima é um local perigoso.

REFERÊNCIAS

- BARRANCO, M. J.; NOGUERA, J. M.; CASTRO, J.; MARTÍNEZ, L. **A context-aware mobile recommender system based on location and trajectory**. In: SPRINGER (Ed.). [S.l.]: Management intelligent systems, 2012. p. 153–162.
- BARROS, G. A.; FILHO, J. A. S.; CHIU, T. P. T.; TEDESCO, P. C.; CAVALCANTI, A. L.; MACIEL, C. A.; MASCARO, A. A.; SILVA, F. Q. D.; SANTOS, A. L. Smartprofile: A context-aware mobile personalization system. In: IEEE. [S.l.]: High Performance Computing and Communications & **2013 IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (HPCC_EUC)**, 2013 IEEE 10th International Conference on, 2013. p. 2166–2173.
- BAZIRE, M.; BRÉZILLON, P. **Understanding context before using it**. In: SPRINGER. [S.l.]: International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context, 2005. p. 29–40.
- BOTTOM, J. A. **Consistent anticipatory route guidance**. Tese (Doutorado) — Massachusetts Institute of Technology, 2000.
- CAMARA, C. d. D. **Projeto de Lei**. [S.l.], 2017. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/130388>. Acesso em: 10 set. 2018.
- CORMEN, T. H.; LEISERSON, C. E.; RIVEST, R. L.; STEIN, C. **Algoritmos: teoria e prática**. Editora Campus, v. 2, p. 2, 2002.
- DAVINO, J. H. M. **Um modelo contextual de recomendação de rotas para ciclistas**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pernambuco, 2017.
- DAVIS Jr, C. A. **Aumentando a eficiência da solução de problemas de caminho mínimo em sig**. Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte, 1997.
- DEY, A. K.; ABOWD, G. D.; SALBER, D. A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. **Human-Computer Interaction**, v. 16, n. 2-4, p. 97–166, 2001.
- FUKUNAGA, K.; NARENDRA, P. M. A branch and bound algorithm for computing k-nearest neighbors. **IEEE transactions on computers**, [S.l.], v. 100, n. 7, p. 750–753, 1975.
- INDEX, T. T. **TOMTOM TRAFFIC INDEX**. 2018. Disponível em: https://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/list?citySize = LARGEcontinent = SACountry = BR. Acesso em: 08 set. 2018.
- ISINKAYE, F.; FOLAJIMI, Y.; OJOKOH, B. Recommendation systems: Principles, methods and evaluation. **Egyptian Informatics Journal**, [S.l.], v. 16, n. 3, p. 261–273, 2015.
- JAHN, O.; MÖHRING, R. H.; SCHULZ, A. S.; STIER-MOSES, N. E. System-optimal routing of traffic flows with user constraints in networks with congestion. **Operations research**, [S.l.], v. 53, n. 4, p. 600–616, 2005.
- LIMA, A.; AFONSO, R.; SALES, T. Plataforma pguide: um modelo de recomendação para usuários móveis. In: SBC (Ed.). Porto Alegre, RS, Brasil: **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação**, 2013. p. 73–84. ISSN 0000-0000. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsi/article/view/5677>. Acesso em: 05 dez. 2019.

- LOPES, B. M. T. **Algoritmos de localização com informação histórica e realimentação dos utilizadores**. Tese (Doutorado), [S.l.], 2014.
- MANYIKA, J.; CHUI, M.; BROWN, B.; BUGHIN, J.; DOBBS, R.; ROXBURGH, C.; BYERS, A. H. **Big data**: The next frontier for innovation, competition, and productivity. [S.l.: s.n], 2011.
- NETO SILVINO; RAFAEL, L. A. C. D. **Mineração de dados de ocorrências criminais para identificação de zonas de alta criminalidade em Fortaleza e região metropolitana**. [S.l.: s.n], 2017.
- PAPADIAS, D.; ZHANG, J.; MAMOULIS, N.; TAO, Y. **Query processing in spatial network databases**. In: VLDB ENDOWMENT. [S.l.]: Proceedings of the 29th international conference on Very large data bases-Volume 29, 2003. p. 802–813.
- PAPAGEORGIU, M. Dynamic modeling, assignment, and route guidance in traffic networks. **Transportation Research Part B**: Methodological, [S.l.], v. 24, n. 6, p. 471–495, 1990.
- PREFEITURA, P. D. F. **MALHA CICLOVIARIA**. 2019. Disponível em: <https://mobilidade.fortaleza.ce.gov.br/menu-programas/malha-ciclovíaria.html>. Acesso em: 17 nov. 2019.
- PU, P.; CHEN, L.; HU, R. **A user-centric evaluation framework for recommender systems**. In: ACM. [S.l.]: Proceedings of the fifth ACM conference on Recommender systems, 2011. p. 157–164.
- RIGAUX, P.; SCHOLL, M.; VOISARD, A. **Spatial databases**: with application to gis. [S.l.]: Elsevier, 2001.
- RUBIM, B.; LEITÃO, S. O plano de mobilidade urbana e o futuro das cidades. **Estudos avançados**, v. 27, n. 79, p. 55–66, 2013.
- SANTANA, K.; MELO, M. J. de. Mínimus: uma ferramenta para o ensino e prática de grafos com enfoque nos algoritmos de menor caminho. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação**, v. 3, n. 1, 2019.
- SHEKHAR, S.; GUNTURI, V.; EVANS, M. R.; YANG, K. Spatial big-data challenges intersecting mobility and cloud computing. In: ACM. [S.l.]: **Proceedings of the Eleventh ACM International Workshop on Data Engineering for Wireless and Mobile Access**, 2012. p. 1–6.
- SORJAMAA, A.; LENDASSE, A. **Time series prediction using dirrec strategy**. [S.l.: s.n], 2006.
- SOUZA, M. d. S. **Grafos**: Uma proposta para aplicação no ensino fundamental. [S.l.: s.n], 2018.
- SSPD. **Resumo de Ocorrência**. 2018. Disponível em: <http://www.sspds.ce.gov.br/>. Acesso em: 08 set. 2018.
- VERBERT, K.; LINDSTAEDT, S. N.; GILLET, D. Context-aware recommender systems j. ucs special issue. **Journal of Universal Computer Science**, v. 16, n. 16, p. 2175–2178, 2010.
- VIEIRA, V.; TEDESCO, P.; SALGADO, A. C. Modelos e processos para o desenvolvimento de sistemas sensíveis ao contexto. **Jornadas de Atualização em Informática**, p. 381–431, 2009.

VINCENT, N. R. S. K. F. **Nearest Neighbor Queries***. 1995. Department of Computer Science University of Maryland College Park.

YANG, K.; SHEKHAR, S. **Spatial Network Big Databases: An Introduction**. In: SPRINGER (Ed.). [S.l.]: Spatial Network Big Databases, 2017. p. 1–8.

YOON, H.; ZHENG, Y.; XIE, X.; WOO, W. **Smart itinerary recommendation based on user-generated GPS trajectories**. In: SPRINGER. [S.l.]: International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing, 2010. p. 19–34.

ZIEGLER, C.-N.; MCNEE, S. M.; KONSTAN, J. A.; LAUSEN, G. **Improving recommendation lists through topic diversification**. In: ACM. [S.l.]: Proceedings of the 14th international conference on World Wide Web, 2005. p. 22–32.