



Pós-Graduação em Ciência da Computação

JOSÉ HENRIQUE MARQUES DAVINO

**UM MODELO CONTEXTUAL DE RECOMENDAÇÃO
DE ROTAS PARA CICLISTAS**



Universidade Federal de Pernambuco
posgraduacao@cin.ufpe.br
www.cin.ufpe.br/~posgraduacao

RECIFE,
2017

José Henrique Marques Davino

Um Modelo Contextual de Recomendação de Rotas para Ciclistas

Este trabalho foi apresentado à Pós-Graduação em Ciência da Computação do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre Profissional em Ciência da Computação.

ORIENTADORA: Patrícia Cabral de Azevedo Restelli Tedesco.

RECIFE,
2017

Catálogo na fonte
Bibliotecária Monick Raquel Silvestre da S. Portes, CRB4-1217

D259m Davino, José Henrique Marques
Um modelo contextual de recomendação de rotas para ciclistas / José Henrique Marques Davino. – 2017.
79 f.:il, fig., tab.

Orientadora: Patrícia Cabral de Azevedo Restelli Tedesco.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CIn, Ciência da Computação, Recife, 2017.
Inclui referências e apêndices.

1. Inteligência artificial. 2. Sistema de recomendação. 3. Contexto computacional. I. Tedesco, Patrícia Cabral de Azevedo Restelli (orientadora). II. Título.

006.3

CDD (23. ed.)

UFPE- MEI 2017-159

José Henrique Marques Davino

Um Modelo Contextual de Recomendação de Rotas para Ciclistas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre Profissional em 25 de maio de 2017.

Aprovado em: 25/05/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Ana Carolina Brandão Salgado
Centro de Informática / UFPE

Prof^a. Dra. Juliana Regueira Bastos Diniz
UFRPE

Prof^a. Dra. Patrícia Cabral de Azevedo Restelli Tedesco
Centro de Informática / UFPE
(Orientadora)

*Dedico este trabalho a minha esposa
Luciana Luz que de uma forma muito
especial me apoiou e adaptou nossos
projetos para realização deste sonho.*

Agradecimentos

A Deus, por tudo! Por ter me trazido até aqui e me conduzido durante todo o caminho, por ter me ajudado a superar tantas aflições e desafios e hoje sentir a imensa satisfação do dever cumprido.

A minha família, ao José Luiz (“meu pai de coração”) e minha mãe pelos valores que aprendi e todo o amor que sempre recebi, seja com palavras ou com o cuidado que teve comigo, pelas orações que nunca cessaram e por me falar de Deus juntamente com minha esposa fazendo-me lembrar de que Ele está no controle de tudo.

A minha esposa pelo apoio incondicional, por entender as ausências e me fazer lembrar, a todo instante, que todo esforço valerá a pena e por sempre conseguir me trazer de volta nos momentos de angústia. A minha sogra, meu sobrinho Rômulo França e meus cunhados pelas palavras de incentivo.

A minha orientadora Patrícia Tedesco pela paciência e disponibilidade em ensinar e dividir seu valioso conhecimento, fazendo o papel mais nobre de professor, me proporcionando um imenso aprendizado e me ajudando a ultrapassar as diversas dificuldades encontradas ao longo desta pesquisa. Como sempre disse, sou seu fã!

Aos professores do Mestrado pelo aprendizado. Aos meus amigos de sala que encontrei ao longo do curso, Andrei Almeida, Fabrício Soares, Gil Guedes e Wilton Santana pela valiosa ajuda em todos os desafios enfrentados juntos ao longo das disciplinas, seminários e projetos.

Aos membros da banca, Ana Carolina Salgado e Juliana Bastos Diniz, por aceitarem o convite e pelas contribuições visando melhorar este estudo.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que direta ou indiretamente tornaram possível a elaboração deste trabalho, muito obrigado.

Resumo

Promover alternativas de locomoção que sejam de baixo custo e acessível à maioria da população é uma das maneiras para diminuir os problemas de mobilidade nos grandes centros urbanos. Considerando as estratégias existentes, a bicicleta é uma das mais interessantes, pois possibilita ao usuário se deslocar por pequenos trajetos em velocidades significativas, além de proporcionar benefícios à saúde. Apesar disso, as incertezas do trânsito, aliadas à ausência de informação sobre por onde transitar de forma segura têm contribuído para que muitos ciclistas não se sintam seguros em compartilhar as vias com os veículos. Neste estudo, apresentamos a proposta de um sistema de recomendação de rotas para ciclistas, capaz de sugerir opções de deslocamentos, considerando eventos dinâmicos, bem como as preferências dos usuários. O estudo contou com um experimento para avaliar a relevância das recomendações apresentadas. Os resultados mostram que o sistema consegue recomendar rotas sensíveis ao contexto dos usuários de forma adequada apoiando-os na escolha de um trajeto.

Palavras-chave: Sistemas de recomendação. Contexto Computacional. Recomendação de rotas para ciclistas.

Abstract

To promote transportation alternatives that are low-cost and accessible to the majority of the population is one possible way to decrease mobility problems in major urban centers. Amongst the current choices, cycling is one of the most interesting, since it enables the user to move through small paths with significant speed, in addition to providing health benefits. However, the uncertainties of the traffic combined with the lack of information about where to cycle safely, have been contributing to the fact that many cyclists do not feel safe to share the roads with vehicles. In this study, we present the proposal of a system for recommending cycling routes, able to suggest alternative routes for cyclists to move around, considering dynamic events, and users' preferences. This study included an experiment to assess the relevance of the recommendations made. The results show that the system can recommend properly routes that are sensitive to user's context supporting them in the choice of a route.

Keywords: Recommendation Systems. Computational Context. Route Recommendations for Cyclists.

Lista de Figuras

Figura 1 – Visão geral de uma aplicação tradicional (a) e de uma sensível ao contexto (b)	23
Figura 2 – Exemplo de um serviço de assistência	24
Figura 3 – Exemplo de um serviço de percepção	25
Figura 4 – Fluxo de execução da Filtragem Baseada em Conteúdo para sistema de recomendação	27
Figura 5 – Fluxo de execução da filtragem colaborativa para sistemas de recomendação.....	28
Figura 6 – Fluxo de execução da filtragem híbrida de conteúdo para sistema de recomendação	29
Figura 7 – Arquitetura do <i>Ubibus</i>	36
Figura 8 – Visão geral do sistema de recomendação de rotas para caminhadas.....	37
Figura 9 – Rotas identificadas pelo sistema <i>CrowdPlanner</i> a partir de diferentes fontes	38
Figura 10 – Rotas utilizadas por condutores com preferências distintas	39
Figura 11 – Uma comparação de rota sugeridas pelo <i>Becity</i> vs <i>Google Maps</i> em Santiago no Chile	41
Figura 12 – Indicação de rotas considerando vantagens e desvantagens entre distância e segurança	42
Figura 13 – Arquitetura do sistema	45
Figura 14 – Casos de uso identificados para o sistema	49
Figura 15 – Modelagem das informações contextuais.....	53
Figura 16 – Exemplos da Interface do aplicativo <i>DeBike</i>	55
Figura 17 – <i>Log</i> de execução do <i>osm2pgrouting</i>	56
Figura 18 – Exemplo de caminho mínimo identificado em um grafo	57
Figura 19 – Aplicando a técnica de classificação <i>KNN</i>	58
Figura 20 – Grafos elaborados a partir dos segmentos das ruas.....	59
Figura 21 – Fluxo realizado pelo sistema para encontrar uma opção de percurso.....	60
Figura 22 – Opção de trajeto identificado pelo sistema	60
Figura 23 – Funcionalidade do aplicativo que possibilita registrar ocorrências percebidas pelo usuário	61
Figura 24 – Fluxo realizado pelo sistema para registrar ocorrências percebidas pelos usuários	62

Lista de Gráficos e Quadros

Gráfico 1 – Relevância das preferências dos ciclistas na escolha de um percurso.....	51
Gráfico 2 – Relevância dos eventos dinâmicos considerados na escolha de um trajeto	52
Gráfico 3 – Gênero e Faixa Etária dos participantes	65
Gráfico 4 – Ranking Médio do nível de concordância dos participantes ao itens avaliados no experimento ...	67
Quadro 1 – Comparativo entre os trabalhos relacionados	42

Principais Abreviações

API	Application Programming Interface
GIS	Geographic Information System
GPS	Global Positioning System
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IA	Inteligência Artificial
IHC	Interface Homem-Computador
KNN	K-Nearest Neighbors
NFC	Near Field Communication
RM	Ranking Médio
SR	Sistemas de Recomendação

Sumário

1.	Introdução	12
1.1	Justificativa e Problema de Pesquisa	13
1.2	Objetivos	15
1.3	Objetivos Específicos	16
1.4	Metodologia	16
1.5	Estrutura da Dissertação	17
2.	Fundamentação Teórica	18
2.1	Contexto Computacional	19
2.2	Sistemas Sensíveis ao Contexto	22
2.3	Sistemas de Recomendação	25
2.3.1	Técnicas de Filtragem de Informações	27
2.3.2	Sistemas de Recomendação Sensível ao Contexto	30
2.4	Crowdsourcing e Crowdsensing	31
2.5	Considerações Finais	33
3.	Sistemas de Recomendação e Exibição de Rotas	34
3.1	Trabalhos Relacionados	35
3.2	Considerações Finais	43
4.	Um Modelo Contextual de Recomendação de Rotas para Ciclistas	44
4.1	Visão Geral do Sistema	45
4.2	Detalhamento da Arquitetura	46
4.3	Especificação dos Requisitos	47
4.4	Modelagem das Informações Contextuais	50
4.5	Tecnologias Utilizadas	54
4.6	Implementação do Protótipo	56
4.7	Considerações Finais	62
5.	Estudo Experimental com o <i>DeBike</i>	63
5.1	Objetivos do Experimento	64
5.2	Elaboração e Execução do Experimento	64
5.3	Resultados Alcançados	65
5.4	Considerações Finais	68
6.	Considerações Finais	69
6.1	Contribuições da Pesquisa	70
6.2	Limitações do Estudo	70
6.3	Trabalhos Futuros	71
	Referências	72
	Apêndices	79
	A – Pesquisa sobre o perfil do ciclista na Região Metropolitana do Recife	80
	B – Questionário de avaliação do <i>DeBike</i>	83

Capítulo

1

1. Introdução

Este capítulo relata as principais motivações para realização deste estudo, lista os objetivos de pesquisa, os passos realizados para alcançá-los e, por fim, apresenta como está estruturado o restante da dissertação.

1.1 Justificativa e Problema de Pesquisa

No Brasil, assim como em vários lugares do mundo, o tema mobilidade urbana tem sido pauta de discussões. Cagliari na Itália (Garau, Masala e Pinna, 2016), Cáceres na Espanha (Jiménez-Espada, González-Escobar, 2016) e Cidade do México no México (Leo, Morillón e Silva, 2017), são alguns exemplos. Questões como congestionamentos, segurança no trânsito, má qualidade da infraestrutura viária e o investimento limitado nos transportes públicos de massa, são evidenciados como problemas que tornam o direito de ir e vir do cidadão cada dia mais inseguro e estressante (VASCONCELOS, 2014).

Andrade e Galvão (2016) apontam o crescimento populacional como uma das causas que afetam a mobilidade urbana nas áreas periféricas dos grandes centros. Tal crescimento contribui para a saturação das vias, deixando o trânsito ainda mais congestionado. Parte do problema poderia ser reduzido com melhorias nos modais de transporte público. Entretanto, devido à má qualidade dos serviços existentes, a priorização do transporte individual motorizado tem aumentado em muitas cidades, como é o caso de Belo Horizonte, onde este fato contribuiu para uma redução significativa do número de viagens nos veículos públicos de massa (TITO, 2013; LEITE, ROCHA e BAPTISTA, 2015; GOMEZ *et al.* 2015).

Uma maneira de diminuir os problemas de mobilidade, em especial nas áreas urbanas, é promover alternativas de locomoção que sejam de baixo custo, acessível à maioria da população e mais sustentável do que o transporte individual motorizado. Normalmente essas opções estão relacionadas à caminhada ou uso de bicicletas privadas ou compartilhadas. No entanto, cada uma delas exige a criação de políticas que ponderem as vantagens e limitações para incentivar as pessoas a utilizá-las (BAPTISTA *et al.*, 2015).

Considerando as alternativas para promover a mobilidade das pessoas, a bicicleta é uma das mais interessantes, pois possibilita ao usuário se deslocar por pequenos trajetos em velocidades significativas (o que é comum em ambientes urbanos) e ainda proporciona benefícios à saúde. Além de ser ecologicamente correto, seu uso permite que as pessoas se desloquem mais, com menos esforços e de forma rápida, se comparada à caminhada, o que lhe torna um meio de transporte mais eficiente. A consciência sobre sua importância tem sido crescente em todo o mundo e tem atraído a atenção dos formuladores de políticas públicas e de

pesquisadores (BAPTISTA *et al.*, 2015; OLEKSZECHEN, BATTISTON E KUHNEN, 2016).

Contudo, o uso da bicicleta requer ações de incentivo, como a construção de ciclovias, criação de locais seguros para estacionamento e a integração com outros modais de transportes. Na América Latina, algumas cidades como Rio de Janeiro, São Paulo, Cidade do México, Buenos Aires e Santiago já deram seus primeiros passos através da construção de ciclovias, ciclofaixas e implantação de programas de bicicletas públicas compartilhadas (DEZANI, 2015; GOMEZ *et al.*, 2015).

Apesar de sua ascensão no contexto urbano, a adoção da bicicleta traz consigo alguns inconvenientes, dentre eles a dificuldade de viajar para longas distâncias, enfrentar trajetos com muitos aclives ou relevos acidentados, expor-se a condições climáticas extremas (chuva, frio ou calor) e a possibilidade de chegar cansado ou suado ao destino final (WILLIS *et al.*, 2013; BAPTISTA *et al.*, 2015).

Além desses fatores, a segurança é uma das barreiras mais desestimulantes. Com a ausência de infraestrutura adequada para locomoção nas áreas urbanas e as incertezas do trânsito, muitos ciclistas não se sentem seguros em relação aos carros. Como se não bastasse, a vulnerabilidade ao furto é outra crença negativa que, além de desmotivar, induz à utilização da bicicleta no pior estado de conservação, o que pode resultar em outros riscos (MELO, 2013; SOUSA, SANCHES e FERREIRA, 2013; SALLIS *et al.*, 2013; VERMA *et al.*, 2016).

Neste sentido, o conceito de cidades inteligentes (*Smart Cities*) pode contribuir para reduzir essas dificuldades. Embora existam algumas definições, é consenso afirmar que uma *Smart City* utiliza a tecnologia para minimizar ou até mesmo solucionar problemas em ambientes urbanos. Contudo, para que o conceito possa ser aplicado, é fundamental entender o funcionamento de cada cidade. Como sugerido em Nations (2014), a coleta de dados do local é uma forma interessante que possibilita compreender as dificuldades, identificar falhas e sugerir avanços e novas soluções para provisão de serviços.

Muitos trabalhos têm adotado a abordagem de sensoriamento móvel participativo (*Mobile Crowdsensing*), proveniente da popularidade dos dispositivos móveis com acesso à internet, no qual pessoas utilizando seus próprios aparelhos coletam e compartilham informações do contexto em que estão inseridas. Seu surgimento tem favorecido a criação de novas aplicações com características ubíquas em tempos e custos antes impossíveis, criando assim uma dinâmica

significativa na indústria e na academia (BORJA e GAMA 2014; FARKAS *et al.*, 2015; KANHERE, 2016).

Nesta pesquisa, acredita-se na combinação de pessoas como fontes complementares para aprimorar os sistemas de informação que, de forma colaborativa, podem ajudar a melhorar a mobilidade nos espaços urbanos.

Sobre essa abordagem há diversas aplicações e estudos que utilizam como referência a localização do usuário para fornecer informações sobre trajetos e estimativas de tempo. A pesquisa de Laurido e Feitosa (2015) cita o WAZE¹, um aplicativo que explora o poder do sensoriamento participativo², para fornecer informações das condições do trânsito aos usuários de veículos motorizados. FARKAS *et al.* (2015) apresentam o *TrafficInfo*, que fornece informações de transporte público em tempo real de acordo com o interesse do usuário. Quercia, Schifanella e Aiello (2014) apresentam um estudo sobre recomendações de trajetos para caminhadas considerando percepções emocionais (se é bonito, tranquilo e/ou alegre) das pessoas sobre os espaços urbanos, mantendo o equilíbrio entre ser curto e agradável.

Apesar da existência de trabalhos sobre recomendações de rotas, ainda são escassos os estudos direcionados aos ciclistas, em especial, aqueles que consideram os acontecimentos dinâmicos e as preferências do usuário. Esta pesquisa tentará diminuir esta lacuna e traz as seguintes contribuições: (i) a determinação de informações contextuais a serem utilizadas e quais as mais relevantes para este modelo de aplicação e (ii) a especificação e implementação de uma prova de conceito de recomendação de trajetos, sensível ao contexto do ciclista e a outras informações como, por exemplo, situação do trânsito, riscos de assalto no percurso, entre outras, que permitirão a validação da solução proposta.

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste estudo é propor um modelo contextual de recomendação de rotas para ciclistas, capaz de sugerir opções de trajetos para o deslocamento em ambientes urbanos, considerando eventos dinâmicos e suas

¹ WAZE – Disponível em <http://www.waze.com>

² Em alguns trabalhos este termo é mencionado como detecção participativa, sensoriamento participativo ou *mobile crowdsensing*.

preferências. O intuito é auxiliar a tomada de decisão sobre a escolha do trajeto, contornando ocorrências dinâmicas (rua alagada, situações de tráfego intenso, riscos de assaltos) e considerando as preferências do usuário. Tais acontecimentos serão informados através do sensoriamento móvel participativo – *mobile crowdsensing* (Guo *et al.*, 2014), dando aos próprios usuários o poder de contribuir para a melhoria do serviço.

1.3 Objetivos Específicos

Para atender ao objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram traçados:

- a) Identificar e definir as informações contextuais a serem utilizadas no estudo;
- b) Estabelecer uma heurística para identificar e recomendar, a partir de dados geográficos, os percursos, considerando os acontecimentos dinâmicos e as preferências do ciclista;
- c) Validar a proposta através do desenvolvimento de um piloto (protótipo).

1.4 Metodologia

Para alcançar o objetivo do estudo, inicialmente foi realizada uma revisão da literatura sobre: 1) contexto computacional, visando compreender como este conceito pode melhorar as formas de comunicação entre o homem e os sistemas computacionais; 2) como os sistemas de recomendação podem ajudar o usuário diante da sobrecarga de informação e quais as técnicas existentes; 3) qual a finalidade dos sistemas sensíveis ao contexto e 4) quais os benefícios do *crowdsourcing*. Tudo isso resultou na fundamentação teórica desta pesquisa.

Em seguida, foram examinados os mecanismos para extração de dados geográficos a partir do *openstreetmap* e quais os bancos de dados e extensões permitiam a manipulação e o armazenamento destes.

Foi realizada ainda uma pesquisa com um grupo de ciclistas para identificar as preferências a serem consideradas na escolha de um trajeto e os acontecimentos que poderiam ser evitados. Os resultados da pesquisa ajudaram a compreender os

perfis dos ciclistas e a estabelecer as informações contextuais e outras entidades relevantes para este estudo.

Também foram examinadas características de trabalhos similares que poderiam ajudar a definir os requisitos do sistema.

Posteriormente, foram investigadas técnicas que poderiam ser adotadas para identificar o menor caminho viável entre um ou vários pares de nós de uma rede viária, criada a partir de dados geográficos.

Por fim, foi especificada e construída a proposta deste trabalho e em seguida validado através de um experimento.

1.5 Estrutura da Dissertação

Os próximos capítulos deste estudo estão organizados da seguinte forma:

- **Capítulo 2:** Apresentará a fundamentação teórica sobre contexto computacional, sistemas sensíveis ao contexto, sistemas de recomendação, sistemas de recomendação sensíveis ao contexto, *crowdsourcing* e *crowdsensing*.
- **Capítulo 3:** Serão mostrados alguns trabalhos relacionados a esta pesquisa que investigam os sistemas de recomendação de trajetos e um breve comparativo entre eles.
- **Capítulo 4:** Apresentará a proposta desta dissertação dividida em sete subtópicos: visão geral, detalhamento, requisitos, identificação das informações contextuais, tecnologias utilizadas, implementação e as considerações finais.
- **Capítulo 5:** Descreve o experimento realizado para avaliar a proposta e expõe os resultados alcançados.
- **Capítulo 6:** Contempla a conclusão e considerações finais. Descreve a contribuição da pesquisa, as limitações, bem como as possibilidades para realização de trabalhos futuros.

Capítulo

2

2. Fundamentação Teórica

Neste capítulo, apresentamos os conceitos básicos necessários ao melhor entendimento deste estudo. Inicialmente trataremos sobre contexto computacional, no qual serão apresentadas definições clássicas de contexto, características, o que poderiam ser consideradas informações e elementos contextuais. Mais adiante explanaremos sobre sistemas sensíveis ao contexto, qual a sua finalidade e características. Seguimos falando sobre os sistemas de recomendação e os sistemas de recomendação sensível ao contexto e, por fim, comentaremos sobre *crowdsourcing* e *crowdsensing*.

2.1 Contexto Computacional

A computação sensível ao contexto explora as informações utilizadas na interação entre o usuário (pessoa) e a máquina (computador), com intuito de melhorar as formas de comunicação entre o homem e os sistemas computacionais (VIEIRA *et al.*, 2009). Estas informações, também qualificadas como informações contextuais, podem ser empregadas como fontes de conhecimentos para os sistemas, apesar de em alguns casos serem desprezadas do processo de interação (TITO, 2013).

Utilizando o contexto, os sistemas podem de diversas formas, inclusive automática, adaptar seus serviços e conteúdos, provendo informações personalizadas aos usuários, considerando por exemplo sua localização, o horário e as características do meio de acesso utilizado (GOULARTE, 2003).

Com o surgimento de dispositivos eletrônicos, cada vez mais repletos de sensores (NFC³, GPS⁴, etc.), uma crescente demanda de aplicações passou a existir visando melhorar a interação homem-máquina (LÖWE *et al.*, 2012).

Parte desta popularização está relacionada 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). Uma das formas de prover uma personalização inteligente é por meio do uso de contexto.

Os primeiros estudos relacionados a contexto surgiram nas áreas de IA – inteligência artificial e computação ubíqua e, com isso, foram as que demonstraram o potencial da aplicação deste conceito nos sistemas computacionais (VIEIRA *et al.*, 2009). Devido ao reconhecimento de sua importância e à necessidade de descobrir como ele pode ser utilizado, este tema vem sendo bastante estudado por pesquisadores de diversas áreas como, por exemplo, Hipermídia e IHC – Interface Humano-Computador (VIEIRA *et al.*, 2009; WAN, 2009; GOMINHO, 2014).

³ NFC (*Near Field Communication*) – Tecnologia que permite a transferência de dados em uma comunicação sem fio de curta distância.

⁴ GPS (*Global Positioning System*) – Sistema de posicionamento global.

Oliveira Junior (2014) destaca a existência de várias definições para o termo contexto, algumas que apenas inteiram conceitos já existentes, outras estão limitadas à área de interesse. Apesar disso, cada área interpreta à sua maneira e, portanto, é necessário reconhecer que ainda não há um consenso sobre uma definição (ALEGRE *et al.*, 2016).

McCarthy e Buvac (1997) apresentaram uma tentativa de formalização lógica do conceito de contexto. Eles elaboraram as seguintes observações: (a) um contexto é sempre relativo a um outro contexto; (b) o contexto possui uma dimensão que não se pode medir, ou seja, infinita; (c) o contexto não pode ser descrito completamente e (d) quando diversos contextos ocorrem em uma discussão, existe um contexto comum, acima de todos os contextos existentes, para os quais todos os termos e predicados podem ser mapeados.

Brézillon (1999), na área da IA, defendeu que contexto é “o que restringe a solução de um problema sem, entretanto, interferir nele explicitamente”. Dourish (2004), na área de IHC, define contexto como uma entidade dinâmica, subjetiva e cujos valores e características não podem ser previstos e definidos previamente.

Uma definição clássica que vem sendo bastante referenciada foi apresentada por Dey, Abowd e Salber (2001, p.106):

Contexto é qualquer informação que possibilite ser utilizada para caracterizar a situação de uma entidade, onde entidade é uma pessoa, lugar ou objetos considerados relevantes para a interação entre um usuário e uma aplicação, incluindo o próprio usuário e a aplicação.

Zimmermann *et al.* (2007), tentaram estabelecer uma definição operacional para contexto, estendendo a definição de Dey, Abowd e Salber (2001) por meio da separação dos elementos que representam a situação de uma entidade em categorias. Para estes autores, qualquer informação que descreva o contexto de determinada entidade faz parte de uma das cinco categorias: *individualidade* – propriedades e atributos que definem a entidade em si; *atividade* – todas as tarefas que a entidade pode estar envolvida; *localização* – posição espacial da entidade; *tempo* – localização temporal da entidade e *relações* – informações sobre qualquer relação que a entidade possa estabelecer com outras entidades.

Bazire e Brézillon (2005) reuniram em seus estudos algo em torno de 150 definições relacionadas a diversos domínios e conseguiram concluir que: (1) o contexto representa um conjunto de restrições que influenciam o comportamento de

um sistema “embutido em uma dada tarefa” e que (2) sua definição está relacionada à área de conhecimento a qual ele pertence.

Nesta pesquisa adotou-se a visão de Vieira *et al.* (2009), na qual afirmam que mesmo diante de uma variedade de definições acerca do que é contexto, as pesquisas tendem para três aspectos, são eles: (a) o contexto existe apenas quando está relacionado à certa entidade, que pode ser, por exemplo, uma tarefa, um agente ou interação; (b) contexto é um conjunto de itens, como: conceitos, regras e proposições; e (c) um item é considerado parte do contexto somente se ele for útil para dar suporte ao problema em questão.

Sobre o que é contexto, Vieira *et al.* (2009) defendem a necessidade de uma separação entre dois conceitos: elemento contextual e contexto.

- Um *elemento contextual* é qualquer dado, informação ou conhecimento que permite caracterizar uma entidade em um dado domínio;
- O *contexto* da interação entre um agente e uma aplicação, para executar alguma tarefa, é um conjunto de elementos contextuais instanciados, que são necessários para apoiar a tarefa atual.

Essa distinção deixa claro que os autores consideram o contexto como aplicado à interação entre um *agente* e uma *aplicação*. Um *agente* pode ser humano ou de *software*. Além disso, eles destacam que os elementos que compõem o contexto devem possuir um relacionamento de relevância com a tarefa que o agente está executando. Os elementos contextuais definem informações estáveis que podem ser conhecidas, codificadas e representadas antecipadamente em tempo de projeto, como, por exemplo, idade, horário ou temperatura. Por outro lado, o contexto é dinâmico, definido em tempo de execução e representa um conjunto de elementos contextuais instanciados na realização de uma tarefa realizada pelo agente (VIEIRA *et al.*, 2009).

Patrício (2010, p. 7) exemplificou a definição de Vieira *et al.* (2009) da seguinte maneira: "Em um sistema de guia turístico a idade é um elemento contextual definido no projeto da aplicação. Durante sua execução, vários contextos são instanciados de acordo com a idade de cada usuário. Para um usuário mais jovem a aplicação apresentará atrações ao ar livre e para os mais velhos em locais fechados".

2.2 Sistemas Sensíveis ao Contexto

A sensibilidade ao contexto é um componente essencial em diversas áreas como, por exemplo, IA, IHC, Sistemas Colaborativos, já que sistemas desenvolvidos nestes campos necessitam reconhecer o contexto em que estão sendo executados e agir em conformidade, sem qualquer intervenção humana. A finalidade desta sensibilidade ao contexto é a minimização dos esforços do usuário e o aprimoramento da experiência de uso, permitindo assim uma melhor interação homem-máquina e a diminuição da distração do utilizador (ALEGRE *et al.*, 2016).

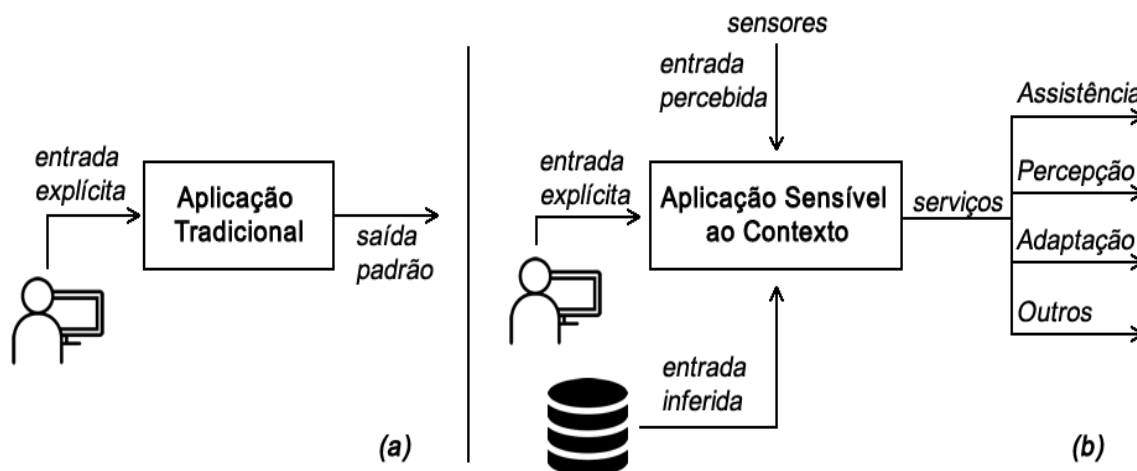
Para Zimmermann *et al.* (2007), um sistema sensível ao contexto (do inglês *context-aware systems*) é um modelo no qual pessoas podem interagir com vários objetos do ambiente e estes se ajustam, considerando o tipo de interação e a distância, dado um determinado espaço de tempo.

Vieira *et al.* (2009) entendem que os sistemas sensíveis ao contexto são aqueles que gerenciam os elementos contextuais relacionados a uma aplicação em um domínio e utiliza esses elementos para auxiliar um agente na execução de alguma atividade. Por exemplo, ampliando a percepção do agente em relação à atividade em execução ou provendo adaptações que simplifiquem sua execução.

De acordo com Dey, Abowd e Salber (2001), esses sistemas utilizam o contexto para prover informações ou serviços importantes para o usuário, onde o grau de importância depende da tarefa realizada por este. No entanto, Vieira *et al.* (2006) apontam nesta afirmação um desafio: determinar quais tipos de informações podem ser concebidas como contexto e como apontar suas relevâncias.

A Figura 1 ajuda a compreender a diferença de comportamento entre aplicações qualificadas como “tradicionais” e as aplicações sensíveis ao contexto.

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



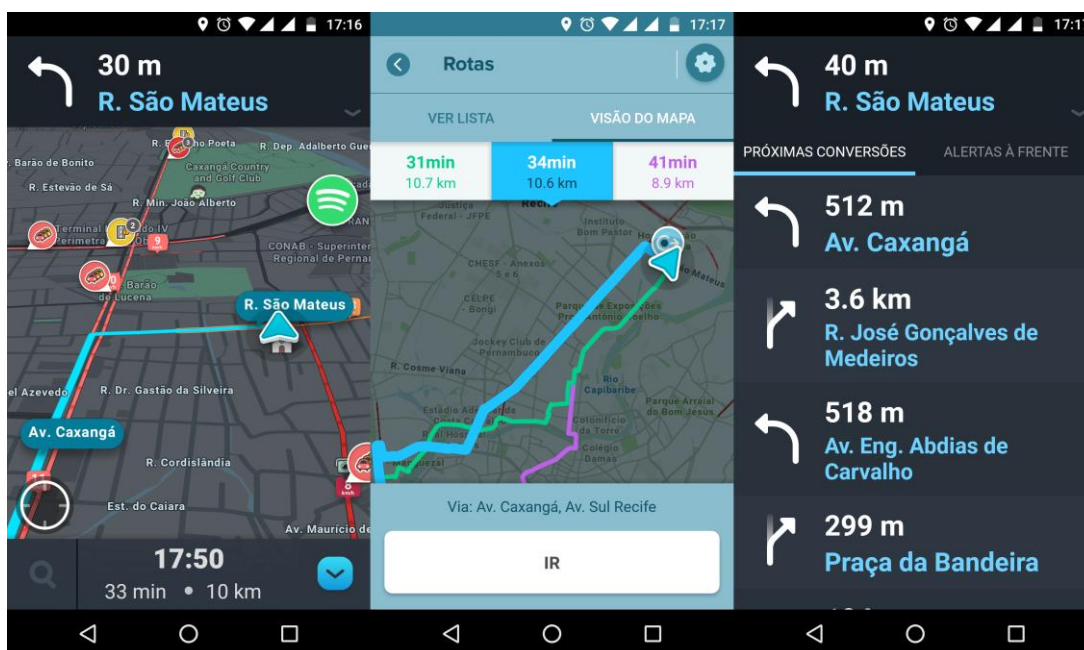
Fonte: Adaptado de Vieira *et al.* (2009)

Observa-se que as aplicações ditas como tradicionais (Figura 1(a)), são sistemas computacionais que agem de acordo com as solicitações e informações fornecidas de modo explícito pelos usuários. Já as aplicações que fazem uso das informações contextuais (Figura 1(b)), além de utilizarem as informações explícitas do usuário e as que estão armazenadas em bases de conhecimento contextuais, utilizam também informações percebidas a partir do monitoramento do ambiente, ou ainda, as inferidas por meio de raciocínio (VIEIRA *et al.*, 2009).

Para os autores, estas informações obtidas de forma não explícita são chamadas de informações contextuais. Elas reforçam semanticamente a solicitação explícita do usuário e, com isso, possibilitam a execução de serviços bem mais próximos de suas necessidades. Dentre estes serviços os autores destacam: (i) *assistência* na execução da tarefa sendo realizada como, por exemplo, avisando ao usuário sobre ações que ele deve realizar para atingir seus objetivos ou recomendar recursos existentes relacionados à tarefa; (ii) *percepção* do contexto, que se refere a sinalizar o usuário sobre o contexto associado a pessoas e interações do seu interesse, relativos à tarefa em execução, auxiliando-o na coordenação de suas ações; (iii) *adaptação* ou alternância do comportamento do sistema, respondendo de forma oportuna às mudanças sucedidas no ambiente e às ações e definições dos usuários como, por exemplo, personalização de interfaces e conteúdo e (iv) *outros serviços* como o uso do contexto para melhorar semanticamente o conhecimento controlado pela aplicação.

É possível citar diversos exemplos de aplicações capazes de assistir o usuário na execução de uma tarefa. Dentre elas, temos o WAZE (Figura 2), um aplicativo para *smartphone* que fornece aos seus usuários informações em tempo real sobre as condições do trânsito (congestionamentos, acidentes, etc.).

Figura 2 – Exemplo de um serviço de assistência



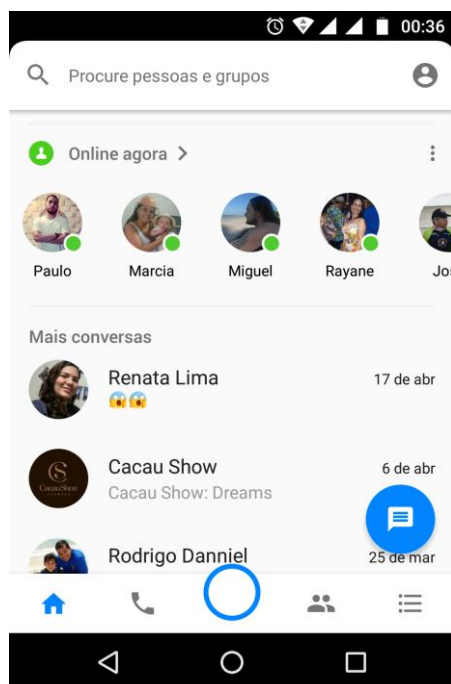
Fonte: WAZE

Com base nestas informações, o sistema auxilia o usuário na identificação de um caminho mais adequado para ele se deslocar de um ponto a outro contornando possíveis ocorrências.

Um exemplo que pode ser usado para representar a *percepção do contexto* é demonstrado na Figura 3. Ao acessar o aplicativo de bate-papo do *facebook*, conhecido como *Messenger*⁵, podemos identificar de forma visual o contexto associado a alguns contatos da lista de contatos (se estão *online*, *off-line* ou ausente) e as últimas interações realizadas (conversas recentes) com seus contatos.

⁵ Disponível em <http://www.messenger.com>

Figura 3 – Exemplo de um serviço de percepção



Fonte: Messenger

De acordo com Xu *et al.* (2012), os avanços sucessivos nas tecnologias de detecção por meio de sensores estão popularizando cada vez mais as aplicações sensíveis ao contexto. Exemplos típicos podem ser encontrados em ambientes móveis (Android e iOS), nos quais aplicações podem ser personalizadas a partir de informações capturadas dos diversos sensores embutidos nos aparelhos (GPS, acelerômetro, sensor de proximidade, etc.). Os autores citam dois exemplos de aplicativo (*Locale*⁶ e o *Tasker*⁷, ambos para Android) que conseguem adaptar seus modos de trabalho ou perfis em tempo de execução em resposta a seus contextos. O *Locale*, por exemplo, é capaz de colocar o aparelho no modo silencioso quando seu usuário está em uma reunião.

Neste estudo, entende-se como uma aplicação sensível ao contexto aquela que faz uso do contexto para prover formas de interações mais agradáveis, além de serviços e informações relevantes para o utilizador.

2.3 Sistemas de Recomendação

⁶ Disponível em <http://www.twofortyfouram.com>

⁷ Disponível em <http://tasker.dinglish.net>

O volume de informações disponíveis, principalmente na internet, tem resultado em uma sobrecarga de informação que dificulta o acesso oportuno aos itens⁸ de interesse do usuário, principalmente nos cenários em que seu conhecimento sobre o assunto é limitado (TITO, 2013; ISINKAYE, FOLAJIMI, OJOKOH, 2015).

Considerando esses entraves, Mishra, Kumar e Bhasker (2015) destacam que propor a informação certa para a pessoa certa não é uma tarefa trivial, o que amplia cada vez mais a complexidade do processo de decisão. Para minimizar este tipo de dificuldade, muitos indivíduos geralmente recorrem a recomendações passadas de forma mais direta, sendo os Sistemas de Recomendação soluções inteligentes que abordam esta questão (TITO, 2013).

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 durante uma interação. 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; COSTA *et al.*, 2016).

Na visão de Mishra, Kumar e Bhasker (2015), SR são um modelo de sistema de apoio à decisão projetado para descobrir e estudar as preferências do usuário, com o intuito de antecipar as suas necessidades. Para Almeida *et al.* (2015), SR são grandes agentes de personalização em sistemas computacionais.

Aptos a detectar preferências de cada usuário, de acordo com a análise da sua forma de utilização e outros entendimentos, eles têm prendido a atenção de profissionais e acadêmicos diante de sua particular relevância em ambientes sociais, nos quais os usuários compartilham acesso a um conjunto comum de recursos (ALMEIDA *et al.*, 2015).

Um exemplo de sistema de recomendação citado por Alvarez *et al.* (2017) é o portal amazon.com⁹. De acordo com os autores, este portal armazena um grande volume de dados de seus usuários como: itens que visualizaram, produtos que compraram, pesquisas que realizaram, bem como avaliações de produtos feitas por

⁸ “Item” – É um termo utilizado para caracterizar o objeto que o sistema recomenda ao usuário (LIMA *et al.*, 2013).

⁹ Disponível em <http://www.amazon.com>

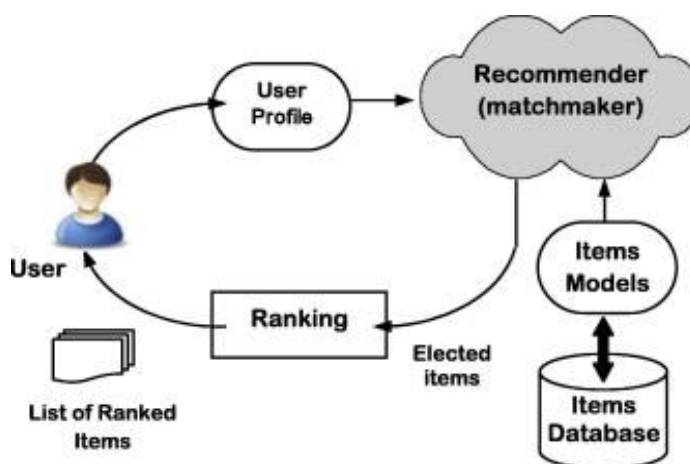
outras pessoas e o tipo de produto que buscam (e.g. sapatos). A partir da combinação dessas informações o sistema identifica padrões de associação entre o perfil do usuário e o tipo de produto que ele poderia ter interesse. Isso permite dar uma atenção mais personalizada e oferecer recomendações de itens que, potencialmente, ele poderia estar interessado.

2.3.1 Técnicas de Filtragem de Informações

A aplicação de técnicas de filtragens eficazes e precisas é fundamental para os sistemas que almejam proporcionar recomendações relevantes para seus usuários. Isto esclarece a importância de compreender bem as características de diversas técnicas de recomendação e suas potencialidades (ISINKAYE, FOLAJIMI, OJOKOH, 2015). Rudel *et al.* (2015) relatam que um grande número de autores consideram três abordagens básicas de filtragens de conteúdo para os SRs, são elas: baseada em conteúdo, colaborativa e híbrida.

Na abordagem Baseada em Conteúdo, os SRs inspecionam um conjunto de atributos dos itens que o indivíduo se interessou e avaliou no passado e constrói a partir destas avaliações um perfil de suas preferências. A Figura 4 mostra o fluxo de execução da técnica de filtragem baseada em conteúdo.

Figura 4 – Fluxo de execução da Filtragem Baseada em Conteúdo para sistema de recomendação



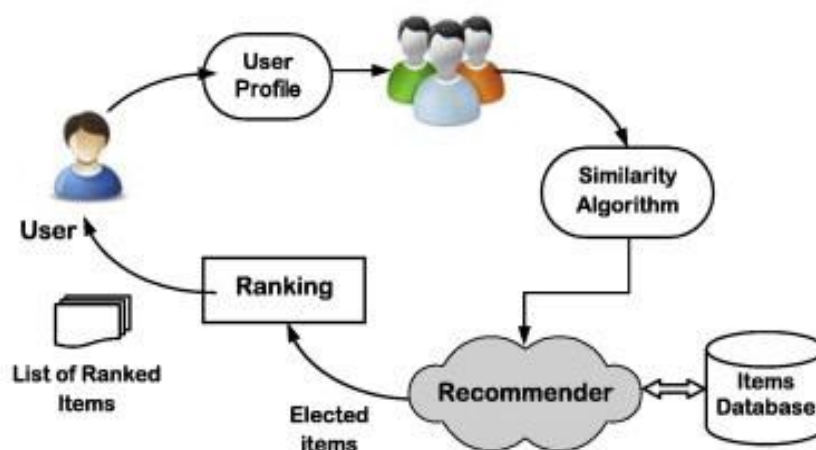
Fonte: Saleh, El Desouky e Ali (2015)

O fluxo ilustrado na Figura 4 consiste em combinar o perfil do usuário com as características dos itens para recomendar novos itens possivelmente relevantes.

A filtragem baseada em conteúdo pode ser utilizada pelos SRs para recomendar documentos, páginas da web, publicações ou notícias. Apesar de sugerir novos itens, mesmo sem avaliações fornecidas pelos usuários, esta técnica de filtragem possui uma limitação: ela depende exclusivamente dos metadados dos itens. Ou seja, requer uma descrição bastante completa destes e um perfil de usuário bem organizado antes da recomendação ser realizada (ISINKAYE, FOLAJIMI, OJOKOH, 2015; SALEH, EL DESOUKY, ALI 2015).

A técnica de filtragem colaborativa explora as opiniões de usuários com perfis semelhantes para tentar prever o interesse do usuário alvo. A semelhança entre eles é calculada com base na similaridade do histórico de avaliações/classificações, utilizando o seguinte critério: se dois usuários u_1 e u_2 tiverem interesses similares, refletidos em avaliações similares com relação a n itens, é provável que estes usuários irão demonstrar semelhanças de interesses da mesma forma com relação a outros itens (RICCI, ROKACH, SHAPIRA, 2011). A Figura 5 mostra o fluxo de execução da Filtragem Colaborativa.

Figura 5 – Fluxo de execução da filtragem colaborativa para sistemas de recomendação



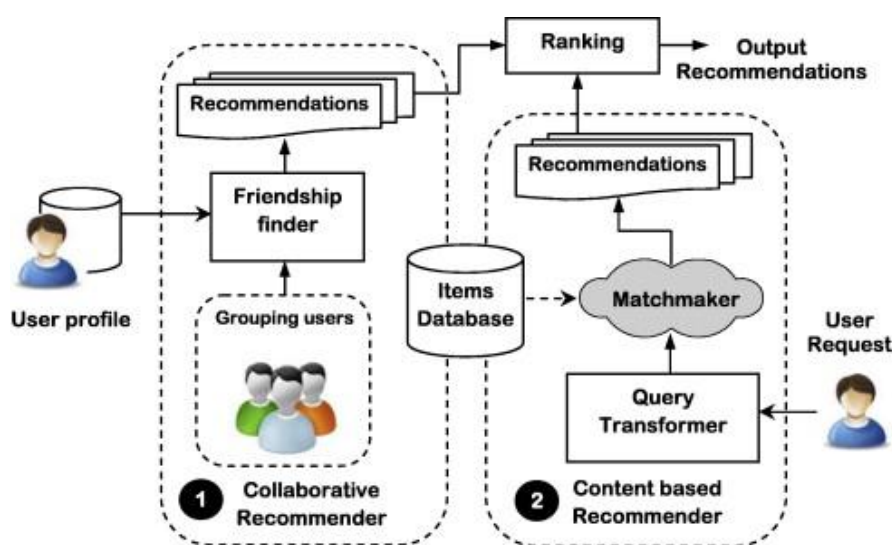
Fonte: Saleh, El Desouky e Ali (2015)

Esta abordagem sugere itens que receberam boas avaliações de pessoas que possuem perfis similares aos do usuário alvo, como mostra a Figura 5. A filtragem colaborativa possui algumas vantagens em relação à abordagem baseada

em conteúdo. Ela é capaz de funcionar em domínios onde não há muito conteúdo associado aos itens e onde o conteúdo é difícil de analisar (como opiniões e ideais). Além disso, seu uso possibilita a recomendação de itens que são relevantes para o usuário alvo, mesmo sem o conteúdo estar diretamente relacionado ao seu perfil (ISINKAYE, FOLAJIMI, OJOKOH, 2015; SALEH, EL DESOUKY, ALI, 2015).

Já a abordagem Híbrida, como o próprio nome sugere, é uma combinação de duas ou mais técnicas utilizadas simultaneamente. Saleh, El Desouky e Ali (2015) destacam que muitos pesquisadores têm estudado diferentes tecnologias de recomendação e boa parte deles acredita que nenhuma abordagem funciona adequadamente para todas as situações. É neste aspecto que o modelo híbrido surge como uma tentativa de usar os pontos fortes de uma técnica para compensar as limitações de outra. A Figura 6 ilustra a combinação da técnica de filtragem colaborativa com a baseada em conteúdo.

Figura 6 – Fluxo de execução da filtragem híbrida de conteúdo para sistema de recomendação



Fonte: Saleh, El Desouky e Ali (2015)

O fluxo de recomendação ilustrado na Figura 6(1) é realizado com base nos interesses de outros perfis semelhantes ao do usuário em questão. Isso possibilita recomendar itens potencialmente relevantes para o usuário alvo, mesmo sem o item possuir características relacionadas aos seus interesses. Para potencializar a recomendação, também são sugeridas opções de itens com características (registradas no banco de dados) que combinam com o seu perfil (definido

previamente a partir de itens que ele se interessou no passado), como mostra a Figura 6(2).

2.3.2 Sistemas de Recomendação Sensível ao Contexto

Com o propósito de fornecer recomendações ainda mais inteligentes, muitos estudos têm incorporado o uso de informações contextuais no processo de recomendação tradicional.

Adomavicius, Huang e Tuzhilin (2008) definem os sistemas de recomendação baseados em contexto como sendo soluções que consideram tanto as informações sobre o contexto em que as recomendações ocorrem, quanto as que os sistemas de recomendação tradicionais lidam: os itens a serem recomendados e os usuários que solicitam as recomendações.

Segundo Yujie e Licai (2010), a informação contextual pode desempenhar um papel crucial nos sistemas de recomendação, uma vez que diferentes usuários em diferentes contextos (localização, condições climáticas, atividades, etc.) podem ter preferências e necessidades distintas.

Moraes (2015) apresenta em seu estudo o *Affinity*, um sistema para a recomendação de pessoas (monitores e tutores) que observa o contexto e os fatores da personalidade/temperamento dos alunos, a fim de melhorar o processo da aprendizagem colaborativa na educação à distância. De acordo com o autor, o sistema permite que professores escolham e definam as características de cada monitor no sistema, bem como a identificação de cada aluno que resultará na criação de seu perfil. A ordem das recomendações geradas pelo sistema ocorre com base no grau de importância dos elementos contextuais definidos pelo usuário e na afinidade entre os perfis dos tutores e do aluno que está solicitando a ajuda.

Jakkhupan, Rattanothai e Kaewonjing (2015) destacam que sistemas de recomendação sensível ao contexto têm sido amplamente utilizados com o intuito de personalizar o acesso à informação, especialmente quando há grandes volumes de dados. Para entender um pouco mais sobre estes modelos de SR, estes autores destacam o *Foursquare*¹⁰, um conhecido aplicativo de recomendação para

¹⁰ Disponível em <http://www.foursquare.com>

smartphones, que sugere os locais mais populares a partir da localização atual do usuário.

2.4 Crowdsourcing e Crowdsensing

Crowdsourcing é um modelo de negócio emergente de resolução de problemas, no qual tarefas são realizadas com a participação voluntária de um grande número de pessoas, sendo caracterizado como serviço/sistema *crowdsourcing* aquele que se adapta a este padrão. Soluções como WAZE, *Foursquare* e *YouTube*¹¹ são exemplos deste modelo ou parte dele (QUIRINO *et al.*, 2016). Para Mahmud e Aris (2015) é um conceito que descreve o ato de terceirização de uma tarefa, que era tradicionalmente realizada por um conjunto seletivo (empregados ou contratados) e passa a ser realizada por um grupo considerável de voluntários.

Segundo Salim e Haque (2015), as pessoas contribuem para as atividades de *crowdsourcing* porque elas se beneficiam coletivamente das informações que estão sendo compartilhadas ou sabem que podem fazer algo quando elas atuam juntas.

Quirino *et al.* (2016) destacam que no âmbito de cidades inteligentes (*smart cities*), o conceito de *crowdsourcing* pode ser utilizado como ferramenta capaz de auxiliar na melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

Prandi, Salomoni e Mirri (2014) apresentam o *mPASS* (*mobile Pervasive Accessibility Social Sensing*), um sistema criado para coletar dados sobre acessibilidade urbana e fornecer roteiros personalizados a pessoas com necessidades específicas. Para atender às preferências de cada usuário, a personalização é feita com base no perfil.

O sistema utiliza dados produzidos por sensores e fornecidos através *crowdsourcing* por meio da participação voluntária dos próprios usuários. A solução combina seus próprios dados com os de outras fontes (e.g. *Foursquare*) para maximizar a densidade de informações e oferecer aos usuários um serviço eficaz.

Para garantir a qualidade e validade das informações, autoridades locais e organizações (e.g. organizações de direito de deficiência, associações de hotéis, etc.) realizam revisões e correções nos dados recolhidos. O conjunto de *aPOIs*

¹¹ Disponível em <http://www.youtube.com>

(pontos de interesse de acessibilidade) coletados pelo sistema pode ser usado para solicitar serviços personalizados de roteamento ou para ter um mapa personalizado das principais barreiras de acessibilidade e instalações em uma área específica da cidade.

Com os avanços na tecnologia móvel e a popularização dos dispositivos móveis, cada vez mais repletos de sensores (localização, movimentos, ambientais e etc.), os *smartphones* têm oferecido novas formas de capturar e compartilhar dados (*mobile crowdsensing*), tornando a contribuição mais fácil e onipresente. Como resultado, temos a produção diária de um grande volume de dados relacionados às atividades humanas e ao ambiente. Isso tem chamado a atenção de diversas empresas e organizações que têm tirado proveito deste conceito, mudando a forma de realizarem suas atividades (CHATZIMILIOUDIS *et al.*, 2012; SALIM e HAQUE, 2015; SAUERWEIN *et al.*, 2016).

Segundo Melo (2014), o sensoriamento com o auxílio dos dispositivos móveis tem contribuído para o surgimento de novas soluções voltadas para diversos domínios, tais como saúde, monitoramento ambiental, segurança, transporte e até redes sociais.

De acordo com Lane *et al.* (2010), a escala de participação no *mobile crowdsensing* é dividida em três níveis: *personal*, *group*, ou *community*. *Personal Sensing* é direcionada para o individual, como o rastreamento da saúde do usuário, o acompanhamento de metas fitness, entre outras atividades. *Group Sensing* é geralmente voltada para um grupo de amigos ou redes sociais para encontrar uns aos outros e compartilhar informações entre eles. *Community sensing* ocorre quando há um grande grupo de participantes fornecendo dados dos seus *smartphones* em prol de uma comunidade. No que diz respeito ao *Community sensing*, Ganti *et al.* (2011) destacam que há dois modelos distintos: O sensoriamento oportunista, no qual o envolvimento do usuário é mínimo (fornecimento da localização de forma automática por GPS) e o sensoriamento participativo, que requer a interação ativa do usuário enviando dados capturados pelos seus sensores em troca de serviços mais aprimorados.

2.5 Considerações Finais

Neste capítulo foi descrita uma visão geral sobre contexto computacional, computação sensível ao contexto, sistemas de recomendação e alguns conceitos relacionados à *crowdsourcing* que servirão como base para o entendimento desta pesquisa. No próximo capítulo serão mostrados alguns estudos correlatos e quais os métodos adotados para identificar e recomendar informações de rotas.

Capítulo

3

3. Sistemas de Recomendação e Exibição de Rotas

Neste capítulo serão analisadas algumas pesquisas que investigam formas de recomendar alternativas de trajetos aos usuários e que se correlacionam com a proposta aqui adotada. Serão apresentadas ainda suas principais diferenças, de acordo com alguns critérios estabelecidos e limitações.

3.1 Trabalhos Relacionados

É possível encontrar na literatura diversos trabalhos relacionados a sistemas de recomendação, no entanto, são poucos os que exploram recomendação de rotas, em especial para ciclistas. O objetivo desta seção é apresentar e analisar algumas pesquisas encontradas que investigam os sistemas de recomendação de trajetos aos usuários e que se correlacionam com a proposta aqui adotada, buscando assim contribuir com a literatura sobre o tema.

Para facilitar a análise entre a proposta desta pesquisa e os trabalhos correlatos, adotamos alguns critérios de comparação, são eles:

- **Utilização de informações contextuais:** O uso de dados contextuais pode ser aproveitado para melhorar a experiência do usuário de forma personalizada ou fornecer informações mais relevantes;
- **Preferências do usuário:** A disponibilização de informações customizadas e adaptadas ao interesse do usuário depende exclusivamente do fornecimento de suas preferências;
- **Utilização de informações históricas:** Dados históricos de utilização possibilitam a geração de informações consideráveis para sistemas de recomendação. Através destes, é possível descobrir padrões de utilização que podem ajudar no fornecimento de recomendações mais relevantes a partir das preferências do usuário;
- **Participação voluntária do usuário:** Observamos se é explorado o conceito *crowdsourcing*, no qual tarefas são realizadas com a participação voluntária de um grande número de pessoas e/ou usuários;
- **Domínio de utilização:** Neste critério analisamos para qual público-alvo a aplicação é direcionada.

A seguir, apresentamos e analisamos alguns estudos existentes na literatura, considerando tais critérios.

O trabalho de Vieira *et al.* (2012), denominado *Ubibus*, tem por objetivo reunir um conjunto de solução que possam ser utilizadas para melhorar o dia a dia das pessoas que utilizam o transporte público nas cidades brasileiras. Segundo os autores, a solução integra os conceitos de contexto computacional e computação

ubíqua para fornecer informações avançadas como, por exemplo, a recomendação de rota e de ônibus, conforme as necessidades do passageiro ou o tempo estimado de chegada de um ônibus com base na localização do usuário. Para isso, a aplicação considera elementos dinâmicos como a mobilidade de pessoas e veículos e a ocorrência de mudanças no trânsito que possam afetar a locomoção. A Figura 7 ilustra a arquitetura do *Ubibus*.

Figura 7 – Arquitetura do *Ubibus*



Fonte: Vieira *et al.* (2012)

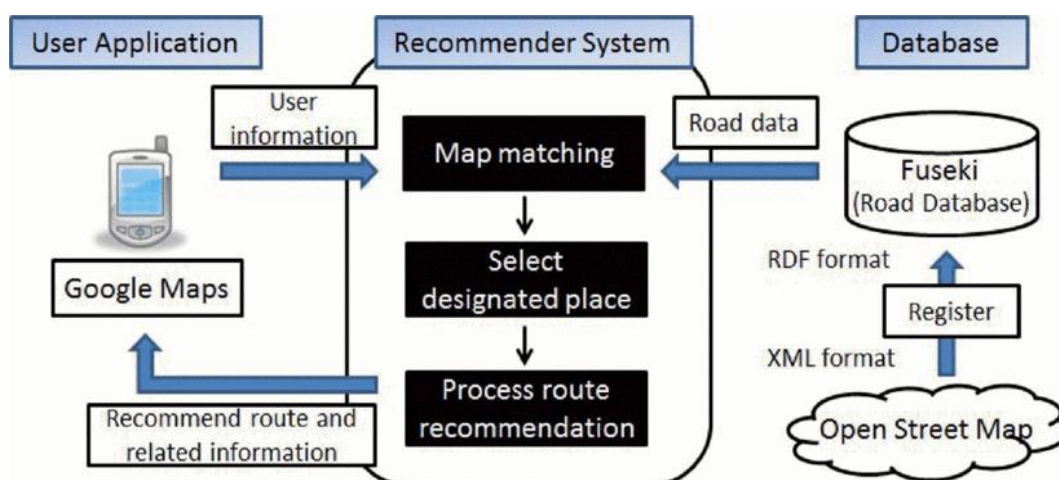
A Camada superior é representada por diversos tipos de aplicações que devem se ajustar a diferentes plataformas e dispositivos como: *web*, *desktop*, *smartphones* e *displays*. A parte intermediária é formada por um *Middleware* que facilita a comunicação e coordenação entre os componentes de softwares distribuídos. Trata de modo transparente o acesso aos dados, assim como sua atualização, aquisição e o tratamento de informações contextuais obtidas de diferentes fontes, além de outras funcionalidades. Já a Camada de Dados responde pelo gerenciamento de diversas informações como: localização, velocidade e rota do ônibus, localização dos pontos ônibus, informações sobre o trânsito, entre outras.

Apesar de reunir um conjunto de soluções para melhorar a mobilidade com a ajuda de informações contextuais (do trânsito e dos usuários), dados históricos de

viagens (*RecRoute*¹²) e a Interpretação de mensagens de trânsito extraída de rede sociais (*UbibusAnalysis*¹³), o *Ubibus* é voltado exclusivamente para o domínio de transporte público por ônibus.

Sasaki e Takama (2013) propõe um sistema de recomendação de rotas para caminhadas considerando três critérios: segurança, comodidade e viabilidade para caminhada, além das preferências e perfil do usuário. O estudo explora a combinação do Algoritmo A* com Algoritmo Genético para encontrar e recomendar sugestões de percursos, onde o algoritmo A* assegura o percurso mais ideal com base na distância entre os diversos pontos que formam um trajeto e o algoritmo genético obtém as demais alternativas considerando um intervalo de tempo razoável. Os resultados foram extraídos através de avaliações subjetivas e simulações, considerando usuários com diversos critérios e preferências, revelando um sistema capaz de recomendar rotas razoáveis. A Figura 8 detalha o projeto arquitetural do sistema de recomendação de rotas para caminhadas.

Figura 8 – Visão geral do sistema de recomendação de rotas para caminhadas



Fonte: Sasaki e Takama (2013)

Através da aplicação cliente (*User Application*), representada por um aplicativo para *smartphone*, o usuário informa suas preferências como, por exemplo, a localização atual, o número de calorias a ser perdida, se tem preferência por áreas

¹² RecRoute: Um sistema de recomendação de rotas de Ônibus baseado em informações contextuais dos usuários (TITO, 2013).

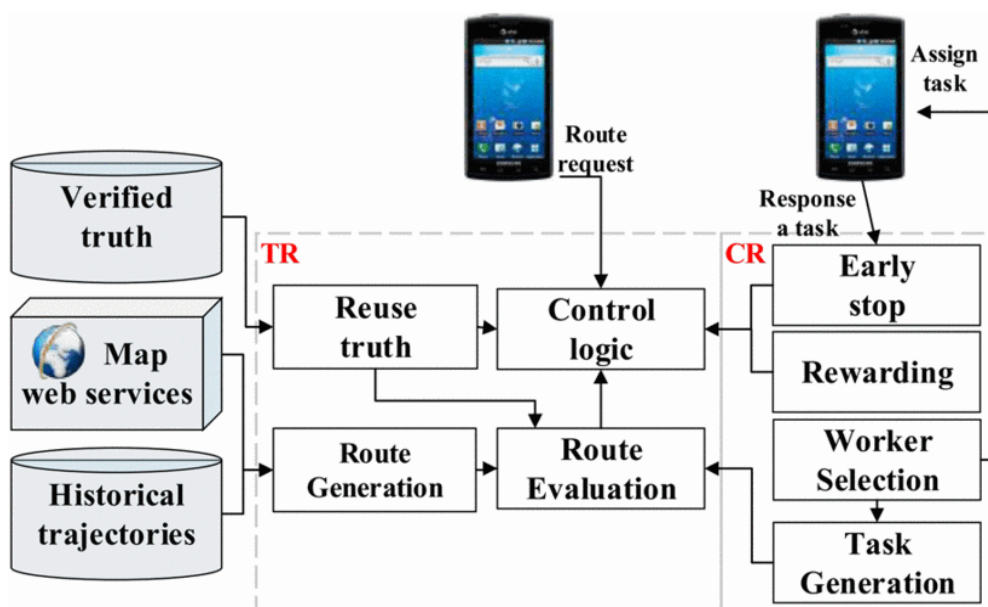
¹³ UbibusAnalysis – Uma ferramenta de interpretação de mensagens de trânsito com análise de sentimentos (LIMA, 2013).

verdes (parques) nas adjacências de um circuito, entre outras. Para encontrar um percurso que atenda a tais interesses, o módulo *Recommender System* procura no banco de dados pontos de visita ou áreas verdes que poderão fazer parte do roteiro. Com estas informações, o processo de recomendação identificará o melhor roteiro e encaminhará para a “aplicação cliente” exibi-lo sobre um mapa.

O sistema até considera as preferências do usuário na identificação de suas rotas, mas os acontecimentos do trânsito não são utilizados. Seria interessante explorar a participação voluntária na identificação e avaliação dos pontos de visita, permitindo que os próprios usuários ajudassem na obtenção destas informações.

SU *et al.* (2014) apresentam o *CrowdPlanner*, um sistema de recomendação de trajetos capaz de avaliar rotas candidatas, identificadas a partir de diferentes fontes e métodos, visando selecionar a melhor alternativa entre elas. Neste experimento, ao invés de propor novos algoritmos ou a otimização dos já existentes, é explorado o conceito de *crowdsourcing* utilizando explicitamente o conhecimento humano para resolver problemas complexos. A Figura 9 apresenta uma visão geral da estrutura do sistema *CrowdPlanner*.

Figura 9 – Rotas identificadas pelo sistema *CrowdPlanner* a partir de diferentes fontes



Fonte: SU *et al.* (2014)

Para identificar a melhor sugestão de trajeto o módulo TR – *Traditional Route* tenta avaliar a qualidade das rotas candidatas, obtidas a partir de diversas fontes

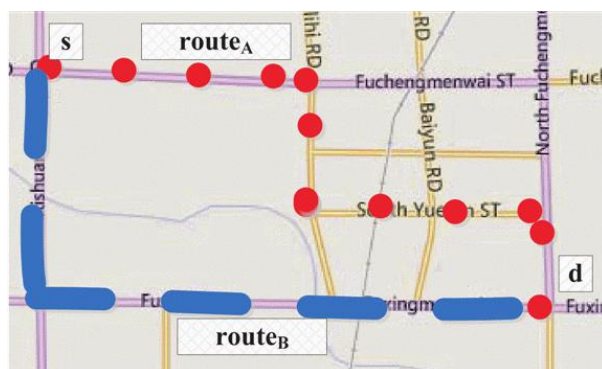
externas (por exemplo, serviços de mapas) ou através da mineração de dados históricos com a ajuda de vários algoritmos, sem envolvimento de esforço humano. Caso o módulo TR não consiga encontrar a melhor opção, o módulo CR – *Crowd-Based route* faz uso do conhecimento de voluntários (motoristas experientes) para auxiliar na escolha da melhor alternativa.

Testado em cenários reais os resultados demonstraram que o sistema é capaz de recomendar, a partir de conjuntos de rotas candidatas, percursos mais satisfatórios, com pelo menos 90% de chance, se comparado aos serviços de mapas mais conhecidos ou a algoritmos de mineração.

Apesar de contar com o conhecimento de voluntários ou com a ajuda de fontes históricas para identificar percursos melhores, informações relacionadas às condições do trânsito ou às preferências dos utilizadores são desprezadas pela aplicação.

Dai *et al.* (2015) investigam recomendações de rotas personalizadas para condutores de veículos, a partir de informações extraídas de um *Big Data*¹⁴ de trajetos. No estudo, são propostas técnicas para recomendar opções de trajetos considerando um número arbitrário das despesas de viagem do interesse de cada condutor. As trajetórias sugeridas são extraídas a partir de um grande volume de percursos já realizados, considerando simultaneamente preferências como: menor distância, percurso mais rápido, itinerários que gastem menos combustíveis e caminhos percorridos em horários semelhantes. A Figura 10 ilustra dois trajetos escolhidos por condutores com preferências distintas, partindo do ponto S para o ponto D.

Figura 10 – Rotas utilizadas por condutores com preferências distintas



Fonte: Dai *et al.* (2015)

¹⁴ *Big Data* – Termo que descreve o imenso volume de dados.

Ambos possuem comprimentos semelhantes, mas as despesas de viagem para sua realização são diferentes. A *rota A* pode ser realizada em um curto espaço de tempo, ou seja, o condutor que optou por este itinerário considera a economia de tempo na escolha de um percurso. Já a *rota B*, consome menos combustível e é escolhida por condutores que prezam por esta característica. De acordo com os autores, estudos empíricos com um grande volume de dados de trajetos reais sugerem que as propostas da pesquisa sejam eficazes e eficientes.

O estudo poderia explorar além das preferências dos usuários, informações relacionadas ao trânsito a partir de outras fontes e combiná-las com os dados do *big data* para fornecer opções bem mais precisas no momento da requisição. A participação dos usuários também poderia ser aproveitada para avaliar por meio de pontuação as opções de rotas fornecidas.

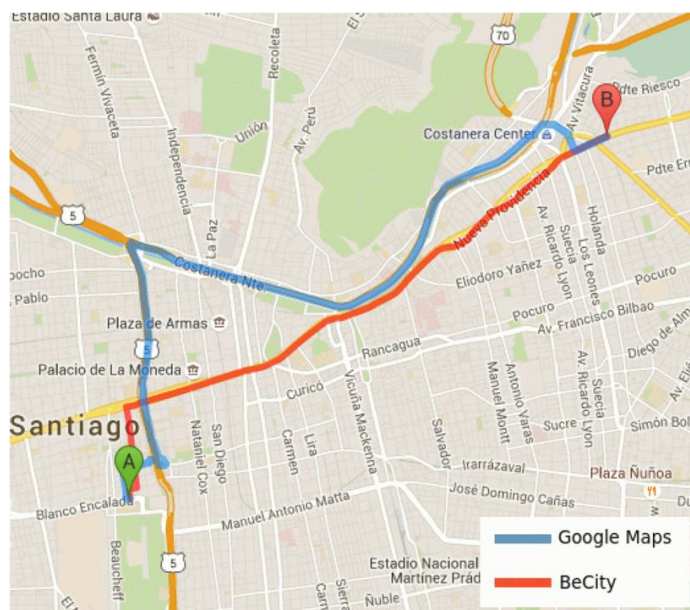
Torres *et al.* (2015) estudam um sistema de detecção participativa denominado *BeCity* que tira proveito do conhecimento coletivo de ciclistas para ajudar melhorar a qualidade do ciclismo na cidade, fornecendo informações refinadas (e atualizadas) não só para o usuário final mas também para associações de ciclismo e entidades da gestão municipal. Similar aos aplicativos de rastreamento de esportes como *Strava*¹⁵, *RunKeeper*¹⁶, *Endomondo*¹⁷, a solução obtém informações de viagens compartilhadas pelos próprios usuários ao redor da cidade para posterior análise. O estudo fez uso de algoritmos e técnicas de planejamento de rota já existentes (*Dijkstra*, *A**) que calculam o caminho mais curto (em metros) combinado com informações do trajeto frequentemente utilizado. Os resultados obtidos no estudo foram avaliados por ciclistas *testers*, através de uma inspeção visual *in loco* e constatou-se que o algoritmo de rota utilizado na pesquisa efetua sugestões melhores do que o *Google Maps* em Santiago, no Chile. A Figura 11 ilustra um exemplo comparativo da rota sugerida pelo aplicativo *BeCity* versus *Google Maps* em Santiago no Chile. Nota-se que o comprimento do trajeto sugerido pelo *BeCity* é visivelmente inferior ao sugerido pelo *Google Maps*.

¹⁵ Disponível em <http://www.strava.com>

¹⁶ Disponível em <http://www.runkeeper.com>

¹⁷ Disponível em <http://www.endomondo.com>

Figura 11 – Uma comparação de rota sugeridas pelo *Becity* vs *Google Maps* em Santiago no Chile



Fonte: Torres *et al.* (2015)

Apesar de se beneficiar da participação voluntária dos usuários compartilhando suas viagens e utilizar dados históricos, o *BeCity* não faz uso de informações contextuais relacionadas ao trânsito e também não explora as preferências do ciclista, o que poderia enriquecer ainda mais as informações fornecidas.

O trabalho de Galbrun, Pelechris e Terzi (2016), apresenta uma solução computacional que utiliza um conjunto de dados cívicos de atividades criminosas para auxiliar os moradores a locomoverem-se com segurança no ambiente urbano. Eles desenvolveram uma solução que permite estimar a probabilidade relativa de um crime em qualquer segmento de rua utilizando dados de criminalidade das cidades de Chicago e Filadélfia. Para isso, eles definiram duas variantes para o problema de “caminho seguro”, em que o objetivo é encontrar um caminho mais curto e de baixo risco, dada uma origem e destino. A aplicação apresenta um pequeno conjunto de rotas, como mostra a Figura 12, que oferecem vantagens e desvantagens entre distância e segurança. Percebe-se que quanto maior for o comprimento do trajeto, menor é o risco de ações criminosas. Segundo os autores, experiências demonstraram a eficácia de seus algoritmos e sua aplicação prática.

Figura 12 – Indicação de rotas considerando vantagens e desvantagens entre distância e segurança



	Path 1	Path 2	Path 3	Path 4	Path 5
Length ℓ (m)	3955	4027	4060	4922	5988
Risk r ($\times 10^{-3}$)	2.32	2.02	2.01	1.71	1.70

Fonte: Galbrun, Pelechrinis e Terzi (2016)

Apesar de ser direcionado para auxiliar o deslocamento em áreas urbanas, o estudo limita-se a usufruir apenas de dados históricos referentes à criminalidade, não utilizando outras informações como: as preferências do utilizador, dados relacionados à situação do trânsito, interdições de ruas, entre outras. Também poderia contar com a participação dos próprios usuários no fornecimento destas ocorrências de criminalidade.

Em síntese, o Quadro 1 apresenta um comparativo com as principais diferenças e similaridades entre os sistemas de recomendação de rotas apresentados.

Quadro 1 – Comparativo entre os trabalhos relacionados

Trabalhos relacionados	Informações Contextuais	Preferências do Usuário	Utilização de Informações Históricas	Participação voluntária de usuários	Domínio de utilização
Vieira <i>et al.</i> (2012)	Sim	Sim	Não	Sim	Ônibus

Sasaki e Takama (2013)	Não	Sim	Não	Não	Caminhada
SU <i>et al.</i> (2014)	Não	Não	Sim	Sim	Carro
Dai <i>et al.</i> (2015)	Sim	Sim	Sim	Não	Carro
Torres <i>et al.</i> (2015)	Não	Sim	Sim	Sim	Bicicleta
Galbrun, Pelechrinis e Terzi (2016)	Não	Não	Sim	Não	Diversos

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando o Quadro 1, percebe-se que pesquisas buscam identificar as melhores formas de recomendar e/ou exibir opções de deslocamentos para os mais variados domínios. No entanto, uma quantidade muito pequena é direcionada aos ciclistas. Algumas delas apresentam características semelhantes, como: ser direcionada ao transporte motorizado ou utilizar dados históricos no processo de identificação dos itinerários. Poucas se beneficiam de informações contextuais do usuário ou do trânsito (congestionamentos ou interdições de ruas). A participação voluntária também é pouco explorada, mesmo tendo ganhado bastante destaque nos últimos anos.

3.2 Considerações Finais

A seção anterior apresentou alguns trabalhos encontrados na literatura que investigam os sistemas de recomendação de trajetos e analisou de que forma esta pesquisa se posiciona neste universo, comprovando que os esforços direcionados aos ciclistas ainda são mínimos.

Desta forma, justifica-se a realização de estudos com o objetivo de propor ou adaptar abordagens dirigidas aos ciclistas que incorporem o uso de informações contextuais do usuário e do ambiente com o intuito de melhorar a relevância das recomendações e que favoreçam a participação voluntária dos próprios utilizadores, visando facilitar a mobilidade das pessoas e incentivar o uso da bicicleta como estratégia de locomoção.

Capítulo

4

4. Um Modelo Contextual de Recomendação de Rotas para Ciclistas

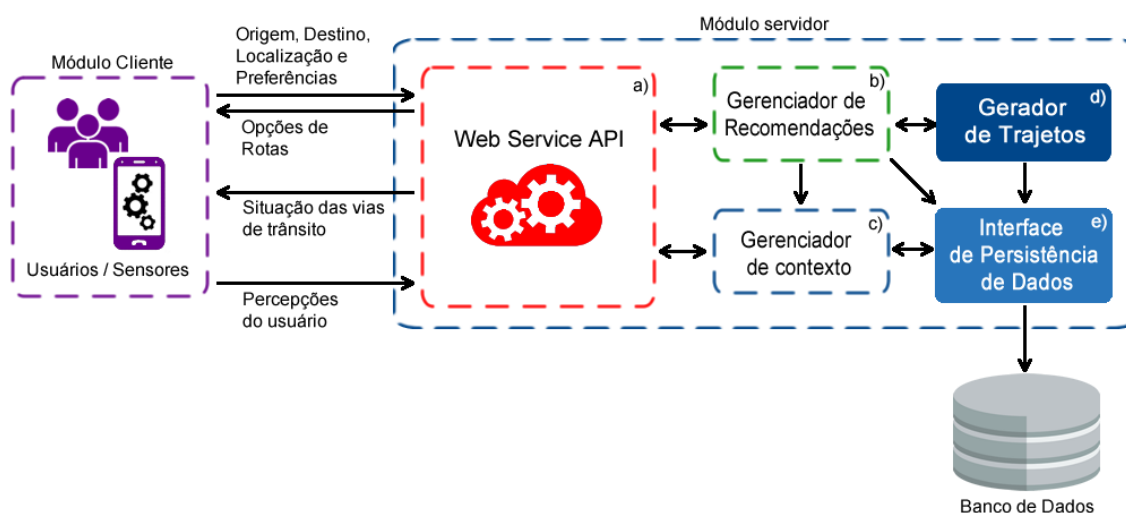
Este capítulo apresenta o modelo contextual de recomendação de rotas para ciclistas, no qual foi implementado o *DeBike*: Um aplicativo móvel que utiliza informações contextuais do ambiente e do usuário, além de suas preferências, com o intuito de auxiliar a escolha de um trajeto. O capítulo está dividido em seis subtópicos: Visão Geral, Detalhamento, Requisitos, Identificação das Informações Contextuais, Implementação e as Considerações Finais.

4.1 Visão Geral do Sistema

O sistema de recomendação apresentado neste estudo tem o intuito de colaborar com o cotidiano daqueles que utilizam a bicicleta como uma opção de locomoção. Baseado em informações contextuais do tráfego urbano e nas preferências do ciclista, a aplicação auxilia na escolha de um percurso, sugerindo opções de deslocamentos mais adequados às suas necessidades.

Sua arquitetura é formada por dois módulos: Módulo Cliente e Módulo Servidor como ilustrado na Figura 13.

Figura 13 – Arquitetura do sistema



Fonte: Elaborado pelo autor

O módulo cliente, representado por uma aplicação para *smartphones*, é o principal meio de interação com o usuário e é a 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* – responsável por coordenar o acesso às funcionalidades do módulo servidor; b) *Gerenciador de recomendações* – cuja função principal é preparar os dados fornecidos 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 de deslocamento; c) *Gerenciador de Contexto* – seu papel é processar as informações enviadas pelos próprios utilizadores sobre os acontecimentos percebidos e verificar a situação do trânsito em um dado momento; d) *Gerador de Trajetos* – com a atribuição 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 a aplicação e o banco de dados. O papel exercido por cada elemento desta aplicação será descrito em detalhes na próxima seção.

4.2 Detalhamento da Arquitetura

Nesta seção são especificadas as atividades desempenhadas por cada elemento que compõe a estrutura do sistema e suas relações com os demais componentes do sistema.

Módulo Cliente

É o principal componente de interação com o usuário, representado por um aplicativo para *smartphones*. Através dele é possível informar textualmente os endereços de origem e destino ou utilizar a localização com o auxílio do sensor GPS do próprio dispositivo para encontrar opções de trajetos. Ele também possibilita a participação colaborativa dos próprios utilizadores, tornando-os “sensores humanos” capazes de captar acontecimentos sobre o ambiente em que estão inseridos e informá-los ao sistema. Outra funcionalidade é a exibição de acontecimentos relatados pelos próprios usuários através de marcadores sobre um mapa.

API de Serviços Web

É uma interface pública da aplicação encarregada de coordenar o acesso às funcionalidades do módulo servidor por meio de requisições e respostas definidas pelo protocolo HTTP¹⁸ e também pelo acionamento de outros componentes existentes no módulo para atender uma determinada requisição como, por exemplo, a solicitação de uma opção de trajeto.

Gerenciador de Recomendações

¹⁸ HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) é o protocolo base de comunicação da *World Wide Web*.

Sua principal atribuição é o processamento dos dados enviados pelo *aplicativo* transformando-os em informações relevantes para serem utilizadas, como, por exemplo, a identificação dos segmentos de ruas (armazenados no banco de dados como dados geográficos) em que estão localizados os pontos de origem e destino. Também pode ser considerada uma funcionalidade a obtenção das ocorrências existentes nas vias de trânsito, por meio do *Gerenciador de Contexto*.

Gerenciador de Contexto

É o responsável pelo gerenciamento das informações contextuais utilizadas no sistema. É através deste componente que são processadas e armazenadas as informações sobre as condições das vias de trânsito, captadas e fornecidas por quem utiliza o sistema. Outra funcionalidade é o fornecimento destas informações tanto para exibição no aplicativo como para identificação de trajetos por meio do *Gerenciador de Recomendações*.

Gerador de Trajetos

O papel deste componente é identificar opções de itinerários a partir dos dados geográficos armazenados, considerando os pontos de origem e destino e as preferências fornecidas pelo usuário. Elementos contextuais sobre a situação atual das vias, tais como: trechos em obras, congestionamentos, ocorrências de trânsito, riscos de assalto e outros, também são empregados na identificação dos percursos.

Interface de persistência de dados

Sua principal responsabilidade é abstrair os detalhes de comunicação entre a aplicação e o banco de dados. É por meio deste componente que os dados persistidos no banco de dados são acessados por outros elementos do sistema.

4.3 Especificação dos Requisitos

De acordo com Paula (2003), o processo de desenvolvimento de software é caracterizado por um conjunto de ações parcialmente organizadas, compostas por

atividades, métodos, práticas e transformações, utilizadas com o intuito de alcançar um objetivo. Nesse contexto, pode-se afirmar que a construção de qualquer *software* fundamenta-se no levantamento e análise das necessidades (requisitos), ou seja, é preciso saber o que deverá ser produzido, para quê e para quem (FARIAS, 2010). Além disso, Silva (2016) destaca que avaliar soluções similares ajuda a comparar o diferencial e a qualidade do que esteja sendo desenvolvido.

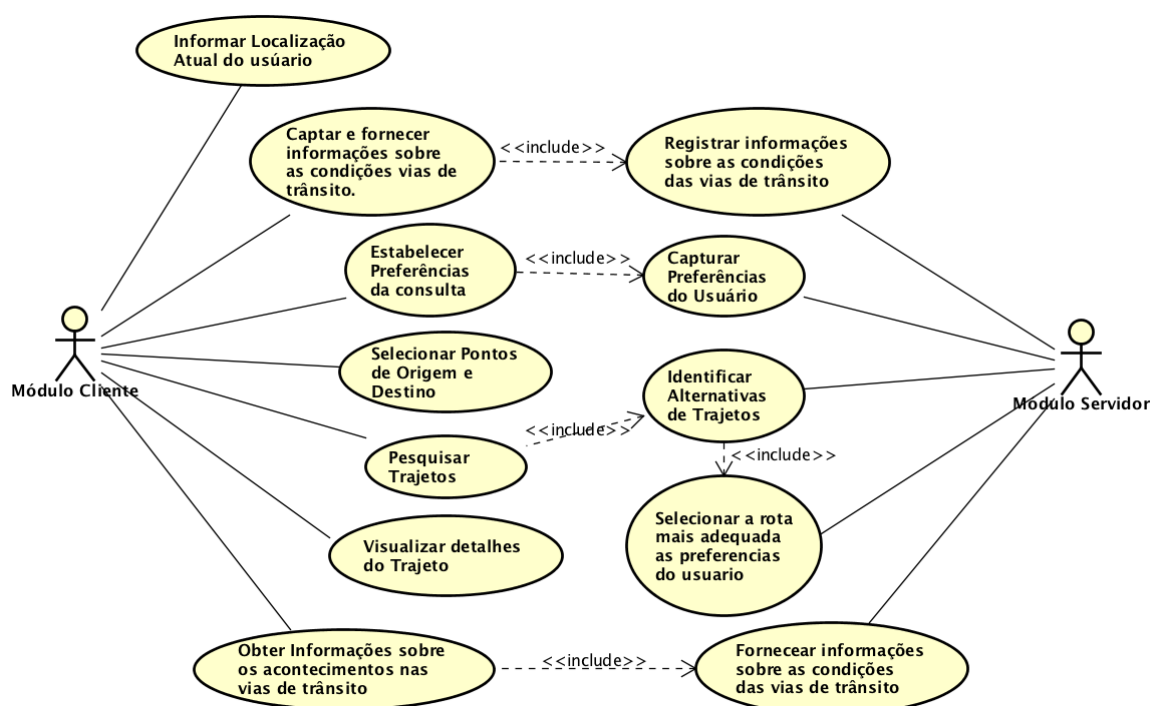
Considerando esses parâmetros, os requisitos definidos para este estudo foram extraídos a partir de características de trabalhos similares que pudessem ser aplicadas nesta proposta. Eles serão detalhados logo após, com o intuito de deixar claro cada um:

- I. **Visualizar as condições das vias de trânsito através de um mapa:** permitir que usuários saibam qual a situação das vias e quais acontecimentos têm sido relatados nas proximidades, a partir de sua localização;
- II. **Possibilitar a participação voluntária:** disponibilizar recurso que permita aos próprios usuários relatar acontecimentos identificados nas vias de trânsito;
- III. **Obter informações geográficas:** fornecer mecanismo que possibilite a captura de informações sobre a localização atual e os endereços de origem e destino, necessários para a identificação das opções de rotas;
- IV. **Capturar as preferências do usuário:** prover mecanismo capaz de capturar as preferências do usuário, enriquecê-las e utilizá-las na consulta;
- V. **Identificar opções de trajetos:** identificar, a partir dos dados geográficos contidos no banco de dados, alternativas de trajetos entre o endereço de origem e destino, considerando as condições das vias de trânsito e as preferências do usuário;
- VI. **Encontrar opções de trajetos com custo mínimo entre a origem e o destino:** utilizar técnicas e algoritmos já existentes para o problema de caminho mínimo (PCM);

- VII. **Visualizar as opções de trajetos a partir de um mapa:** as opções de rotas, dada uma origem e destino, deverão ser projetadas sobre um mapa através de um aplicativo na plataforma Android;
- VIII. **Possuir interface amigável e de fácil manuseio:** utilizar interfaces limpas, intuitivas e que respeitem os padrões estabelecidos pelos fabricantes da plataforma operacional, mantendo assim o padrão da experiência do usuário na plataforma em questão;
- IX. **Armazenar as opções de rotas encontradas:** para estudos futuros.

Após o levantamento das necessidades e a definição dos requisitos para este estudo, foi possível identificar alguns casos de uso como mostra a Figura 14. Nela é possível percebermos como cada módulo da aplicação interage.

Figura 14 – Casos de uso identificados para o sistema



Fonte: Elaborado pelo autor

4.4 Modelagem das Informações Contextuais

Para fornecer alternativas de trajetos mais apropriados às necessidades dos ciclistas, esta aplicação faz uso de informações contextuais dinâmicas, estáticas e inferidas. A partir da combinação destas informações, é possível sugerir ao usuário possibilidades de rotas mais apropriadas às suas necessidades, considerando que as vias de trânsito possuem características dinâmicas em que, a qualquer instante, eventualidades podem modificar o seu status. Sendo assim, esta seção explica como foram identificados os requisitos de contexto.

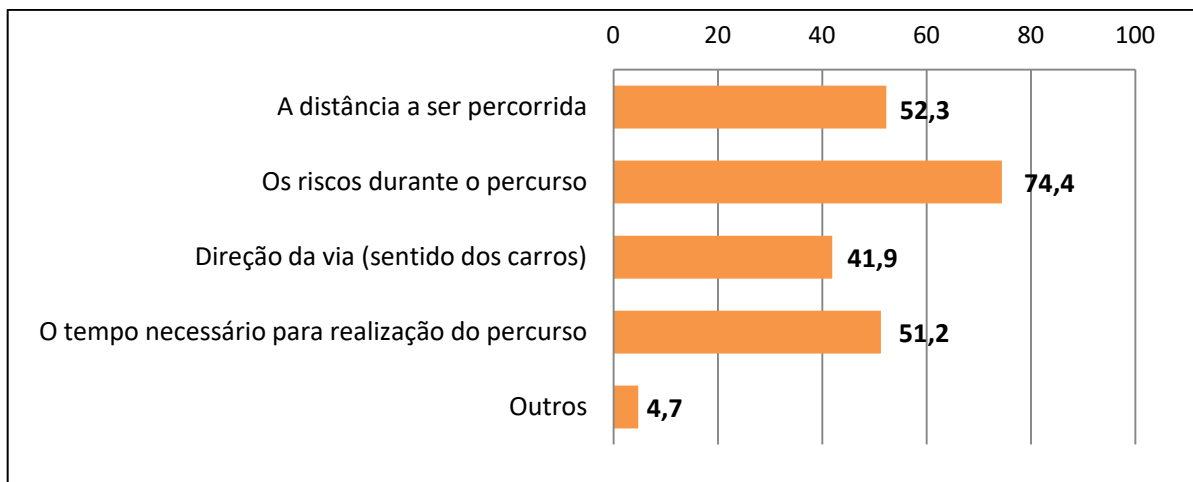
Inicialmente foi feito um levantamento de algumas informações contextuais sobre preferências dos ciclistas que poderiam ser consideradas durante as buscas de trajetos, como: distância a ser percorrida, riscos durante o percurso, direção da via (sentido dos carros), tempo necessário para realização de um trajeto, alguns destes já identificados por meio de uma revisão bibliográfica no estudo proposto por Segadilha (2014). Além destas, foram sugeridos alguns eventos dinâmicos que poderiam ser evitados como: acidentes de trânsito, congestionamentos, manifestações e/ou protestos, alagamentos, trechos com relatos de assaltos, interditados, entre outros.

As informações inicialmente consideradas foram avaliadas através de um questionário (Apêndice 1) por 86 respondentes, entre eles, usuários do sistema de bicicletas públicas compartilhadas de Pernambuco – BikePE¹⁹ que realizam viagens diárias (retirada e devolução da bicicleta na estação) com durações superiores a 30 minutos entre estações distintas, além de outras pessoas da região metropolitana do Recife que utilizam a sua própria bicicleta como uma opção de locomoção.

O questionário examinou a importância de cada informação inicialmente apontada. Seus resultados ajudaram a compreender os perfis destes utilizadores e a descobrir novas preferências sugeridas pelos respondentes.

Entre os resultados, algumas respostas foram hierarquizadas, sendo a mais recorrente os “riscos durante o percurso” na escolha de um trajeto (74,4%), a “distância a ser percorrida” (52,3%), “o tempo necessário para realização do trajeto” (51,2%), “a direção da via (sentido dos carros)” (41,9%) e menos de 5% “nenhuma das alternativas sugeridas” como mostra o Gráfico 1.

¹⁹ Disponível em <http://www.bikepe.com>

Gráfico 1 – Relevância das preferências dos ciclistas na escolha de um percurso

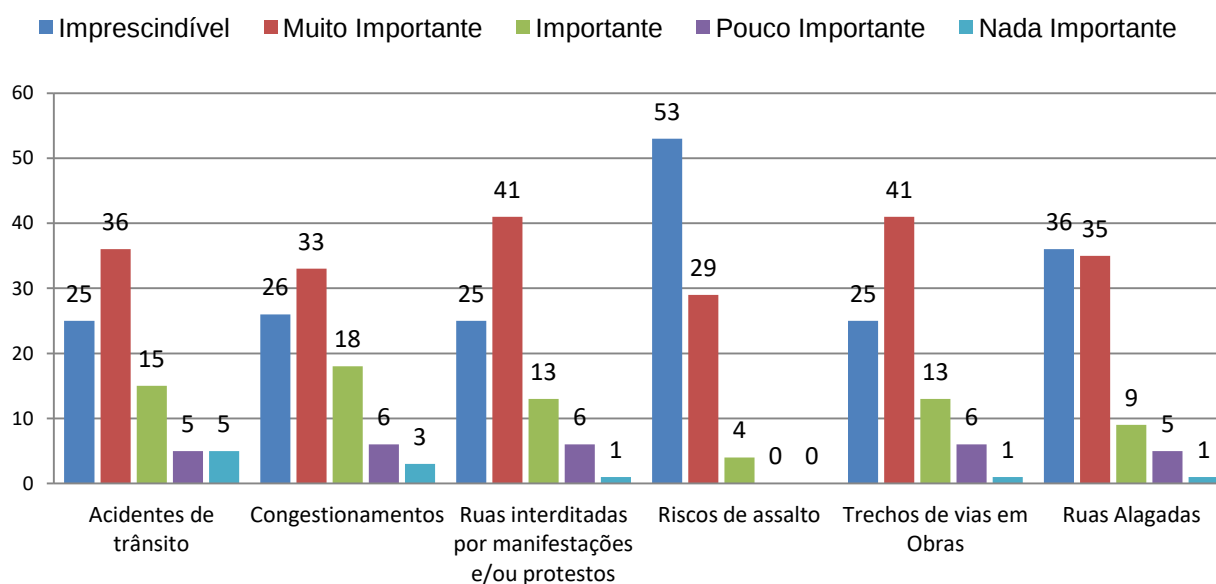
Fonte: Elaborado pelo autor

Este último percentual, apesar de ser pouco representativo, possibilitou a descoberta de outras preferências consideradas na escolha de um trajeto não identificadas no estudo proposto por Segadilha (2014), são elas: A intensidade do fluxo de ônibus no trecho e a existência de acostamento na via.

Apesar de apresentar uma relevância superior a 51%, “o tempo necessário para realização do trajeto” não foi aproveitado neste trabalho por alguns motivos: 1) Não foi encontrado na literatura, até a conclusão desta pesquisa, um estudo que estabeleça qual a velocidade média de um ciclista em áreas urbanas que pudesse ajudar na parametrização desta informação; 2) Dependendo do percurso, horário e das condições climáticas, a situação do trânsito afetaria diretamente no cálculo desta informação; 3) Segundo Casello *et al.* (2011) a preocupação com o tempo necessário para realização de um percurso varia conforme a experiência. Ciclistas mais experientes têm menor disposição para sacrificar seu tempo e procuram sempre minimizar o tempo gasto para concluir um roteiro; 4) Heinen *et al.* (2011) ressaltam que a importância do tempo de duração da viagem é comprometida em roteiros mais extensos, já que, quanto maior o percurso, menos será percebido o tempo gasto nele.

Já com relação aos eventos dinâmicos sugeridos, a relevância de cada um foi identificada com a ajuda da escala do tipo *Likert*²⁰ 5 pontos (1 – Nada importante, 2 – Pouco Importante, 3 – Importante, 4 – Muito Importante, 5 – Imprescindível). Os resultados revelam que a maioria dos entrevistados consideram tais acontecimentos como “Muito Importante” ou “Imprescindível”, conforme detalha o gráfico 2.

Gráfico 2 – Relevância dos eventos dinâmicos considerados na escolha de um trajeto



Fonte: Elaborado pelo autor

Além disso, percebeu-se que a frequência média no uso da bicicleta é de 3 a 4 vezes por semana, nos intervalos entre 5h - 8h e 17h - 20h, a grande maioria é do gênero masculino, normalmente sozinho, com propósitos de ir ou vir da escola, faculdade e/ou trabalho (44,2%).

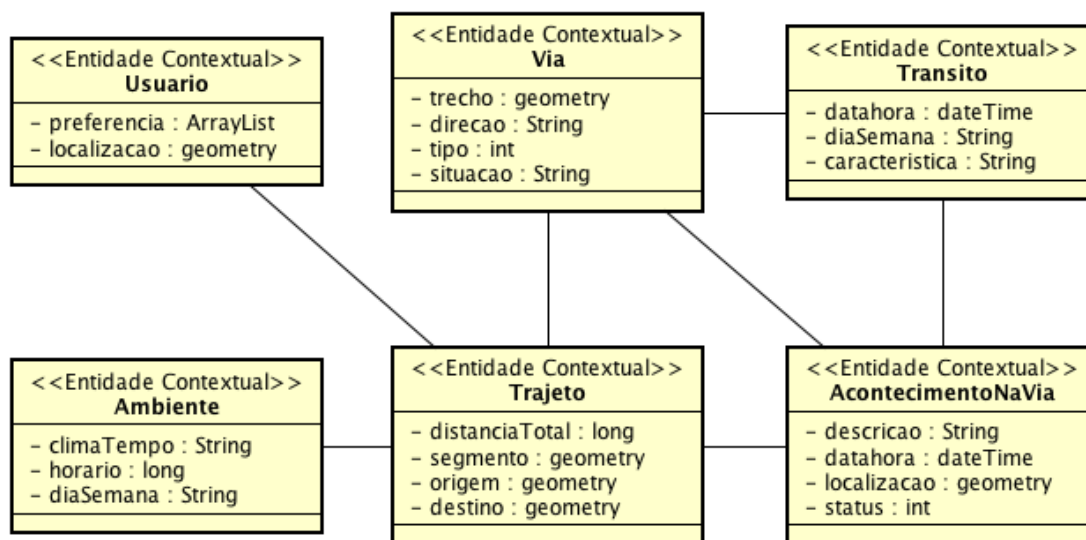
Mais da metade dos entrevistados (59,3%) justificou optar pela bicicleta para cuidar da saúde e, pouco mais de um terço (38,4%), para fugir das alternativas existentes (ônibus, metrô, carro ou moto).

Ao concluir a análise dos resultados, foi possível estabelecer as informações contextuais das preferências dos usuários e outras entidades relevantes para este

²⁰ De acordo com Vieira e Dalmoro (2008), a elaboração de escalas de mensuração está relacionada ao trabalho seminal de Rensis Likert em 1932, caracteriza-se pelos entrevistados precisarem selecionar apenas os pontos fixos estipulados na linha, em um formato de cinco grupos de resposta (pontos) que vão de "aprovo totalmente" a "desaprovo totalmente".

estudo. A Figura 15 exibe a modelagem de informações contextuais adotado nesta pesquisa, destacando as entidades contextuais e seus respectivos elementos contextuais.

Figura 15 – Modelagem das informações contextuais



Fonte: Elaborado pelo autor

- Usuário – Diz respeito ao usuário requisitante e suas preferências;
 - Localização: representa a localização geográfica do usuário que está requisitando uma opção de rotas;
 - Preferências: representa as preferências do usuário na identificação dos trajetos.
- Via – São dados relativos às vias de trânsito;
 - Trecho: revela os dados geográficos que compõe o trecho;
 - Direção: indica o sentido da via (sentido dos carros);
 - Tipo: representa o tipo de via (e.g. via local);
 - Situação: anotações relativas ao estado do trecho como, por exemplo, livre ou bloqueado.
- Trânsito – São informações relacionadas às condições do trânsito.
 - Dia da Semana: representa o dia da semana;
 - Data e Hora: indica a data e o horário;
 - Característica: este atributo informa a situação do trânsito como, por exemplo, livre, fluído, intenso, lento ou bloqueado.

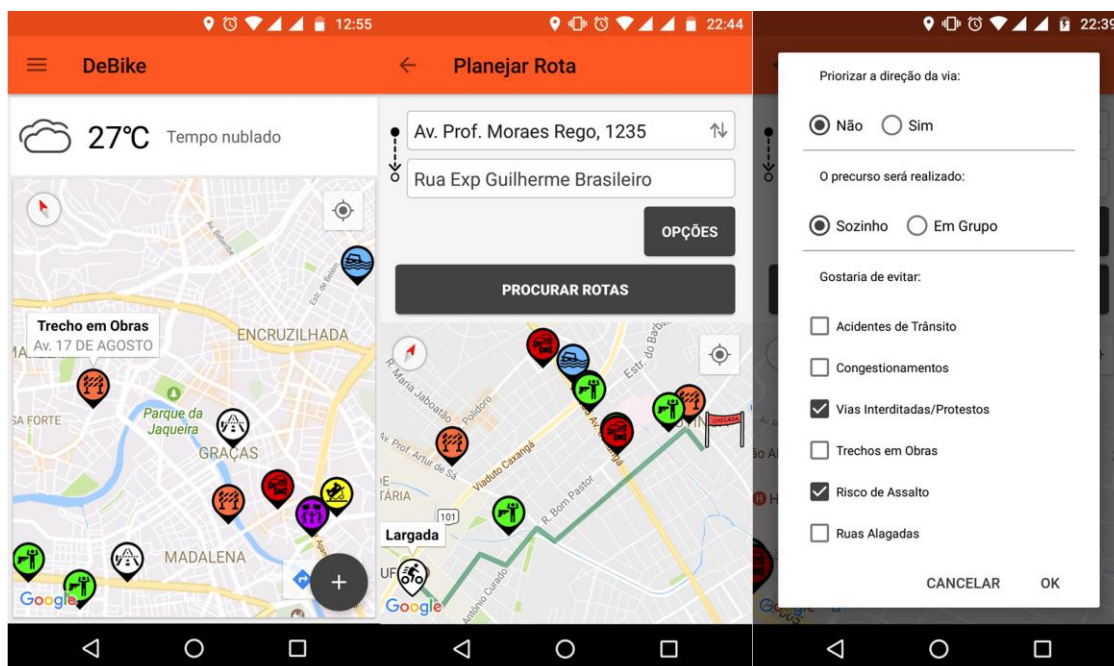
- Ambiente – Diz respeito ao ambiente em que o usuário se encontra;
 - Clima/Tempo: representa a condição climática no momento da recomendação;
 - Horário: indica o período do dia que está ocorrendo à requisição;
 - Dia da Semana: representa o dia da semana que está ocorrendo à requisição.
- Trajeto – Corresponde às informações contextuais do percurso.
 - Distância Total: revela distância a ser percorrida em metros;
 - Segmento: representa os dados geográficos do trecho a ser percorrido;
 - Origem: indica a localização geográfica inicial do trajeto;
 - Destino: informa a localização geográfica final do trajeto.
- Acontecimentos na via – Trata-se de eventualidades que podem influenciar no trânsito e/ou no trajeto.
 - Descrição: descreve o acontecimento ocorrido;
 - Data e Hora: indica a data e o horário do ocorrido;
 - Localização: representa a localização geográfica da eventualidade;
 - Status: situação do ocorrido para o sistema (1 - ativo, 0 - encerrado).

4.5 Tecnologias Utilizadas

Para avaliar a proposta sugerida neste estudo, foi desenvolvida uma aplicação intitulada *DeBike*. A implementação seguiu algumas abordagens descritas no estudo de Diniz, Silva e Gama (2015), em que propõem uma Arquitetura de Referência para Plataforma de *Crowdsensing* em *Smart Cities*.

O Módulo cliente foi construído na plataforma *Android* com o auxílio de algumas bibliotecas como: *Google Maps*, *Google Places*, *OkHttp* e outras. A Figura 16 exibe algumas interfaces desenvolvidas para o aplicativo.

Figura 16 – Exemplos da Interface do aplicativo *DeBike*



Fonte: Elaborado pelo autor

Já o módulo servidor, utilizou *ASP.NET Web API* e como banco de dados o *PostgreSQL*. A escolha de tais tecnologias para o desenvolvimento da solução se deu pela familiaridade do autor com elas.

A preferência pelo banco de dados *PostgreSQL* foi baseada em sua grande utilização em aplicações que exploram o uso de dados geográficos e por sua confiabilidade.

Além dessas tecnologias, foram utilizadas para a realização dos cálculos de trajetos informações geográficas da cidade do Recife, obtidas a partir do OSM – *OpenStreetMap*²¹. A extração destes dados foi feita com a ajuda da ferramenta *QGIS*²² e importados para o banco de dados com o auxílio do *osm2pgrouting*²³, uma ferramenta de linha de comando que torna mais fácil a importação de dados oriundos do *OpenStreetMap*.

A manipulação dos dados é feita pelo sistema com o auxílio de duas extensões, são elas: a) *PostGIS*²⁴ – que possibilita o uso e o armazenamento de

²¹ Projeto colaborativo que mantém dados sobre ruas, estradas, edificações e muitas outras informações visíveis em mapas. Disponível em: <http://www.openstreetmap.org>

²² Disponível em <http://www.qgis.org>

²³ Disponível em <https://github.com/pgrouting/osm2pgrouting>

²⁴ Disponível em <http://postgis.net>

objetos GIS²⁵ em um banco de dados; b) *PgRouting*²⁶ – que provê funcionalidades de roteamento a partir de dados geográficos.

4.6 Implementação do Protótipo

A importação das informações geográficas referentes às ruas necessitou de alguns tratamentos, uma vez que os dados brutos do *OpenStreetMap* possuem diversas propriedades que não seriam necessárias neste estudo. Com a ajuda do *osm2pgrouting*, este tratamento foi acelerado, já que ele constrói e alimenta as tabelas que irão armazenar os dados e as relações necessárias entre elas. Outro benefício gerado pelo *osm2pgrouting* foi o preenchimento de algumas colunas da tabela de ruas (*ways*) com valores já calculados como, por exemplo, a coluna *length_m*, que armazena o comprimento em metros de cada trecho de rua. Isso facilitou a aplicação do algoritmo para encontrar as opções de rotas. A Figura 17 apresenta o *log* de execução do fluxo.

Figura 17 – Log de execução do *osm2pgrouting*

```
Opening data file: Recife.osm
  Parsing data

Splitting ways

Creating tables...
Creating 'ways_vertices_pgr': OK
  Adding Geometry: Creating 'ways': OK
  Adding Geometry: Creating 'relations_ways': OK
Creating 'osm_nodes': OK
  Adding Geometry: Creating 'osm_relations': OK
Creating 'osm_way_tags': OK
Creating 'osm_way_types': OK
Creating 'osm_way_classes': OK
Adding auxiliary tables to database...
  Processing 4 way types: Inserted 4 way types
  Processing way's classes: Inserted 36 way's classes
  Processing way's relations: Inserted: 22326way's relations
  Processing way's tags: Inserted 25324 way's tags
  Processing 23902 ways:
Vertices inserted 16848    Ways inserted: 23902
```

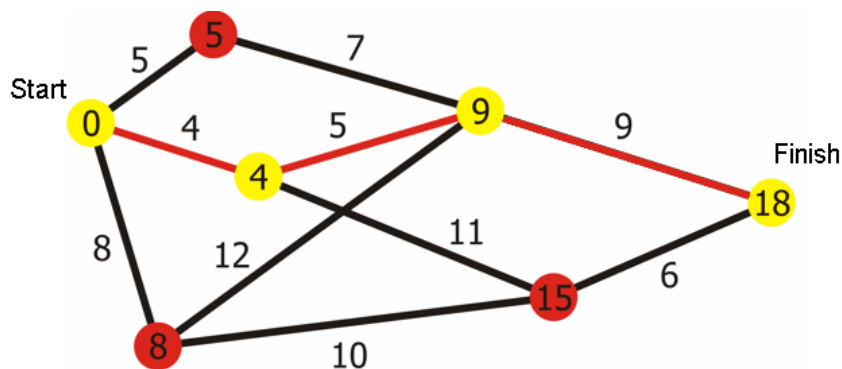
Fonte: Elaborado pelo autor

²⁵ GIS – Geographic Information System ou Sistema de Informação Geográfica.

²⁶ Disponível em <http://pgrouting.org>

Para auxiliar a identificação dos trajetos, foi adotado o uso de grafos (Figura 18), por ser uma abordagem muito utilizada quando se pretende determinar o caminho mais curto ou mais barato entre um ou vários pares de nós de uma rede.

Figura 18 – Exemplo de caminho mínimo identificado em um grafo



Fonte: Elaborado pelo autor

Jaques *et al.* (2012) relatam a existência de diversos algoritmos para o problema de roteamento em grafos, no entanto, segundo os autores, muitos se mostram ineficientes, pois: (i) não há a garantia que retornarão a melhor solução (percurso mais curto ou mais barato), (ii) não possuem um bom desempenho em situações que envolvem um grande número de nós, como é o caso do famoso algoritmo de *Dijkstra*.

Neste estudo, utilizou-se o A* como algoritmo para identificar as alternativas de trajetos a partir dos dados armazenados. Proposto por Hart, Nilsson e Raphael (1968), este algoritmo utiliza uma função heurística para determinar a ordem de visita dos vértices, verificando assim um número menor destes. Adotou-se a distância em metros entre os vértices como critério para identificar o menor percurso. Abaixo apresentamos a função utilizada pelo A*.

$$f(x) = G(x) + H(x)$$

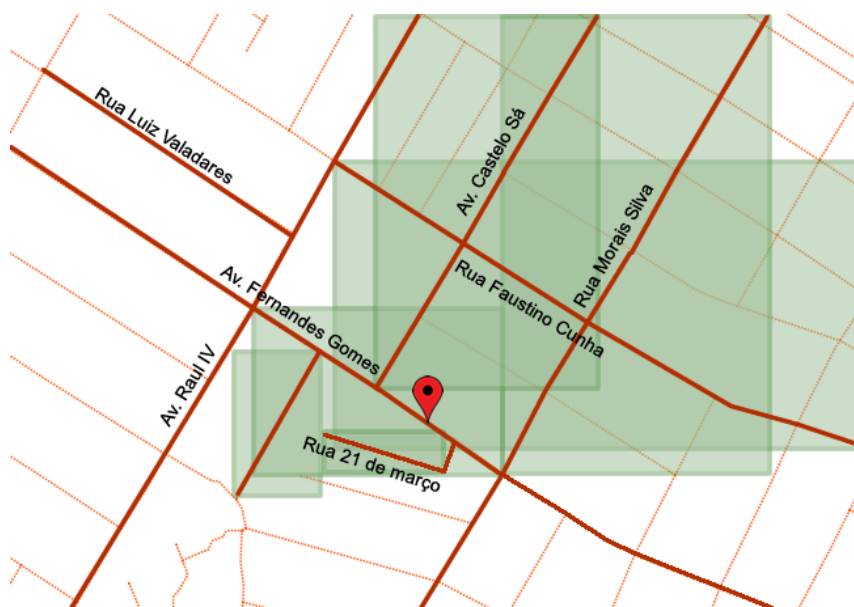
Onde, $G(x)$ representa a distância do vértice x até a origem e $H(x)$ estima a distância até o vértice final.

O fluxo realizado pelo sistema para encontrar uma opção de percurso ocorre da seguinte maneira: ao receber a requisição do aplicativo cliente no formato

*REST*²⁷ com os dados da origem e destino e as preferências do usuário, a *API de serviços Restful* verifica se os parâmetros enviados são válidos e em seguida aciona o *Gerenciador de Contexto*. O intuito é obter informações contextuais sobre as condições das vias de trânsito, necessárias para geração do percurso. Após a captura destas informações, a *API de serviços Restful* se comunica com o *Gerenciador de Recomendações* e lhe repassa os dados de origem, destino e as preferências do usuário para serem enriquecidos com maiores detalhes.

Aplicando o método de classificação *KNN* (*K – Nearest Neighbors*) ou "K vizinhos mais próximos", é possível encontrar nos dados armazenados, os segmentos das ruas mais próximas à localização fornecida e todos os seus detalhes como, por exemplo, o comprimento em metros, nome da rua, latitudes e longitudes, vértices, direção da via em cada segmento, entre outros. A Figura 19 ilustra o uso do classificador *KNN* na identificação dos segmentos das ruas mais próximas de uma determinada localização.

Figura 19 – Aplicando a técnica de classificação *KNN*



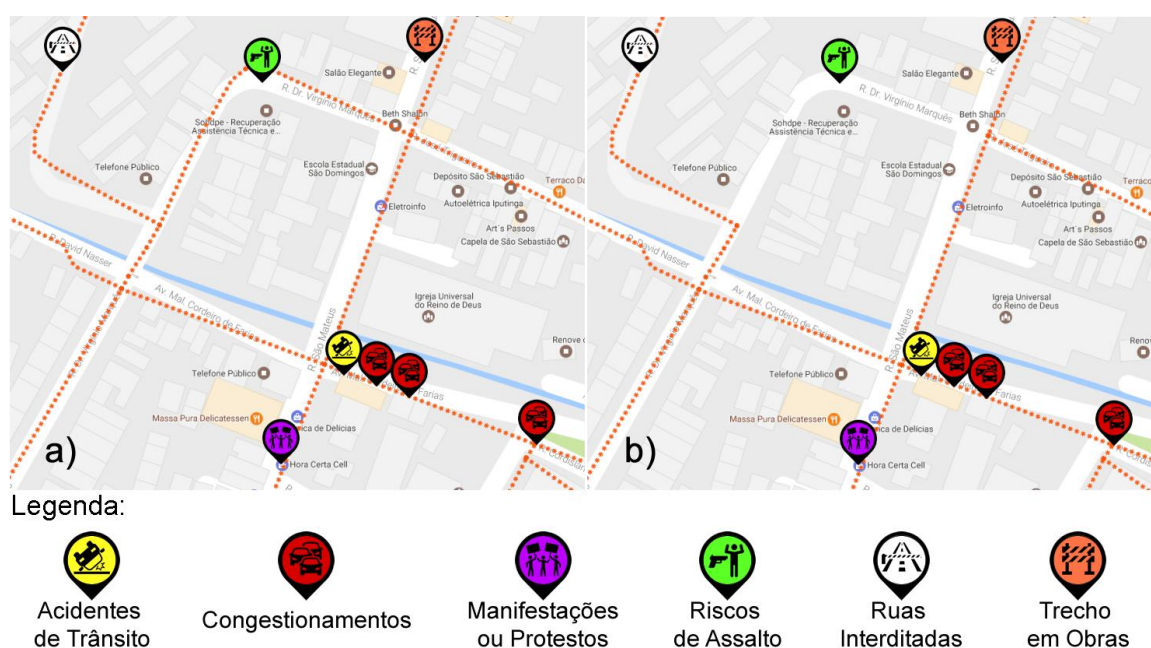
Fonte: Elaborado pelo autor

²⁷ *Representational State Transfer* – Trata-se de um padrão arquitetural que usa elementos Web para criar um sistema de hipermídia distribuído (FIELDING, 2000).

O próximo passo é o acionamento do *Gerador de trajeto* que irá fornecer a melhor opção de rota para os pontos de origem e destino já enriquecidos, considerando as preferências do usuário.

A identificação do itinerário ocorre através de um grafo $G(V, A)$, construído a partir dos dados das ruas (Figura 20 (a)) e em seguida, o algoritmo A^* é executado para encontrar a menor opção de deslocamento entre a origem e o destino. Em relação aos acontecimentos dinâmicos, antes de construir tal grafo, este componente remove aqueles segmentos que apresentam situações que o usuário deseja evitar como, por exemplo, riscos de assalto (Figura 20 (b)). Isto, além de atender às preferências do usuário, ajuda a melhorar o tempo de consulta, já que haverá uma diminuição do número de vértices a serem visitados.

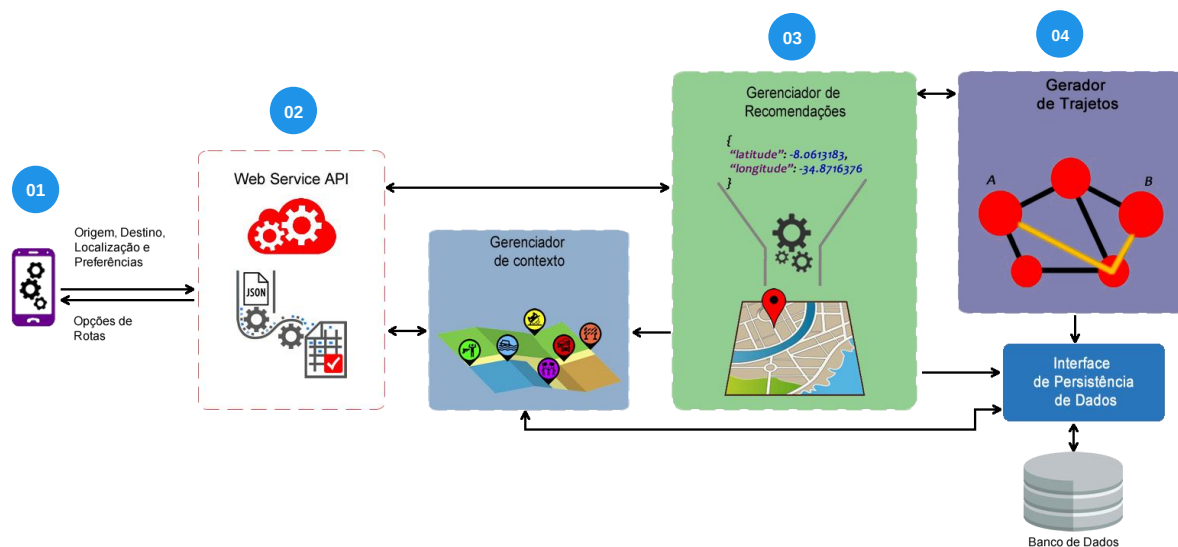
Figura 20 – Grafos elaborados a partir dos segmentos das ruas



Fonte: Elaborado pelo autor

O resultado encontrado através da busca será devolvido até que chegue ao módulo cliente por meio de um objeto JSON (*Javascript Object Notation*), onde será projetado sobre um mapa através do aplicativo *Android*. A Figura 21 ilustra o fluxo realizado para encontrar uma opção de percurso, respeitando as preferências do usuário.

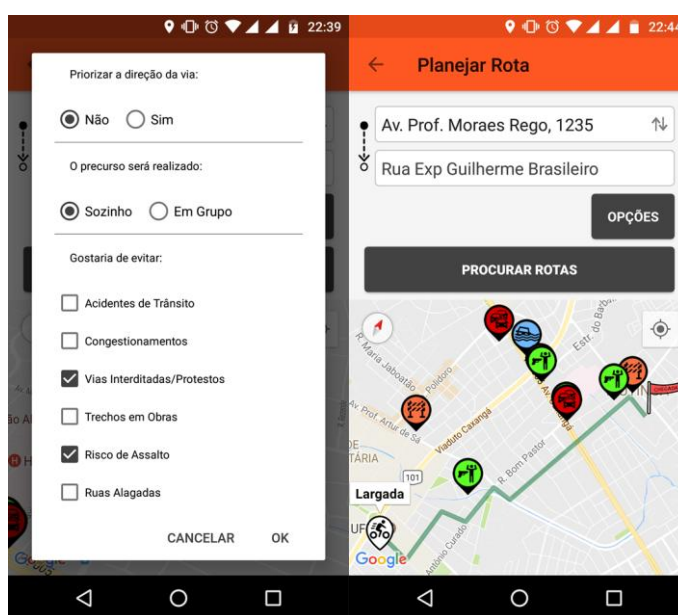
Figura 21 – Fluxo realizado pelo sistema para encontrar uma opção de percurso



Fonte: Elaborado pelo autor

A rota exibida pelo aplicativo possui vários parâmetros visuais, são eles: pontos geográficos de origem e destino, localização atual do usuário, caminho a ser percorrido e acontecimentos existentes nas proximidades, conforme ilustra a Figura 22.

Figura 22 – Opção de trajeto identificado pelo sistema

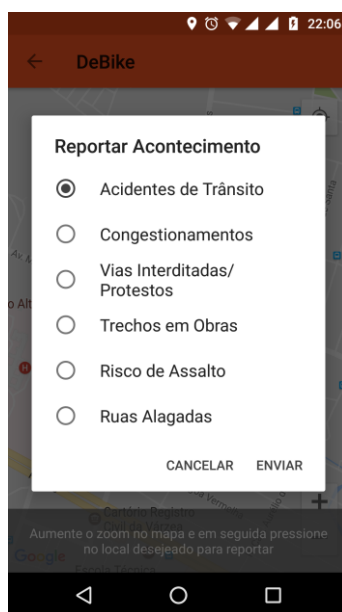


Fonte: Elaborado pelo autor

A aplicação cliente também permite o sensoriamento móvel participativo – *mobile crowdsensing* (Guo et al., 2014), como já mencionado na Seção 4.2. Para

isso, a aplicação *Android* possibilita que o usuário, a qualquer momento, reporte a partir de um mapa, acontecimentos percebidos. A Figura 23 apresenta a funcionalidade disponibilizada para o sensoriamento dos próprios ciclistas.

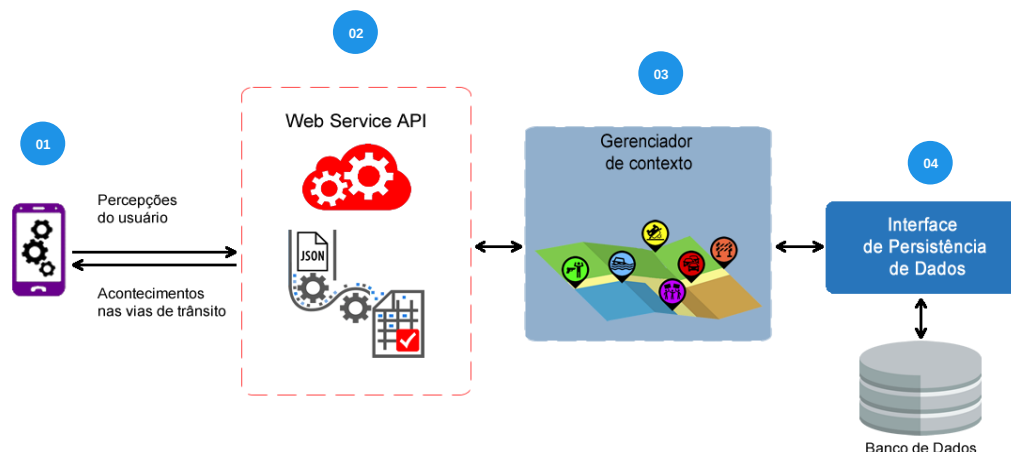
Figura 23 – Funcionalidade do aplicativo que possibilita registrar ocorrências percebidas pelo usuário



Fonte: Elaborado pelo autor

O fluxo realizado pelo sistema para registrar as ocorrências percebidas pelos usuários acontece da seguinte maneira: a partir da aplicação cliente, o usuário seleciona uma localização com a ajuda de um mapa e informa o acontecimento percebido. Este será enviado através de uma requisição HTTP para o módulo servidor, será processado e validado pela *API de Serviços Web*. Em seguida, o dado é enviado para o *Gerenciador de Contexto*, responsável por este tipo de informação, que irá enriquecê-lo com outras informações, como: data e hora de validade do acontecimento e o enviará para o banco de dados com a ajuda da *Interface de Persistência de Dados* como mostra a Figura 24.

Figura 24 – Fluxo realizado pelo sistema para registrar ocorrências percebidas pelos usuários



Fonte: Elaborado pelo autor

Para cada tipo de ocorrência, foi estabelecido um tempo de duração, com exceção do tipo “riscos de assalto”, que sempre ficará ativo como dados históricos. Eventos como “acidentes de trânsito” ficam visíveis no sistema por um intervalo de 120 minutos, “interdições/protestos”, por um período de 150 minutos, “ruas alagadas” e “congestionamentos” por 3 horas e “trechos em obras” 48 horas.

4.7 Considerações Finais

Este capítulo apresentou o *DeBike*, um sistema de recomendação de rotas para ciclistas que considera informações contextuais do ambiente e do usuário, além de suas preferências, com o intuito de auxiliar o deslocamento em ambientes urbanos. Também foram apresentados os detalhes de sua arquitetura, seus requisitos e aspectos da implementação. Para validar o projeto piloto, um experimento foi realizado com um grupo de ciclistas e os resultados alcançados, assim como sua análise, são descritos no próximo capítulo.

Capítulo

5

5. Estudo Experimental com o *DeBike*

Esta seção apresenta os experimentos realizados com o *DeBike* para avaliar o modelo contextual de recomendação de rotas para ciclistas, detalhado no capítulo anterior. A seguir serão abordados os seguintes aspectos: objetivos, elaboração, execução do experimento e os resultados alcançados.

5.1 Objetivos do Experimento

Os experimentos realizados buscaram atender aos seguintes objetivos:

- i. analisar a percepção dos ciclistas em relação à experiência de uso do aplicativo;
- ii. avaliar se o itinerário apresentado como resultado atende à necessidade do ciclista;
- iii. coletar sugestões para aprimorar o sistema.

5.2 Elaboração e Execução do Experimento

A avaliação contou com uma amostra de 23 participantes, sendo 11 deles, usuários do projeto BikePE e os demais pessoas que utilizam a sua própria bicicleta como alternativa de locomoção na região metropolitana do Recife. Cada participante teve a oportunidade de acessar o sistema, informar os pontos de origem e destino e suas preferências até que se sentisse confortável em opinar sobre os resultados obtidos em cada requisição.

A elaboração do experimento seguiu algumas etapas. Inicialmente foi desenvolvida uma aplicação conforme descrito na Seção 4.5. Em seguida foi explicado a cada participante o propósito da aplicação, suas características, limitações, como, por exemplo, a versão mínima do sistema operacional e quais os recursos do dispositivo seriam necessários para o aplicativo funcionar.

O experimento também contou com algumas simulações referentes aos acontecimentos dinâmicos, uma vez que as vias de trânsito possuem características que podem modificar o seu status a qualquer instante (interdições, congestionamentos, trechos em obras, etc.).

Um questionário (Apêndice 2) contendo questões objetivas baseadas em uma escala tipo *Likert* foi aplicado como instrumento de avaliação. A adoção desse tipo de escala torna a análise dos resultados mais simples, no entanto, impossibilita que o avaliador fundamente a sua resposta ou acrescente sugestões que aprimorem o que está sendo examinado (GUERRA, 2008). Para minimizar este impasse, foi adicionado ao questionário uma questão aberta que possibilita ao avaliador realizar críticas e/ou recomendações.

A análise das respostas foi feita a partir da abordagem quantitativa de Ranking Médio (RM), proposta por Oliveira (2005). Nesta adaptação, atribui-se um valor de 1 a 3 para cada resposta, em que é calculada a média ponderada para cada item, baseando-se na frequência das respostas. Para encontrar o RM adotou-se a seguinte fórmula:

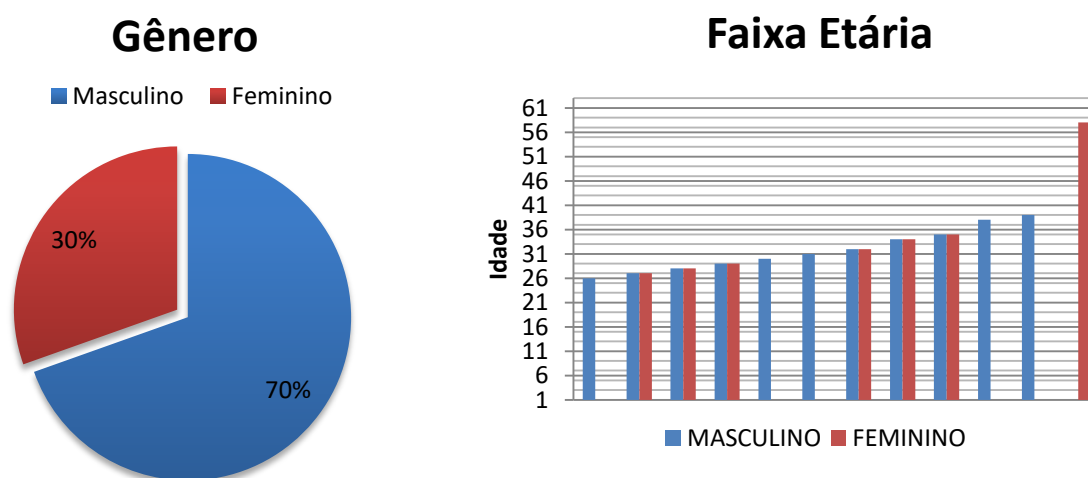
$$RM = \frac{(fi * vi)}{ns}$$

Onde fi representa a frequência observada de cada resposta para cada item; vi , o valor de cada resposta e ns , o nº de sujeitos (respondentes). É importante destacar que quanto mais próximo de três (3) o RM estiver, maior será o nível de concordância dos respondentes com cada item.

5.3 Resultados Alcançados

A maioria dos respondentes é do gênero masculino (70%), com faixa etária entre 26 e 39 anos. Os demais (30%), são do sexo feminino com idades que variam entre 27 e 58 anos. Do total, 26% declaram ter adotado a bicicleta como meio de locomoção há menos de 2 anos, 61% entre 2 e 4 anos e o restante (13%), há mais de 4 anos. O Gráfico 3 apresenta uma síntese dos gêneros e das faixas etárias dos participantes.

Gráfico 3 – Gênero e Faixa Etária dos participantes



Fonte: Elaborado pelo autor

A primeira pergunta (Q1) do questionário abordou a percepção dos participantes em relação à utilização do aplicativo. Este item apresentou um RM de 2,87, revelando que 87% dos avaliadores consideraram sua utilização “Fácil”, enquanto 13% consideraram “Parcialmente Fácil”, mas ninguém considerou “Complicada”. Isso demonstra que a aplicação possui elementos de fácil acesso e utilização e fornece uma experiência de uso amigável.

A segunda questão (Q2) avaliou se acontecimentos dinâmicos apresentados através do aplicativo são de clara identificação. O Ranking Médio deste item chegou a 2,83, demonstrando que 82,6% dos ciclistas afirmaram compreender bem o que cada ícone representa. Já 17,4% considerou parcialmente verdadeira esta afirmativa. Este item pode ser melhorado com alguns ajustes nos elementos visuais.

O RM alcançado para (Q3) atingiu um valor de 2,87, demonstrando que 87% dos ciclistas consideraram relevantes as opções de trajetos sugeridos, quando comparados aos que estão habituados a realizar. Apenas 13% julgaram parcialmente relevantes, alegando que a diferença é mínima entre o percurso realizado e o que foi sugerido.

A quarta questão (Q4) indagou sobre a distância dos trajetos sugeridos pela aplicação. De acordo com resultados (RM de 2,78), 78,3% dos ciclistas qualificaram a distância do trajeto como "aceitável", enquanto que 21,7% julgaram ser "parcialmente aceitável". Este último resultado pode estar relacionado aos casos em que o ciclista optou por trajetos que priorizassem a direção das vias (sentido dos carros), o que em alguns casos pode aumentar ainda mais o comprimento do caminho.

A última questão (Q5) buscou descobrir se os itinerários apresentados atendiam às necessidades dos ciclistas. De acordo com os resultados (RM de 2,87), 87% afirmaram que os roteiros sugeridos satisfazem suas necessidades. Isso comprova que o sistema é capaz de auxiliar o ciclista na escolha de um trajeto. Por outro lado, o percentual dos que declararam atender parcialmente (13%) pode estar relacionado a fatores como horário e número de acontecimentos em uma região resultando na identificação de roteiros mais longos.

O gráfico 4 apresenta um resumo do nível de concordância dos participantes em relação aos itens analisados no questionário.

Gráfico 4 – Ranking Médio do nível de concordância dos participantes ao itens avaliados no experimento



Fonte: Elaborado pelo autor

Além dos resultados apresentados, algumas melhorias foram propostas pelos participantes, conforme apresentado abaixo:

1. Acrescentar melhorias na interface como, por exemplo, melhorar os ícones e incluir legendas no menu flutuante da tela principal;
2. Criar uma tela de preferências/configurações que possibilite ao usuário definir suas preferências, evitando ter que informá-las a cada requisição;
3. Adicionar funcionalidade que possibilite ao próprio ciclista modificar a opção de trajeto apresentado como resultado, refinando os itinerários sugeridos;
4. Inserir mecanismo que permita compartilhar as rotas escolhidas pelo usuário;

5. Incluir recurso que possibilite conhecer trajetos similares ao apresentado (dada uma origem e destino), realizados por outros ciclistas;
6. Aplicar mecanismos de jogos (e.g. *ranking*, *badge*) que estimule ainda mais o uso da aplicação e o envolvimento do usuário;
7. Desenvolver versões da aplicação cliente para outras plataformas operacionais como, por exemplo, iOS.

5.4 Considerações Finais

Neste capítulo foi descrito o experimento envolvendo o *DeBike*, um aplicativo desenvolvido com o intuito de validar o modelo contextual de recomendação de rotas para ciclistas, proposto nesta pesquisa. Os resultados alcançados foram positivos e revelaram que a aplicação sugerida foi bem aceita. Além disso, pudemos constatar que o funcionamento e a comunicação entre os elementos da arquitetura foram executados com sucesso e que o sistema consegue identificar e sugerir roteiros significativos com comprimentos aceitáveis, satisfazendo assim às necessidades dos utilizadores.

No próximo capítulo apresentamos as conclusões deste trabalho e sugestões de trabalhos futuros.

Capítulo

6

6. Considerações Finais

Promover alternativas de locomoção é uma estratégia indispensável para a diminuição de problemas de mobilidade, entre as quais, a bicicleta é uma das mais promissoras. Apesar de existir uma demanda para seu uso, alguns obstáculos, como: a falta de infraestrutura adequada, a ausência de informação sobre por onde transitar de forma segura e as incertezas do trânsito têm contribuído para que muitos ciclistas não se sintam seguros em compartilhar as vias com os veículos. É neste aspecto que o emprego da tecnologia pode contribuir para minimizar estas dificuldades.

Trabalhos correlatos investigam formas de prover informações relevantes que possibilite ao usuário tomar decisões inteligentes quanto ao seu deslocamento. Contudo, ainda são escassos os estudos direcionados aos ciclistas.

Diante desse cenário, esta pesquisa descreveu, implementou e testou a proposta de um sistema de recomendação de rotas para ciclistas, capaz de fornecer opções de trajetos mais adequados às suas necessidades.

Utilizando informações contextuais do ambiente e do ciclista, a solução consegue identificar e recomendar percursos que atendam às preferências do usuário, a partir de um conjunto de dados geográficos, por meio de um algoritmo especializado em solucionar o problema do caminho mínimo.

A avaliação experimental revelou que para a maioria, a aplicação fornece uma experiência de uso amigável, o que já demonstra um ponto positivo para o que foi projetado. Também foi possível constatar que o sistema consegue identificar e

sugerir roteiros significativos e de comprimentos aceitáveis, mesmo tendo que contornar as situações indesejadas pelo ciclista.

Com base nestes resultados, podemos considerar que a proposta é capaz de ajudar de forma eficiente o ciclista na escolha de um trajeto.

A seguir, são listadas as principais contribuições, limitações e sugestões de trabalhos futuros.

6.1 Contribuições da Pesquisa

As contribuições resultantes desta pesquisa foram:

- a. Identificação e determinação de informações contextuais que influenciam a escolha de um percurso. Estas informações serviram de base para a elaboração do estudo e podem subsidiar outros trabalhos direcionados a este tipo de modal;
- b. Especificação e implementação de um sistema de recomendação de rotas para ciclistas, sensível ao contexto dos usuários e aos aspectos relacionados ao ambiente.

6.2 Limitações do Estudo

Durante a elaboração desta dissertação foram encontradas algumas dificuldades. A identificação das informações contextuais foi um procedimento que apresentou vários obstáculos, um deles é a disponibilidade dos entrevistados para participar do estudo e o tempo dedicado à coleta, que acabou tendo que ser dividido com as atividades profissionais e pessoais do pesquisador.

No que se refere ao experimento de validação, pode-se destacar as seguintes limitações: a) a escolha de forma não aleatória da amostra; b) a disponibilidade dos ciclistas; c) o número reduzido de informações existentes no banco de dados, sobre os acontecimentos dinâmicos, não permitiu a reprodução da realidade do trânsito, sendo necessário recorrer a simulações e d) a utilização de apenas um caso/cidade impossibilitou a generalização dos resultados apresentados.

6.3 Trabalhos Futuros

Esta pesquisa cumpriu os objetivos traçados e obteve êxito ao utilizar informações contextuais do ambiente e do ciclista para auxiliar a identificação de trajetos mais adequados à realidade do usuário. Além disso, os resultados conduziram a possíveis trabalhos futuros, descritos a seguir:

1. Estender a solução para que esta possa capturar e analisar informações contextuais sobre a situação do trânsito, a partir de postagens em redes sociais como, por exemplo, *Twitter*, já que mensagens relacionadas ao trânsito possuem cunhos positivos ou negativos bem definidos;
2. Aplicar mecanismos de jogos (e.g. *ranking*, *badge*) que estimule ainda mais o uso da aplicação e o envolvimento do usuário;
3. Adicionar um componente capaz de classificar as opções de rotas utilizando algoritmos e técnicas de aprendizagem de máquina, a partir de um conjunto de percursos já realizados por outros ciclistas;
4. Adicionar funcionalidade que possibilite ao próprio ciclista modificar a opção de trajeto apresentado, refinando ainda os itinerários sugeridos;
5. Incluir mecanismo que possibilite conhecer trajetos similares ao apresentado (dada uma origem e destino), realizados por outros ciclistas;
6. Integrar o sistema com informações dos sistemas de bicicletas públicas compartilhadas.

Referências

- ADOMAVICIUS, G.; HUANG, Z.; TUZHILIN, A. Personalization and recommender systems. In: *State-of-the-Art Decision-Making Tools in the Information-Intensive Age*. INFORMS, 2008. p. 55-107.
- ALEGRE, U.; AUGUSTO, J. C.; CLARK, T. Engineering context-aware systems and applications: A survey. *Jornal of Systems and Software*, v. 117, p. 55-83, 2016.
- ALMEIDA, R.; CAMPOS, F.; DAVID, J.; STROELE, V. Sistemas de Recomendação de Recursos Educacionais para Grupos de Redes Sociais: um Mapeamento Sistemático. In: *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. 2015. p. 1022. Acesso em: 15/03/2016 Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/5412>>
- ALVAREZ, E. B.; SIRIANI, A. L. R.; VIDOTTI, S. A. B. G.; CARVALHO, A. M. G. Os Sistemas de Recomendação, Arquitetura da Informação e a Encontrabilidade da Informação. *Transinformação-ISSN 2318-0889*, v. 28, n. 3, 2017.
- ANDRADE, J. N.; GALVÃO, D. C. O conceito de Smart Cities aliado à mobilidade urbana. *REVISTA HUM@ NAE*, v. 10, n. 1, 2016.
- BAPTISTA, P., PINA, A., DUARTE, G., ROLIM, C., PEREIRA, G., SILVA, C., FARIAS, T. From on-road trial evaluation of electric and conventional bicycles to comparison with other urban transport modes: Case study in the city of Lisbon, Portugal. *Energy Conversion and Management*, v. 92, p. 10-18, 2015.
- BARROS, G.; FILHO, J.; CHIU, T.; TEDESCO, P.; SILVA, F.; SANTOS, A. SmartProfile: A Context-Aware Mobile Personalization System. In: *High Performance Computing and Communications & 2013 IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (HPCC_EUC), 2013 IEEE 10th International Conference on*. IEEE, Nov. 2013. p. 2166-2173.
- BAZIRE, M., BRÉZILLON, P. Understanding context before using it. In: *International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context*. Springer Berlin Heidelberg, 2005. p. 29-40.
- BORJA, R.; GAMA, K. Middleware para Cidades Inteligentes baseado em um Barramento de Serviços. *X Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)*, v. 1, p. 584-590, 2014.
- BRÉZILLON, P. Context in Artificial Intelligence: IA Survey of the literature. *Computers and artificial intelligence*, v. 18, p. 321-340, 1999.
- CASELLO, J.; NOUR, A.; REWA, K.; HILL, J. An analysis of stated preference and GPS data for bicycle travel forecasting. In: *90th Annual Meeting of the Transportation Research Board*. 2011.

CHATZIMILIOUDIS, G.; KONSTANTINIDIS, A.; LAOUDIAS, C.; ZEINALIPOUR-YAZTI, D. Crowdsourcing with smartphones. *IEEE Internet Computing*, v. 16, n. 5, p. 36-44, 2012.

COSTA, A. F.; MANZATO, M. G. Exploiting multimodal interactions in recommender systems with ensemble algorithms. *Information Systems*, v. 56, p. 120-132, 2016.

DAI, J.; YANG, B.; GUO, C.; DING, Z. Personalized route recommendation using big trajectory data. In: *Data Engineering (ICDE), 2015 IEEE 31st International Conference on*. IEEE, 2015. p. 543-554.

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, p. 97-166, 2001.

DEZANI, H. Urban Road Optimization Based on Safety and Cyclists' Effort Required by Bike Tracks. In *Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2015 IEEE 18th International Conference on* IEEE, 2015. p. 1111-1116.

DINIZ, H. B.; SILVA, E. C.; GAMA, K. S. Uma Arquitetura de Referência para Plataforma de Crowdsensing em Smart Cities. *XI Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação – SBSI*, 2015. p. 87-94.

DOURISH, P. What we talk about when we talk about context. *Personal and ubiquitous computing*, v. 8, n. 1, p. 19-30, 2004.

FARIAS, T. M. Uma proposta de abordagem de levantamento de requisitos baseada em modelagem de processos de negócio. *Recife, Brasil: RCAAP-Repositório Científico de Acesso Aberto de Portugal*, 2010.

FARKAS, K.; Feher, G.; Benczur, A.; Sidlo, C. Crowdsending based public transport information service in smart cities. *IEEE Communications Magazine*, v. 53, n. 8, p. 158-165, 2015.

FIELDING, R. T. *Architectural styles and the design of network-based software architectures*. Tese de Doutorado. University of California, Irvine, 2000.

GALBRUN, E.; PELECHRINIS, K.; TERZI, E. Urban navigation beyond shortest route: The case of safe paths. *Information Systems*, v. 57, p. 160-171, 2016.

GANTI, R. K.; YE, F.; LEI, H. Mobile crowdsensing: current state and future challenges. *IEEE Communications Magazine*, v. 49, n. 11, 2011.

GARAU, C.; MASALA, F.; PINNA, F. Cagliari and smart urban mobility: Analysis and comparison. *Cities*, v. 56, p. 35-46, 2016.

GUERRA, E. P. M. *Concepção e validação de um modelo educativo interdisciplinar para o ensino de física térmica*. Dissertação de Mestrado Profissional em Computação – Universidade Estadual do Ceará, Ceará, 2008.

GOULARTE, R. *Personalização e adaptação de conteúdo baseadas em contexto para TV Interativa*. Tese (Doutorado) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil, 2003.

GOMEZ, L.F.; SARMIENTO, R.; ORDÓÑEZ, M.F.; PARDO, C.F.; DE SÁ, T.H.; MALLARINO, C.H.; MIRANDA, J.J.; MOSQUERA, J.; PARRA, D.C.; REIS, R.; QUISTBERG, D. A. Urban environment interventions linked to the promotion of physical activity: A mixed methods study applied to the urban context of Latin America. *Social Science & Medicine*, v. 131, p. 18-30, 2015.

GOMINHO, F. J. F. B. *Um assistente de recomendação sensível ao contexto para ambientes virtuais de aprendizagem baseados na metodologia da problematização*. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Informática (Cin.). 2014.

GUO, B.; YU, Z.; ZHOU, X.; ZHANG, D. From participatory sensing to mobile crowd sensing. In: *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2014 IEEE International Conference on*. IEEE, 2014. p. 593-598.

HART, P. E.; NILSSON, N. J.; RAPHAEL, B. A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. *IEEE transactions on Systems Science and Cybernetics*, v. 4, n. 2, p. 100-107, 1968.

HEINEN, E.; MAAT, K.; VAN WEE, B. The role of attitudes toward characteristics of bicycle commuting on the choice to cycle to work over various distances. *Transportation research part D: transport and environment*, v. 16, n. 2, p. 102-109, 2011.

ISINKAYE, F. O.; FOLAJIMI, Y. O.; OJOKOH, B. A. Recommendation systems: Principles, methods and evaluation. *Egyptian Informatics Journal*, v. 16, n. 3, p. 261-273, 2015.

JAKKHUPAN, W.; RATTANOTHAI, S.; KAEWONJING, J. A context-aware personalized venue recommender system on smart device. In: *Wireless and Mobile (APWiMob), 2015 IEEE Asia Pacific Conference on*. IEEE, 2015. p. 202-207.

JAQUES, P. A.; BASTOS, R.; PASIN, M.; CHIWIAKOWSKI, L.; SOMMER, T.; KONRAD, T. Um Estudo de Caso com o Uso do A* para o Problema do Caminho Mais Curto em Transporte Público. *Encontro Nacional De Inteligência Artificial E Computacional (Eniac)*, Curitiba, 2012. Disponível em: <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/eniac/2012/0053.pdf>

JIMÉNEZ-ESPADA, M.; GONZÁLEZ-ESCOBAR, R. Comments and Suggestions for Improvement of Mobility and Road Safety in the City of Cáceres. *Procedia Engineering*, v. 161, p. 1385-1390, 2016.

KANHERE, S. Carrots and sticks – Incentives that make mobile Crowdsensing work (CASPer 2016 Keynote Paper). In: *Pervasive Computing and Communication Workshops (PerCom Workshops), 2016 IEEE International Conference on*. IEEE, March. 2016.

LANE, N. D.; MILUZZO, E.; LU, H.; PEEBLES, D.; CHOUDHURY, T.; & CAMPBELL, A. T. A survey of mobile phone sensing. *IEEE Communications magazine*, v. 48, n. 9, 2010.

LAURIDO, J. J. V.; FEITOSA, E. L. Segurança em Mobile Crowd Sensing. In: *V WGID – Workshop de Gestão de Identidades – XV Simpósio Brasileiro em Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais – SBSeg*. 2015. p. 51-92.

LEITE, D. F. B.; ROCHA, J. H.; BAPTISTA, C. S. Busão: um Sistema de Informações Móvel para Auxílio à Mobilidade Urbana Através do Uso de Transporte Coletivo. *IX Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, p. 170-181, 2013.

LEO, A.; MORILLÓN, D.; SILVA, R. Review and analisys of urban mobility strategies in Mexico. *Case Studies on Transport Policy*, 2017.

LIMA, V. G. *UbibusAnalysis – Uma ferramenta de interpretação de mensagens de trânsito com análise de sentimentos*. Universidade Federal de Pernambuco – Trabalho de Graduação – Centro de Informática (CIn), 2013.

LIMA, A. O.; AFONSO, R. A.; SALES, T. B. M. Plataforma PGuide: Um Modelo de recomendação para usuários móveis. *Anais do IX Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação - SBSI*, p. 73 – 84, 2013.

LÖWE, R.; MANDL, P.; WEBER, W. Context Directory: A context-aware service for mobile context-aware computing applications by the example of Google Android. In: *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2012 IEEE International Conference on*. IEEE, Mar. 2012. p. 76-81.

MAHMUD, F.; ARIS, H. State of mobile crowdsourcing applications: A review. In: *Software Engineering and Computer Systems (ICSECS), 2015 4th International Conference on*. IEEE, 2015. p. 27-32.

MCCARTHY, J.; BUVAC, S. "Formalizing Context (Expanded Notes)", *Computing Natural Language*, pp. 13-50, Stanford University, 1997.

MELO, M. F. S. *Sistema de bicicletas públicas: uma alternativa para promoção da mobilidade urbana sustentável no município de Recife*. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), 2013.

MELO, P. C. F. CSVM: *Uma plataforma para crowdsensing móvel dirigida por modelos em tempo de execução*. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Goiás. Instituto de Informática, 2014.

MISHRA, R; KUMAR, P.; BHASKER, B. A web recommendation system considering sequential information. *Decision Support Systems*, v. 75, p. 1-10, 2015.

MORAES, E. S. *Affinity: um sistema baseado em contexto e afinidade para a recomendação de pessoas em ambientes EaD*. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Informática (CIn), 2015.

NATIONS, U. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights. Technical report, Department of Economic and Social Affairs. *Population Division, United Nations*, 2014.

OLEKSZECHEN, N.; BATTISTON, M.; KUHNEN, A. Uso da bicicleta como meio de transporte nos estudos pessoa-ambiente. *Desenvolvimento e Meio ambiente*, v. 36, p. 355-369, 2016.

OLIVEIRA, L. H. Exemplo de cálculo de ranking médio para *Likert* [Notas de Aula de Metodologia Científica e Técnicas de Pesquisa em Administração do Mestrado em Administração e Desenvolvimento Organizacional]. *Varginha, Minas Gerais, Brasil: PPGA CNEC/FACECA*, 2005.

OLIVEIRA JUNIOR, G. M. *UBIMID: Um middleware de integração e sensível ao contexto voltado para aplicações e sistemas inteligentes de transporte*. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Informática (Cin), 2014.

PATRÍCIO, R. F. A. *CEManTIKA CASE: uma ferramenta de apoio ao desenvolvimento de Sistemas Sensíveis ao Contexto*. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Informática (Cin), 2010.

PAULA, W. P. F. Engenharia de Software: Fundamentos. *Métodos e Padrões - 2ª edição-LTC-2003*, 2003.

PRANDI, C.; SALOMONI, P.; MIRRI, S. mPASS: integrating people sensing and crowdsourcing to map urban accessibility. In: *Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2014 IEEE 11th*. IEEE, 2014. p. 591-595.

QUERCIA, D.; SCHIFANELLA, R.; AIELLO, L. M. The shortest path to happiness: Recommending beautiful, quiet, and happy routes in the city. In: *Proceedings of the 25th ACM conference on Hypertext and social media*. ACM, 2014. p. 116-125.

QUIRINO, W. S.; SANTOS, C. A. S.; CALLES, J. X. E.; TINELLI, F. F. *Estratégias crowdsourcing para aplicativos de cidades*. XII Brazilian Symposium on Information Systems, Florianópolis, SC, 2016. Acesso em: 10/08/2016. Disponível em: <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/sbsi/2016/067.pdf>

RICCI, F.; ROKACH, L.; SHAPIRA, B. *Introduction to recommender systems handbook*. springer US, 2011.

SALEH, A. I.; EL DESOUKY, A. I.; ALI, S. H. Promoting the performance of vertical recommendation systems by applying new classification techniques. *Knowledge-Based Systems*, v. 75, p. 192-223, 2015.

SALIM, F.; HAQUE, U. Urban computing in the wild: A survey on large scale participation and citizen engagement with ubiquitous computing, cyber physical systems, and Internet of Things. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 81, p. 31-48, 2015.

SALLIS, J. F.; CONWAY, T. L.; DILLON, L. I.; FRANK, L. D.; ADAMS, M. A.; CAIN, K. L.; SAELENS, B. E. Environmental and demographic correlates of bicycling. *Preventive medicine*, v. 57, n. 5, p. 456-460, 2013.

SASAKI, W., TAKAMA, Y. Walking Route Recommender System Considering SAW Criteria In: *Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI), 2013 Conference on*. IEEE, 2013. p. 246-251.

SAUERWEIN, C.; GANDER, M.; FELDERER, M.; BREU, R. A Systematic Literature Review of Crowdsourcing-Based Research in Information Security. In: *Service-Oriented System Engineering (SOSE), 2016 IEEE Symposium on*. IEEE, 2016. p. 364-371.

SEGADILHA, A. B. P. *Identificação dos fatores que influenciam na escolha da rota pelos ciclistas: estudo de caso da cidade de São Carlos*. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de São Carlos, 2014.

SILVA, T. S. C. *Um modelo para promover o engajamento estudantil e auxiliar o aprendizado de programação utilizando gamification*. Dissertação de mestrado — Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Informática (CIn), 2016.

SOUZA, A.A.; SANCHES, S.P.; FERREIRA, M.A.G. Atitudes com relação ao uso da bicicleta – um estudo piloto. *XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET*. Belém, PA, 2013.

SU, H.; ZHENG, K.; HUANG, J.; JEUNG, H.; CHEN, L.; ZHOU, X. Crowdplanner: A crowd-based route recommendation system. In: *Data Engineering (ICDE), 2014 IEEE 30th International Conference on*. IEEE, 2014. p. 1144-1155.

TORRES, S.; LALANNE, F.; CANTO, G. D.; MORALES, F.; BUSTOS-JIMENEZ, J.; REYES, P. BeCity: sensing and sensibility on urban cycling for smarter cities. In: *Chilean Computer Science Society (SCCC), 2015 34th International Conference of the*. IEEE, 2015. p. 1-4.

TITO, A. O. *RecRoute: um sistema de recomendação de rotas de Ônibus baseado em informações contextuais dos usuários*. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Informática (CIn), 2013.

VASCONCELOS, A. D. *Aracaju sob rodas: aspectos da mobilidade urbana no viés do transporte público*. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014.

VERMA, M., RAHUL, T. M., REDDY, P. V., VERMA, A. The factors influencing bicycling in the Bangalore Cit. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 89, p. 29-40, 2016.

VIEIRA, K. M.; DALMORO, M. Dilemas na construção de escalas tipo Likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados. *XXXII Encontro de ANPAD*. Rio de Janeiro, 2008.

VIEIRA, V.; SOUZA D.; SALGADO, A. C.; TEDESCO, P. "Uso e Representação de Contexto em Sistemas Computacionais". In: Cesar A. C. Teixeira; Clever Ricardo G. de Farias; Jair C. Leite; Raquel O. Prates. (Org.). *Tópicos em Sistemas Interativos e Colaborativos*. São Carlos: UFSCAR, 2006. p. 127-166.

VIEIRA, V.; TEDESCO, P.; SALGADO. "Modelos e Processos para o desenvolvimento de Sistemas Sensíveis ao Contexto". André de Carvalho, Tomasz Kowaltowski. (Org.). *Jornadas de Atualização em Informática*, p. 381-431. 2009. Acesso em 15/03/2016, Disponível em: <http://www.dainf.ct.utfpr.edu.br/~adolfo/etc/SBC/ERI2009/dctos/context-texto.pdf>

VIEIRA, V.; SALGADO, A. C.; TEDESCO, P.; TIMES, V.; FERRAZ, C.; HUZITA, E.; Chaves, A. P.; STEINMACHER, I. The UbiBus project: Using context and ubiquitous computing to build advanced public transportation systems to support bus passengers. *Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, p. 55-60, 2012.

WAN, K. "A brief history of context". *Int. Journal of Computer Science Issues*, Vol. 6, n. 2, 2009. ISSN (Online): 1694-0784.

WILLIS, D. P.; MANAUGH, K.; EL-GENEIDY, A. Uniquely satisfied: Exploring cyclist satisfaction. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, v. 18, p. 136-147, 2013.

XU, C.; CHEUNG, S. C.; MA, X.; CAO, C; LU, J. Adam: Identifying defects in contextaware adaptation. *Journal of Systems and Software*. v. 85, n.12, p. 2812-2828, 2012.

YUJIE, Z.; LICAI, W. Some challenges for context-aware recommender systems. In: *Computer Science and Education (ICCSE), 2010 5th International Conference on*. IEEE, 2010. p. 362-365.

ZIMMERMANN, A.; LORENZ, A.; OPPERMAN R. An operational definition of context. In: *International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context*. Springer Berlin Heidelberg, 2007. pp. 558-571.

Apêndices

A – Pesquisa sobre o perfil do ciclista na Região Metropolitana do Recife

Com o propósito de incentivar ainda mais o uso da bicicleta, estamos desde o início de 2016, desenvolvendo um aplicativo para smartphones, que visa auxiliar o ciclistas na busca por trajetos adequados às suas necessidades. Para entendermos melhor o interesse da sociedade, saber quais funcionalidades priorizar, o que considerar na escolha de um trajeto e qual o público alvo iremos atender, precisamos de sua opinião.

***Obrigatório**

Dados Demográficos

a) Qual a sua Idade? *

b) Qual seu gênero? *

☐ Masculino

☐ Feminino

☐ Outro: _____

Questionário

1) Normalmente suas pedaladas são? *

☐ Em grupo

☐ Sozinho

2) Por qual(is) motivo(s) você opta pela bicicleta? *

☐ Fugir das alternativas de locomoção existentes (ônibus, metrô, carro ou moto).

☐ Ir ou vir da Escola / Faculdade / Curso.

☐ Ir ou vir do trabalho.

☐ Complementar o deslocamento iniciado por outro modal (ônibus, metrô, caminhada).

☐ Se locomover durante o dia.

☐ Cuidar da saúde.

☐ Lazer

☐ Outro: _____

3) Quais os intervalos de horários mais se assemelham com os seus no uso da bicicleta? *

- ☐ 05h - 08h.
- ☐ 08h - 11h.
- ☐ 11h - 14h.
- ☐ 14h - 17h.
- ☐ 17h - 20h.
- ☐ 20h - 23h.

4) Qual a frequência média no uso da bicicleta? *

- ☐ 1 ou 2 vezes no MÊS.
- ☐ 1 ou 2 vezes por SEMANA.
- ☐ 3 ou 4 vezes por SEMANA.
- ☐ 5 ou 6 vezes por SEMANA.
- ☐ Todos os dias.

5) Você já utilizou ou utilizaria um aplicativo móvel contendo informações voltadas para ciclistas urbanos? *

- ☐ SIM
- ☐ NÃO

6) Você utilizaria um aplicativo colaborativo, alimentado com informações em tempo real pelos próprios usuários para planejar seus trajetos? *

- ☐ SIM
- ☐ NÃO

7) Qual a relevância das informações a seguir, caso você pudesse obtê-las através de um aplicativo móvel? *

	Imprescindível	Muito Importante	Importante	Pouco Importante	Nada Importante
Ocorrências de trânsito nas vias	☐	☐	☐	☐	☐
Vias congestionadas	☐	☐	☐	☐	☐
Ruas interditadas por manifestantes e/ou protestos	☐	☐	☐	☐	☐
Trechos de vias em obras	☐	☐	☐	☐	☐
Riscos de assalto	☐	☐	☐	☐	☐
Ruas Alagadas	☐	☐	☐	☐	☐

Rotas mais utilizadas por outros ciclistas	☐	☐	☐	☐	☐
Distância a ser percorrida em um trajeto	☐	☐	☐	☐	☐

8) Considerando os horários em que pedala, o que você leva em conta na escolha do trajeto? *

- ☐ O tempo necessário para realização do percurso.
- ☐ A distância a ser percorrida.
- ☐ Os riscos durante o percurso.
- ☐ Direção da via (sentido dos carros).
- ☐ Outro: _____

9) Deixe aqui suas sugestões, isso irá nos ajudar bastante.

B – Questionário de avaliação do *DeBike*

Este questionário tem como objetivo de avaliar o modelo contextual de recomendação de rotas para ciclistas, no qual foi implementado o *DeBike*. Resultado de uma pesquisa de mestrado, o *DeBike* é uma aplicação para dispositivos *Android* que utiliza informações contextuais do ambiente e do usuário, além de suas preferências, com o intuito de auxiliar o deslocamento de ciclistas em ambientes urbanos. Desta forma, gostaríamos que as questões a seguir fossem respondidas para avaliar o funcionamento do modelo.

Dados Demográficos/Perfil

a) **Informe sua idade**

b) **Informe seu Gênero**

☐ Masculino

☐ Feminino

☐ Outros _____

c) **Normalmente em seus deslocamentos diários você utiliza:**

☐ Minha própria bicicleta

☐ Bicletas do Bike PE

Questionário

1) **Como você avalia a experiência de uso do DeBike?**

☐ Fácil

☐ Parcialmente Fácil

☐ Complicada

2) **Os acontecimentos dinâmicos apresentados através do aplicativo são de clara identificação?**

☐ Sim

☐ Parcialmente

☐ Não

3) **O *DeBike* forneceu rotas relevantes de acordo com as preferências que você informou?**

☐ Sim

☐ Parcialmente

☐ Não

4) **A partir de sua experiência com o *DeBike*, como você analisa o trajeto sugerido no quesito distância para o deslocamento de um ciclista?**

☐ Aceitável

☐ Parcialmente Aceitável

☐ Inaceitável

5) **O itinerário apresentado como resultado atende às suas necessidades?**

☐ Sim

☐ Parcialmente

☐ Não

6) **Quais suas críticas e ou sugestões para o modelo de Recomendação apresentado?**
