

**SEGMETRIK: UM PROTOCOLO PARA
SEGMENTAÇÃO E RASTREAMENTO DE
DESEMPENHO NA DESCOBERTA
OPORTUNÍSTICA DE PONTOS DE INTERESSE
EM VANETS**

DANIEL DENER ASSIS DE SOUSA

**SEGMETRIK: UM PROTOCOLO PARA
SEGMENTAÇÃO E RASTREAMENTO DE
DESEMPENHO NA DESCOBERTA
OPORTUNÍSTICA DE PONTOS DE INTERESSE
EM VANETS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

ORIENTADOR: LUIZ FILIPE MENEZES VIEIRA

Belo Horizonte

Novembro de 2018

© 2018, Daniel Dener Assis de Sousa.
Todos os direitos reservados.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do ICEx - UFMG

Sousa, Daniel Dener Assis de

S725s SEGMETRIK: um protocolo para segmentação e
rastreamento de desempenho na descoberta
oportunistica de pontos de interesse em VANETs /
Daniel Dener Assis de Sousa — Belo Horizonte, 2018.
xxi, 97 f. : il. ; 29cm.

Dissertação (mestrado) — Universidade Federal de
Minas Gerais — Departamento de Ciência da
Computação.

Orientador: Luiz Filipe Menezes Vieira

1. Computação — Teses. 2. Redes de computadores.
3. Redes de computadores — Protocolos. 4. Sensor
veicular I. Orientador. II. Título.

CDU 519.6*22(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

FOLHA DE APROVAÇÃO

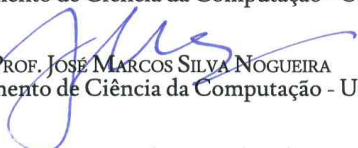
SEGMETRIK: UM PROTOCOLO PARA SEGMENTAÇÃO E
RASTREAMENTO DE DESEMPENHO NA DESCOBERTA
OPORTUNÍSTICA DE PONTOS DE INTERESSE EM VANETS

DANIEL DENER ASSIS DE SOUSA

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Senhores:


PROF. LUIZ FILIPE MENEZES VIEIRA - Orientador
Departamento de Ciência da Computação - UFMG


PROF. JOÃO GUILHERME MAIA DE MENEZES
Departamento de Ciência da Computação - UFMG


PROF. JOSÉ MARCOS SILVA NOGUEIRA
Departamento de Ciência da Computação - UFMG

Belo Horizonte, 6 de novembro de 2018.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelo dom da vida, seu constante e incondicional cuidado comigo e por ter me acompanhado e ajudado durante a realização deste trabalho.

Ao meu pai, José Israel, pelos conselhos e debates que contribuíram para a minha formação e a realização desta dissertação. À minha mãe, Simone, pelo apoio incondicional e por não medir esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida. Agradeço também aos meus irmãos, David e Denis, e à toda minha família que, mesmo na distância, se fizeram presentes. Aos meus amigos, pelo incentivo e que de alguma forma, contribuíram.

Resumo

Em sistemas de transporte inteligentes (ITS), as redes veiculares *ad hoc* (*Vehicular Ad Hoc Networks* - VANET) têm um papel fundamental no desenvolvimento de aplicações de segurança e demais áreas, classificadas por conforto ou entretenimento. Entre as aplicações que promovem entretenimento, uma área que chamada atenção e tem sido investigada é o serviço de descoberta e localização oportunística de pontos de interesse (POI). Tais POIs como restaurantes, hotéis e entre outros, poderiam se beneficiar destas redes para disseminar anúncios para uma grande quantidade de veículos. Da mesma forma, estes possíveis consumidores podem utilizar destas aplicações para encontrar produtos e serviços durante suas rotas dentro das cidades como também em rodovias.

As campanhas de anúncios comerciais, especialmente as patrocinadas, necessitam dispor de recursos que aumentem sua eficácia, como obtenção de métricas e estatísticas de desempenho. O rastreamento de anúncios é a prática geral de coletar dados de perfil do usuário e sua interação com os anúncios para otimizar a eficiência dos mesmos. Os anunciantes geralmente tentam corresponder os anúncios aos consumidores em potencial, essa correspondência é conhecida por segmentação de anúncios.

Nesta dissertação apresentamos o SEGMETRIK, um protocolo de aplicação, leve e baseado em *beacon* que contempla a exigência de segmentação e rastreamento de anúncios. Já existem propostas na literatura para o uso de aplicações voltadas a disseminação de informações sensíveis à localização e anúncios de propagandas em redes veiculares. Contudo, a solução proposta neste trabalho inclui uma série de recursos e características, que em nosso conhecimento, não existem concomitantemente em trabalhos divulgados, que faz desta uma abordagem singular. Devido a natureza peculiar deste trabalho no que se refere a anúncios de propaganda em redes veiculares, investigamos e sugerimos as métricas *alcance do anúncio*, *impressões do anúncio* e *cliques*, e os indicadores de desempenho *CPR (Cost Per Reach)*, *CPM (Cost Per Mille)*, *CTR (Click-Through Ratio)* e *CPC (Cost Per Click)*.

Foram realizadas simulações e análises em dois cenários: (i) segmentação parcial utilizando comunicações V2V, envolvendo um POI e 505 veículos em uma área

de 14 km^2 baseada na cidade de *Manhattan* e (ii) segmentação completa utilizando comunicações V2I, envolvendo 5 RSUs, 15 POIs e 192 veículos em uma área de 10 km^2 baseada na cidade de Belo Horizonte. Desta maneira, este estudo demonstrou, por meio de simulações e análises, que estratégias de segmentação e rastreamento de desempenho de anúncios podem ser aplicadas com sucesso para aplicações que usam descoberta oportunística de pontos de interesses em redes veiculares.

Palavras-chave: VANET, redes veiculares, anúncios digitais, anúncios segmentados, marketing, rastreamento de desempenho, métricas, descoberta oportunística, pontos de interesses, POI.

Abstract

In Intelligent Transport Systems (ITS), Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs) play a key role in the development of safety applications and other areas classified for comfort or entertainment. Among applications that promote entertainment, an area that has recently attracted attention and has been investigated is the service of discovery and opportunistic location of points of interest (POI). Such POIs as restaurants, hotels and others could benefit from these networks to disseminate ads to a large number of vehicles. In the same way, these potential consumers can use these applications to find products and services during their routes within cities as well as on highways.

Commercial ad campaigns, especially sponsored ones, need to have features that increase their effectiveness, such as metrics and performance statistics. Ad tracking is the general practice of collecting user profile data and its interaction with ads to optimize their effectiveness. Advertisers often try to match ads to potential consumers; this match is known as ad targeting.

In this thesis we present SEGMETRIK, a lightweight beacon based application protocol that fulfills the requirements of targeting and tracking of ads. There are already proposals in the literature for the use of applications aimed at the dissemination of location-aware information and commercial advertisements in vehicular networks. However, the solution proposed in this work includes a series of features and characteristics, which to our knowledge, do not exist concurrently in published works, which makes this a unique approach. Because of the peculiar nature of this work with regard to ads in VANETs, we investigated and suggested the following metrics, ad reach, ad impressions and clicks, and performance indicators CPR (Cost Per Reach), CPM (Cost Per Mille), CTR (Click-Through Ratio) and CPC (Cost Per Click).

Simulations and analysis were performed in two scenarios: (i) partially targeted using V2V communications, involving a POI and 505 vehicles in a 14 km^2 area based in Manhattan city and (ii) fully targeted using V2I communications, involving 5 RSUs, 15 POIs and 192 vehicles in an area of 10 km^2 based in Belo Horizonte city. Therefore, this work demonstrated through simulations and analysis that strategies of ad targe-

ting and ad tracking performance can be applied successfully to applications that use opportunistic discovery of points of interest in vehicular networks.

Keywords: VANET, vehicular network, online advertising, marketing, performance tracking, metrics, opportunistic discovery, services advertisement and discovery, points of interest, POI.

Lista de Figuras

2.1	Pilha de comunicação WAVE com indicação de padrões IEEE e suas referências de camadas OSI [25].	15
2.2	Faixa do espectro utilizada pelo DSRC e seus canais alocados pelo FCC nos EUA [25].	15
4.1	Ilustração da integração do protocolo SEGMENTRIK com redes heterogêneas, adaptado de [21].	32
4.2	Pilha de protocolo WAVE definido pelo IEEE 1609 WG [22].	33
4.3	Visão geral das entidades envolvidas, adaptado de [8].	34
4.4	Diagrama da visão geral de interações do SEGMENTRIK.	35
4.5	Fluxograma do processo de <i>broadcast</i> do índice de categorias de anúncios a partir do RSU e as futuras etapas.	46
4.6	Fluxograma do processo de <i>broadcast</i> de anúncios <i>thinAds</i> a partir do RSU e as futuras etapas.	47
4.7	Fluxograma do processo de requisição de anúncios a partir de um veículo para infraestrutura RSU (V2I).	49
4.8	Fluxograma do processo de requisição do índice de categorias de anúncios a partir de um veículo para veículos vizinhos (V2V).	51
4.9	Fluxograma do processo de resposta para requisição de anúncios e índices de categorias a partir de um veículo para veículos vizinhos (V2V).	53
4.10	Fluxograma do processo de requisição de anúncios a partir de um veículo para veículos vizinhos (V2V) e as futuras etapas.	55
4.11	Fluxograma do processo de sinalização de disponibilidade para recebimento de dados estatísticos e métricas de anúncios presente nos veículos (I2V).	57
4.12	Fluxograma do processo de <i>upload</i> de dados estatísticos de anúncios presente nos veículos para o RSU (V2I).	59
5.1	Mapa de calor do desempenho de rede com baixa mobilidade (40 km/h).	64

5.2	Mapa de calor do desempenho de rede com média mobilidade (80 km/h). . .	64
5.3	Mapa de calor do desempenho de rede com alta mobilidade (120 km/h). . .	65
5.4	Análise de PDR na disseminação de <i>thinAds</i> em diferentes mobilidades. . .	66
5.5	Cenário baseado na cidade de <i>Manhattan</i> utilizado para as simulações - V2V. .	67
5.6	Requisições respondidas para o cenário com segmentação - V2V.	68
5.7	Posições dos veículos para o cenário com segmentação - V2V.	69
5.8	Requisições respondidas para o cenário sem segmentação - V2V.	70
5.9	Posições dos veículos para o cenário sem segmentação que receberam res- posta com anúncio - V2V	70
5.10	Métrica de alcance e custo total com CPR de \$1,50 para o cenário com e sem segmentação - V2V.	71
5.11	Custo CPR médio no cenário com segmentação e sem segmentação - V2V. .	72
5.12	Cenário utilizado para simulações, regiões <i>Alfa</i> e <i>Beta</i> - V2I.	73
5.13	Métrica de impressões de anúncios no cenário com segmentação nas regiões <i>Alfa</i> e <i>Beta</i> - V2I.	76
5.14	Posicionamento geográfico da distribuição segmentada de anúncios na região <i>Alfa</i> - V2I.	77
5.15	Posicionamento geográfico da distribuição segmentada de anúncios na região <i>Beta</i> - V2I.	78
5.16	Métrica de impressões de anúncios no cenário sem segmentação nas regiões <i>Alfa</i> e <i>Beta</i> - V2I.	79
5.17	Posicionamento geográfico da distribuição não segmentada de anúncios na região <i>Alfa</i> - V2I.	80
5.18	Posicionamento geográfico da distribuição não segmentada de anúncios na região <i>Beta</i> - V2I.	80
5.19	Diferença em percentual de impressões com a disseminação de anúncios não segmentados comparado quando entregues de forma segmentada - V2I. . .	82
5.20	Custo médio de CPM dos anúncios supondo um custo fixo de \$50 para cada POI, comparando os cenários com e sem segmentação - V2I.	82
5.21	Métrica de clique e seu custo (com CPC em \$0,80) em anúncios no cenário com segmentação nas regiões <i>Alfa</i> e <i>Beta</i> - V2I.	83
5.22	Métrica de CTR em anúncios no cenário com segmentação nas regiões <i>Alfa</i> e <i>Beta</i> - V2I.	84
5.23	Métrica de clique e seu custo (com CPC em \$0,80) em anúncios no cenário sem segmentação nas regiões <i>Alfa</i> e <i>Beta</i> - V2I.	85
5.24	Métrica de CTR em anúncios no cenário sem segmentação nas regiões <i>Alfa</i> e <i>Beta</i> - V2I.	85

5.25	Diferença em percentual de cliques com a disseminação de anúncios não segmentados comparado quando entregues de forma segmentada - V2I. . .	87
5.26	Custo médio de CPC dos anúncios supondo um custo fixo de \$50 para cada POI, comparando os cenários com e sem segmentação - V2I.	87

Lista de Tabelas

3.1	Síntese dos trabalhos relacionados	26
4.1	Exemplo de definição de regras para segmentação de anúncios.	38
5.1	Parâmetros utilizados nas simulações de segmentação de anúncios entre RSU e veículos (V2I).	63
5.2	Parâmetros utilizados nas simulações de segmentação de anúncios entre veí- culos (V2V).	68
5.3	Lista dos POI e seus respectivos anúncios e regras de segmentação registra- das no RSU.	74
5.4	Parâmetros utilizados nas simulações de segmentação de anúncios entre RSU e veículos (V2I).	75
5.5	Impressões e custos (com base em um CPM \$33) resultantes das simulações de disseminação de anúncios entre RSU e veículos (V2I).	81
5.6	Cliques e custos (com base em um CPC \$0,80) resultantes das simulações de disseminação de anúncios entre RSU e veículos (V2I).	86

Sumário

Agradecimentos	vii
Resumo	ix
Abstract	xi
Lista de Figuras	xiii
Lista de Tabelas	xvii
1 Introdução	1
1.1 Motivação	3
1.2 Definição do problema	4
1.2.1 Obter métricas de marketing no âmbito de redes veiculares . . .	6
1.2.2 Obter controle de alcance por segmentação	6
1.2.3 Minimizar os problemas de disseminação de anúncios	8
1.2.4 O uso de estratégia híbrida de comunicação <i>push</i> e <i>pull</i>	8
1.3 Objetivos	8
1.4 Contribuições	9
1.5 Organização	9
2 Redes Veiculares	11
2.1 Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS)	11
2.2 Padrões de comunicação veicular	13
2.2.1 Alocação do espectro 5.9 GHz	14
2.2.2 Família de padrões IEEE 1609	17
2.2.3 IEEE 802.11p	18
3 Trabalhos Relacionados	21
3.1 Disseminação de informação	21

3.2	Disseminação de anúncios e descoberta de serviços em VANETs	22
3.3	Mercado virtual	25
3.4	Considerações finais	25
4	SEGMETRIK	27
4.1	Pontos de Interesses (POI)	27
4.2	Anúncios	29
4.2.1	Anúncio completo	29
4.2.2	Anúncio <i>thinAd</i>	30
4.3	Premissas básicas	31
4.4	Características do SEGMETRIK	31
4.4.1	Protocolo na camada de aplicação	31
4.4.2	Utilização de mensagens WSM leves na forma de <i>beacon</i>	32
4.4.3	Comunicações oportunísticas	32
4.4.4	Suporte a multicanais - IEEE 1609.4	33
4.4.5	Estratégia híbrida <i>push</i> e <i>pull</i>	33
4.5	Entidades envolvidas	34
4.5.1	Interações entre as entidades envolvidas	35
4.6	Fases do protocolo	36
4.7	Segmentação baseada em variáveis de contexto	36
4.7.1	Segmentação completa - I2V	37
4.7.2	Segmentação parcial - V2V	38
4.8	Métricas e indicadores de desempenho	39
4.8.1	Alcance do anúncio (<i>Ad reach</i>)	40
4.8.2	Impressões do anúncio (<i>Ad impressions</i>)	40
4.8.3	Cliques (<i>Clicks</i>)	40
4.8.4	CTR (<i>Click-Through Ratio</i>)	41
4.8.5	Custo (<i>Cost</i>)	41
4.8.6	CPR (<i>Cost Per Reach</i>)	41
4.8.7	CPM (<i>Cost Per Mille</i>)	41
4.8.8	CPC (<i>Cost Per Click</i>)	42
4.8.9	Métricas de conversão e alcance potencial do anúncio	42
4.9	Serviços do protocolo	43
4.9.1	I2V - <i>Broadcast</i> do índice de categorias de anúncios	44
4.9.2	I2V - <i>Broadcast</i> de anúncios <i>thinAds</i>	45
4.9.3	V2I - Requisição de anúncio	46
4.9.4	I2V - Resposta de requisição de anúncio	50

4.9.5	V2V - Requisição do índice de categorias de anúncios	50
4.9.6	V2V - Resposta do índice de categorias de anúncios	52
4.9.7	V2V - Requisição de anúncio	54
4.9.8	V2V - Resposta de requisição de anúncio	56
4.9.9	I2V - Sinal de disponibilidade para recebimento de métricas de anúncios	57
4.9.10	V2I - Envio de métricas de anúncios	58
5	Avaliação e resultados	61
5.1	Simuladores	61
5.2	Avaliação de desempenho de rede	62
5.2.1	Caracterização da simulação	62
5.2.2	Parâmetros	63
5.2.3	Resultados	63
5.3	Avaliação para segmentação de anúncios compartilhados entre veículos .	66
5.3.1	Caracterização da simulação	66
5.3.2	Parâmetros da simulação	68
5.3.3	Resultados da simulação	68
5.4	Avaliação para segmentação de anúncios compartilhados entre RSU e veículos	72
5.4.1	Caracterização da simulação	73
5.4.2	Parâmetros da simulação	75
5.4.3	Resultados da simulação	75
6	Conclusões	89
6.1	Trabalhos futuros	90
	Referências Bibliográficas	91

Capítulo 1

Introdução

As redes veiculares *ad hoc* (*Vehicular Ad Hoc Networks* - *VANETs*), uma subclasse das redes móveis *ad hoc* (*Mobile Ad hoc Networks* - *MANETs*), desempenham um papel importante na adesão de *smart cities*, facilitando a conexão ubíqua entre os veículos (*Vehicle-to-Vehicle* - *V2V*) ou através de infraestruturas (*Vehicle-to-Infrastructure* - *V2I*) [36]. Além do principal objetivo das VANETs em oferecer soluções para prevenção de acidentes, melhoria do fluxo de tráfego dos veículos e redução da poluição, várias outras aplicações não relacionadas a segurança, classificadas como conforto ou entretenimento (*non-safety* ou *comfort applications*) têm recebido bastante atenção ultimamente [22, 33].

Os sistemas de transporte inteligentes (*Intelligent Transport Systems* - *ITS*) são formados quando sistemas de informação, dispositivos eletrônicos e tecnologias de comunicação sem fio são adicionados nas infraestruturas de transporte e veículos [17]. Estes sistemas possuem um grande potencial para, principalmente, aumentar a segurança e eficiência nas rodovias, promover descobertas de melhores rotas como alternativas e reduzir congestionamentos e atrasos em transportes públicos [58].

Os ITS têm possibilitado a expansão de novos negócios na área de transportes. Desde meados da década de 1990, projetos e aplicações ITS voltados para categoria de conforto têm sido observados, como é o caso da coleta de pedágio eletrônico (*Electronic Toll Collection* - *ETC*) [35]. Pesquisas sobre disseminação de conteúdo multimídia [23], descoberta e localização de vagas em estacionamento [3], procura de serviço de táxi disponível (*taxi booking*) [68], *online games* [47] e aplicação de *voice chat* dentro de um conceito de redes sociais veiculares (*Vehicular Social Network* - *VSN*) [56] são apenas alguns exemplos.

Dentre estas várias aplicações de conforto para redes veiculares, uma área que tem recentemente chamado atenção e tem sido investigada é o serviço de descoberta e

localização oportunística de Pontos de Interesse (*Points of Interest* - POI) durante as rotas de veículos. Neste trabalho, comunicações oportunísticas é um termo utilizado para definir quando existem eventuais oportunidades de comunicação entre veículos ou infraestruturas às margens da rodovia, sem a necessidade de se manterem conectados entre eles durante todo tempo ou através de uma rede adicional, como a Internet. Um POI é uma entidade em uma localização específica que alguém possa achar útil ou interessante e normalmente é associado como alguma entidade física que ofereça produtos ou serviços.

Tais POIs como restaurantes, hotéis, postos de combustível e entre outros, poderiam se beneficiar destas redes para disseminar seus anúncios para uma grande quantidade de potenciais consumidores (representados neste contexto por motoristas ou passageiros). Da mesma forma, estes possíveis consumidores podem utilizar destas aplicações para encontrar produtos e serviços durante suas rotas dentro das cidades como também em rodovias.

Muitos destes serviços utilizam geralmente propagandas em *outdoors*, que são veiculadas ao ar livre através de placas molduradas posicionadas em locais de grande visibilidade próximo às rodovias. No entanto, existem diversas desvantagens neste tipo de publicidade. Pelo o lado do anunciante – neste trabalho apresentado como um POI – este formato de publicidade não digital não oferece mecanismos nem meios eficazes em prover estatísticas e análise de desempenho das campanhas publicitárias. Consequentemente, não sendo possível obter nenhum tipo de direcionamento em como deveria alterar as definições estratégicas empregadas na publicidade, incluindo o posicionamento geográfico e público alvo. Também dificulta a tarefa de calcular e otimizar o retorno sobre investimento de campanhas publicitárias neste formato. Existe também uma recente discussão, inclusive no Brasil, sobre legislações que proíbem o uso destes *outdoors* nas cidades para fins de propaganda. Estas leis, sob a argumentação de “cidades limpas”, abrangem restrições inclusive sobre anúncios publicitários em muros, coberturas e laterais de lotes urbanos, bicicletas, motos, ônibus e carros.

Para os consumidores, as principais desvantagens incluem a impossibilidade de, em desejados momentos, buscar por determinados serviços ou produtos, tal como a falta de comodidade pela inexistência da interação diretamente com o POI, no sistema multimídia ou computador de bordo, sobretudo em veículos inteligentes. Conforme citado anteriormente, a própria poluição (visual e sonora) observada nas cidades pode ser questionada por algumas pessoas.

Pela similaridade dos anúncios digitais nas plataformas tradicionais da Internet – dispositivo móvel e *desktop* – com as futuras aplicações em redes veiculares, acreditamos que o mesmo comportamento de forte adesão se repita.

1.1 Motivação

A atividade de marketing e publicidade online dentro de veículos é um dos fortes candidatos a expansão de negócios em ITS. Keller [30] acredita que um dos principais benefícios da construção de uma marca forte e reconhecida é o aumento da eficácia da comunicação de marketing com os consumidores.

De acordo com um estudo realizado pela *PwC Advisory Services LLC* em prol da *Interactive Advertising Bureau* (IAB), a receita em publicidade digital *online* totalizou, apenas nos Estados Unidos, U\$72,5 bilhões de dólares em 2016, um crescimento de 21,8% em relação ao ano anterior. Segundo Randall Rothenberg [52], presidente e CEO¹ da IAB, os dispositivos móveis abasteceram a economia da internet em 2016 e os anunciantes mostraram confiança no meio digital para atingir seus objetivos de marketing. Pela primeira vez na história, em 2016 os dispositivos móveis ultrapassaram a marca de 50% da receita proveniente do mercado de publicidade digital na internet e a tendência é continuar em alta. Na comparação entre os anos de 2013 e 2016, houve um aumento de 415%. Este crescimento representa 76% se considerado apenas os anos de 2015 e 2016 [52]. Ainda na opinião de Rothenberg, este crescente movimento é um reflexo da contínua mudança do perfil dos novos consumidores de hoje em dia. Novas soluções mais cômodas para determinados fins têm sido adotadas, como ocorreu a mudança na forma das pessoas enviarem mensagens instantâneas eletrônicas usando *desktop* (ICQ²) para dispositivos móveis (WhatsApp³).

As redes veiculares em breve serão parte do nosso dia a dia assim como o uso do automóvel é hoje. As aplicações ITS voltadas ao mercado de marketing se apresentam como um nicho com grande potencial para geração de novos negócios através da publicidade digital dentro dos veículos e, conseqüentemente, beneficiar a economia local. Também tem o potencial em proporcionar comodidade e entretenimento aos condutores e passageiros de veículos com anúncios publicitários com conteúdos multimídias e interativos que sejam relevantes para sua localização geográfica espacial naquele determinado momento. Em 2011, um estudo analisou 24.000 anúncios online com mais de 12 bilhões de visualizações na América do Norte durante os meses de julho a dezembro de 2011 e concluiu que os usuários que foram expostos a anúncios com vídeos são até 6 vezes mais suscetíveis em visitar o site do anunciante [26]. Conforme Nandan et al. [42] acreditam, isto poderia ser adaptado ao seguinte cenário em redes veiculares; durante

¹Chief Executive Officer

²ICQ foi criado em 1996 como um dos primeiros programas de mensagens instantâneas da internet, tido como um dos mais populares na época.

³Aplicativo de mensagens instantâneas para dispositivos móveis criado em 2009, alcançou a marca superior a 1 bilhão de usuários em 2016.

uma viagem em uma cidade desconhecida, o passageiro receba um anúncio de ofertas para quartos em hotéis disponíveis nas proximidades e, com uma simples interação acesse um *tour* virtual em vídeo, preços e opção em realizar uma pré-reserva.

1.2 Definição do problema

As campanhas de anúncios comerciais, especialmente as patrocinadas, necessitam dispor de recursos que aumentem sua eficácia, como obtenção de métricas e estatísticas de desempenho. O rastreamento de anúncios é a prática geral de coletar dados de perfil do usuário e sua interação com os anúncios para otimizar a eficiência dos mesmos. Uma métrica comum de desempenho de anúncios é a CPC (*Cost Per Click*), que indica o preço médio pago pelo anunciante para cada clique recebido no anúncio resultado da interação do usuário. Os casos habituais incluiriam:

- No contexto de comércio eletrônico, clicando em um anúncio e chegando à página do catálogo para um determinado produto.
- No contexto de um passageiro em um veículo que dispõe de recursos multimídia e conexão à uma rede veicular, após ter conhecimento de pontos de interesses nas proximidades do veículo, solicitar o anúncio completo para uma futura interação com o anunciante.

O CPC é influenciado pela eficiência do anúncio e pelo preço de impressão. Uma impressão de anúncio é o momento em que um usuário vê o anúncio. Para melhorar a eficiência do anúncio, mesmo que o usuário faça uma requisição específica, os anunciantes geralmente tentam corresponder os anúncios aos possíveis consumidores, a fim de não desperdiçar impressões (e investimento) em clientes para os quais esse anúncio não seja relevante [13].

Essa correspondência, conhecida na área por segmentação de anúncios, toma como entrada alguma representação do perfil do usuário em termos de observações mensuráveis, tais como:

- No contexto de anúncios online; páginas de produtos visitadas, interesses (medido por interações de mídia social, por exemplo, perfis do *Twitter*, *Instagram* ou participação em grupos do *Facebook*).
- No contexto de redes veiculares; localização, situação momentânea como data e hora, histórico de consumo (anúncios clicados no passado) e entre outros [13].

Essa segmentação pode ser supervisionada ou não supervisionada. Em um cenário supervisionado, normalmente, os profissionais de anúncios analisarão manualmente o desempenho do anúncio e alterarão as informações contextuais nos anúncios (localização geográfica, etc.). Em um cenário não supervisionado, um algoritmo determinará qual anúncio exibir para um determinado usuário para maximizar a eficiência. Algoritmos de seleção de anúncios não supervisionados podem ser muito sofisticados, mas na média funcionam melhor [13].

Portanto, uma solução para o problema definido demandaria:

- (a) Prover meios para infraestruturas e veículos que possuem anúncios de POIs informarem tal disponibilidade, para demais veículos em momentos oportunos.
- (b) Prover meios para o usuário procurar e requisitar por anúncios a um RSU, um determinado veículo ou a todos veículos em seu alcance.
- (c) Prover meios de identificar o usuário requisitante, para que os anúncios entregues possam corresponder ao seu perfil de interesse.
- (d) Prover meios de responder a requisição com o anúncio selecionado em tempo hábil, antes que o usuário perca o interesse ou saia do alcance de comunicação.
- (e) Prover meios para que veículos e RSU possam registrar dados estatísticos referentes ao rastreamento de anúncios.
- (f) Prover meios para que veículos possam identificar momentos oportunos e transmitir tais dados referentes ao rastreamento de anúncios para um servidor central através de infraestruturas.

Já existem propostas na literatura para o uso de aplicações voltadas a disseminação de informações sensíveis à localização (*location-aware*) e anúncios de propagandas em redes veiculares [32, 10, 42]. Contudo, estes trabalhos não permitem a segmentação e rastreamento de desempenho de anúncios em serviços de descoberta oportunística de pontos de interesses, que siga os padrões de redes VANETs.

Neste trabalho apresentamos o SEGMETRIK, um protocolo de aplicação, leve e baseado em *beacon* (*lightweight beaconing-based* [61, 60]), que contempla a exigência de segmentação e rastreamento de anúncios. Além disso, a solução proposta neste trabalho inclui uma série de recursos e características das quais não existem concomitantemente em trabalhos divulgados na literatura do nosso conhecimento, que faz desta uma abordagem singular.

Portanto, este trabalho define um protocolo para fins específicos, assim como o *File Transfer Protocol* (FTP) foi projetado para transferir arquivos entre computadores em uma rede, o *Internet Message Access Protocol* (IMAP) para gerenciar e recuperar *e-mails* em caixas de correio eletrônico, e vários outros protocolos de aplicação.

A seguir apresentamos alguns dos desafios gerais de pesquisa inerentes ao trabalho.

1.2.1 Obter métricas de marketing no âmbito de redes veiculares

Observa-se em trabalhos relacionados, muitas limitações em relação a recursos da área de marketing e anúncios *online* (*online advertising*), como métricas e indicadores de desempenho (*Key Performance Indicators - KPI*) que permitam medir e avaliar o desempenho das campanhas de marketing. De acordo com Reynolds [54], métricas precisas e consistentes são fundamentais para determinar a eficácia da publicidade online.

Devido a natureza peculiar deste trabalho no que se refere a anúncios de propaganda em redes veiculares, não existem métricas consolidadas específicas de marketing para tal modelo de comunicação. Portanto, investigamos e sugerimos métricas que sejam possíveis de serem adaptadas no contexto deste trabalho, baseando naquelas usualmente empregadas para anúncios online. Pode-se destacar alguns exemplos como CPM (*Cost Per Mille*) para denotar o custo de 1.000 impressões de anúncios, CPC (*Cost Per Click*) para indicar o custo por clique recebido, CTR (*Click-Through Rate*) para indicar a taxa de cliques recebidos em relação a quantidade de vezes que o anúncio foi exibido, entre outros [54]. Assim sendo, o protocolo proposto neste trabalho dispõe de formas para obter ou estimar tais valores.

1.2.2 Obter controle de alcance por segmentação

Normalmente os anunciantes desejam investir a menor quantidade de recursos financeiros alcançando o melhor custo-benefício possível, em qualquer tipo de mídia utilizada, seja em jornais, televisão e Internet. Com o advento de tecnologias móveis, aumentou-se a capacidade de entender onde o usuário está presente e quais seus possíveis interesses dado determinado momento [49].

A segmentação (*ad targeting*) é uma abordagem que visa entregar anúncios para públicos que provavelmente tenham interesses no que está sendo anunciado ou que provavelmente serão de certa forma afetados pelo anúncio que está sendo apresentado. A

intenção é maximizar a probabilidade de o anúncio resultar em conversão, ou seja, o anunciante atingir seu determinado objetivo. Algumas pesquisas mostram que várias estratégias de segmentação possuem impactos na eficiência dos anúncios [48, 63]. Novos tipos de mídias, principalmente plataformas online, oferecem oportunidades de segmentação efetiva apresentando conteúdos às pessoas com base em dados demográficos ou comportamentais [49].

A segmentação comportamental (*behavioral targeting*) fornece uma abordagem em aprender uma função de segmentação a partir de dados históricos [6]. Em geral, utilizando a influência do comportamento passado de um usuário para prever seu comportamento futuro [49]. Yan et al. [64] concluíram que usuários impactados por um mesmo anúncio online, certamente terão comportamentos similares. Através deste estudo, eles mostraram que o CTR de um anúncio pode ser melhorado em média 670% quando realizada adequadamente a segmentação comportamental.

De Sa et al. [9] acreditam que a relevância situacional (a combinação de três dimensões; usuário, tempo e localização) é um fator importante na satisfação dos usuários com a publicidade e aumenta a eficácia do anúncio. Observa-se que em trabalhos sobre anúncios online, o histórico de compras e navegação, além da demografia, foram considerados como influências positivas nas campanhas de marketing [9, 37].

A segmentação contextual (*contextual advertising*), especialmente para anúncios na web, pode ser realizada através da relevância do conteúdo. Normalmente a relevância do conteúdo pode ser obtida através da inserção do anúncio relevante ao conteúdo na qual o usuário esteja acessando. Por exemplo, incluindo anúncios de livros de receitas em uma página sobre culinária [63]. Um fator crucial que permite tal segmentação, é a possibilidade das páginas online serem analisadas e obtidas por *softwares* (conhecidos como *bots* ou *crawlers*), armazenadas *offline* e posteriormente indexadas [43]. Entretanto, ao investigar este tipo de segmentação em dispositivos móveis, sobretudo em anúncios dentro dos aplicativos (*in-app advertising*), nota-se limitações em realizar tais tarefas. Logo, outros modelos de segmentação têm sido investigados para estes casos [9].

Diferente da segmentação contextual, soluções que utilizam a abordagem segmentação consciente ou sensíveis ao contexto (*context-aware advertising*) exibem anúncios relativos ao contexto físico do usuário, como sua localização geográfica ou outras características do ambiente [43]. Apresentamos nesta dissertação um protocolo que provê suporte para algumas destas abordagens de segmentação, ainda que dentro das limitações da natureza deste modelo de marketing em redes veiculares. Algumas possíveis variáveis de contexto são listadas na Seção 4.7.

1.2.3 Minimizar os problemas de disseminação de anúncios

Nota-se que trabalhos relacionados ao desta dissertação sacrificam importantes recursos dos anúncios por estarem focados nas limitações das tecnologias de comunicação sem fio, sobretudo no que se refere a velocidade da comunicação e a curta janela de tempo disponível para conexão enquanto o veículo mantém-se dentro da limitada cobertura de sinal [11], tradicionalmente observado em redes VANET.

O padrão de redes veiculares IEEE 802.11p é amplamente adotado principalmente para a comunicação direta entre veículos (*Dedicated Short-Range Communications - DSRC*), sem a necessidade de infraestruturas (V2V) e possui habilidade de se comunicar com baixo *overhead*.

Neste trabalho, as infraestruturas *Roadside Unit* (RSU) são as principais fontes de origem dos anúncios para sua disseminação no sistema proposto. No entanto, usamos também um mecanismo para que os veículos colaborem na disseminação oportunística de anúncios. Assim, mesmo que existirem veículos fora da área de cobertura de sinal dessas infraestruturas, os mesmos terão oportunidades de receberem tais conteúdos através de requisições efetuadas para veículos em sua proximidade, que tenham recebido e armazenado os anúncios previamente.

1.2.4 O uso de estratégia híbrida de comunicação *push* e *pull*

Considerando o problema de disseminação de dados, suponhamos uma rede com uma coleção de nós origem (*source nodes*) que mantém e atualiza periodicamente objetos de dados a serem acessados por nós destinos (*sink nodes*). Na estratégia *push*, os nós de origem disseminam as informações independente de consultas dos nós destino. Diferentemente, o mecanismo *on-demand pull*, propõe que os nós destino façam requisições sob demanda para tais origens.

Os autores Liu et al. [34] e Trigoni et al. [59] concluíram que em geral, para redes *ad hoc*, a estratégia híbrida é melhor que a utilização de esquemas com apenas *push* ou *pull*. Portanto, foi adotado o uso desta estratégia na especificação do SEGMETRIK.

1.3 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é propor e avaliar um protocolo leve, na camada de aplicação, para redes veiculares (VANETs) que permita a entrega segmentada de anúncios, e criar métricas para rastreamento de desempenho na descoberta oportunística de pontos de interesses.

Desta forma, o trabalho proposto nesta dissertação contribuirá com meios para o desenvolvimento de aplicações que possibilitem aos anunciantes (proprietários de negócios, serviços ou comércio) a veiculação de anúncios, como também promover aos passageiros de veículos formas oportunas de encontrarem POIs patrocinados durante o seu trajeto.

1.4 Contribuições

As principais contribuições desta dissertação são:

- A definição de um protocolo leve da camada de aplicação para o serviço de descoberta oportunística de pontos de interesses em ambiente de redes veiculares (VANET).
- A definição de um modelo para o rastreamento de desempenho e métricas estatísticas de anúncios patrocinados de pontos de interesses. Em um protocolo simples para disseminação de dados em redes *ad hoc*, após realizadas determinadas trocas de mensagens entre os nós, seja por *broadcasts* ou *unicast*, o mesmo não possui meios para responder questionamentos como, qual foi o alcance de cada uma de suas mensagens, seja de forma quantitativa ou qualitativa; quem, quando e onde receberam tais mensagens. O SEGMETRIK, protocolo da camada de aplicação apresentado neste trabalho, define regras e condições responsáveis por este papel de organização e coleta de dados estatísticos.
- Utilizando as métricas propostas no trabalho, realização de simulações e análises na descoberta oportunística de pontos de interesses em dois cenários que envolveram comunicações V2V e V2I. O primeiro cenário demonstrou a segmentação parcial, que envolveu um POI e 505 veículos utilizando apenas comunicação V2V, em uma área de 14 km^2 baseada na cidade de *Manhattan*. O segundo cenário demonstrou a segmentação completa, que envolveu 5 RSUs, 15 POIs e 192 veículos utilizando apenas V2I, em uma área de 10 km^2 baseada na cidade de Belo Horizonte.

1.5 Organização

O restante deste documento é organizado da seguinte forma. O Capítulo 2 apresenta os conceitos fundamentais sobre redes veiculares e a família de protocolos IEEE 1609. Na sequência, o Capítulo 3 apresenta trabalhos relacionados.

O Capítulo 4 apresenta o protocolo SEGMETRIK de acordo com os objetivos traçados para a realização do trabalho, descrevemos as entidades envolvidas, serviços do protocolo, variáveis de contexto e definimos as métricas e os indicadores de desempenho.

No Capítulo 5 são apresentados os simuladores, caracterização das simulações, as avaliações e os resultados.

Finalmente, no Capítulo 6 apresentaremos as considerações finais, trabalhos futuros seguida das referências bibliográficas.

Capítulo 2

Redes Veiculares

Neste capítulo apresentamos os conceitos fundamentais sobre redes veiculares. O texto deste capítulo se organiza da seguinte forma. A Seção 2.1 apresenta os sistemas de transporte inteligente e seus benefícios. Em seguida, a Seção 2.2 apresenta uma introdução ao padrão WAVE.

2.1 Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS)

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) têm transformado nossa sociedade. O rápido desenvolvimento de novas tecnologias introduziu formas de organização e transmissão de informações, modificando a dinâmica de trabalho em muitas indústrias, da saúde à educação, e recentemente está em estágios iniciais para transformar os sistemas de transportes.

As políticas de desenvolvimento e melhoria no sistema de transporte empregadas por muitos países, na maioria das vezes, consideram apenas a construção de novas rodovias ou reparos em antigas infraestruturas, ainda que pesquisas indicam que o futuro do transporte tem como base o aumento do uso de Tecnologia da Informação (TI). É possível transformar os componentes do sistema de transporte – veículos, rodovias, semáforos de trânsito – em elementos inteligentes através da inserção de sensores e microcontroladores, tornando-os capazes de processarem informações e se comunicarem entre si através de redes sem fio.

Os países desenvolvidos que têm aumentado os investimentos nesta área, conhecida por Sistemas de Transporte Inteligentes ou *Intelligent Transportation Systems* (ITS), têm obtido resultados positivos com melhorias significativas em redução de congestionamento, aumento da segurança no trânsito e disponibilidade de serviços de comodidade aos usuários.

Ezell [16] classifica os principais benefícios dos ITS em cinco classes:

Aumento da segurança no trânsito: com o grande número de acidentes em rodovias todos os anos, a redução de acidentes é um dos principais objetivos dos ITS. Apenas nos Estados Unidos da América (EUA) em 2016 foram quase 38.000 vítimas fatais [45] e estima-se 4,6 milhões de vítimas seriamente feridas [44], que representa uma vítima a cada 8,75 segundos. Aplicações ITS proativas como detecção cooperativa de colisão em cruzamentos e sistema de alerta em trocas de faixas, são capazes de prevenir tais acidentes. Sistemas de segurança no trânsito, que utilizam comunicações V2V e V2I, como o *IntelliDrive* nos EUA, tem potencial para evitar 82% dos cenários de colisão de veículos.

Melhoria do fluxo de tráfego, particularmente na redução de congestionamentos:

aplicações ITS potencializam a capacidade das infraestruturas de transportes, reduzindo inclusive em alguns casos a necessidade de construção de novas rodovias. Como exemplo disso, aplicando um sistema de tráfego em tempo real nos semáforos de trânsito dos EUA poderia resultar em uma melhoria significativa do fluxo de tráfego, reduzindo as paradas em até 40% e o tempo de viagem em 25%.

Conveniência aos motoristas e passageiros: os ITS promovem conveniência aos motoristas e passageiros não apenas reduzindo congestionamentos e maximizando a eficiência do transporte, mas também oferecem serviços de rotas, navegação em tempo real e aplicativos de entretenimento, semelhante às aplicações que poderiam ser desenvolvidas utilizando o protocolo apresentado e proposto neste trabalho.

Benefícios ao meio ambiente: o setor de transportes consiste no movimento de pessoas e bens através do uso de carros, caminhões, navios, aviões e outros veículos. Mais de 90% do combustível utilizado por tais veículos é derivado do petróleo, que incluem a gasolina e o diesel [28]. Este setor é considerado por ser um dos maiores contribuintes das emissões de dióxido de carbono (CO₂) no meio ambiente, representando aproximadamente 28,5% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) nos EUA no ano de 2016 [15]. Como já dito, algumas aplicações ITS podem beneficiar o fluxo de tráfego de veículos nas rodovias, otimizando o uso da capacidade da infraestrutura de transporte reduzindo o consumo de combustível em 10% e emissões de gases em 22%, e, portanto, reduz os danos ao meio ambiente.

Benefícios a economia, aumento da produtividade e geração de empregos:

as melhorias no setor de transporte são refletidas nas principais áreas da sociedade. O aumento da produtividade, a impulsão da economia e por consequência, a redução da taxa de desemprego. Os ITS proporcionam retornos de custo-benefício superiores quando comparados aos investimentos tradicionais destinados ao aumento da capacidade de rodovias. No geral, a relação custo-benefício de operações de sistemas ITS foi estimada em cerca de 9 para 1, muito acima da adição da capacidade convencional de rodovias, que tem uma relação custo-benefício de 2,7 a 1. Um estudo de 2005 de um modelo de implantação de ITS em Tucson no Arizona, composto por 35 tecnologias que custariam US\$ 72 milhões para serem implementadas, estimou que os benefícios anuais médios para mobilidade, meio ambiente, segurança e outras áreas totalizariam US\$ 455 milhões por ano, uma relação custo-benefício de 6,3 para 1. Estima-se que se os Estados Unidos implementassem um programa nacional de informações de trânsito em tempo real, o custo atual de estabelecer e operar o programa seria de US\$ 1,2 bilhão, mas renderia benefícios de US\$ 30,2 bilhões, uma relação de custo-benefício de 25 para 1.

2.2 Padrões de comunicação veicular

Esta seção apresenta uma introdução ao padrão *Wireless Access in Vehicular Environment* (WAVE) com referências de [25] e [62].

Desde os primeiros desenvolvimentos dos ITS, as comunicações em redes sem fio foram consideradas uma tecnologia essencial. As primeiras aplicações ITS, como a coleta eletrônica de pedágio utilizavam a faixa de 900 Mhz (entre 902 MHz e 928 MHz). Em pouco tempo, esta faixa já estava muito pequena e poluída para o desenvolvimento de novas aplicações. Em 1997, a *Intelligent Transportation Society of America* (ITSA) solicitou ao *Federal Communications Commission* (FCC) que fosse reservado uma banda de 75 MHz na faixa de 5.9 GHz (entre 5.850 GHz e 5.925 GHz) com objetivo específico de suportar as comunicações de curto alcance, conhecidas como *dedicated short-range communications* (DSRC).

Em 2003 a FCC seguiu a sugestão da ITSA para adotar um padrão baseado na família de padrões IEEE 802.11 que tinha sido iniciado seu desenvolvimento pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Mais tarde em 2004, este trabalho foi conduzido por um grupo de trabalho para elaboração de uma emenda ao padrão (IEEE 802.11). O resultado foi o documento conhecido por IEEE 802.11p. Paralela-

mente, outro grupo de trabalho (IEEE 1609) iniciou o desenvolvimento da especificação de camadas adicionais na suíte de protocolos, que resultou em quatro documentos de padrões 1609: IEEE 1609.1, IEEE 1609.2, IEEE 1609.3, IEEE 1609.4. Juntos com o protocolo 802.11p, eles definem a arquitetura WAVE, que especifica o modelo de comunicação, estrutura de gerenciamento, mecanismos de segurança e acesso físico para comunicações de curto alcance (até 1 Km) com alta velocidade (até 27 Mbps) e baixa latência em ambientes veiculares.

Esta arquitetura é composta, principalmente, por unidades de acostamento (*Road-Side Unit* - RSU) e veículos, também conhecidos por unidades de bordo (*On-Board Unit* - OBU). As RSUs não são restritas a uma única localização, mas são consideradas nós estáticos, instalados ao longo das vias de tráfego ou em infraestruturas já existentes (semáforos de trânsito). Os OBUs por sua vez, são nós móveis instalados dentro dos veículos. Portanto, as duas principais formas de comunicação em VANETs são:

Vehicle-to-Vehicle (V2V): envolvem as comunicações entre veículos, muito importante para aplicações de segurança, onde veículos trocam informações sobre suas posições e velocidades, como também condições das rodovias.

Vehicle-to-Infrastructure (V2I): são comunicações entre veículos e RSUs, que normalmente são usados como ponto de acesso e *gateway*.

A comunicação entre RSUs e OBUs são suportadas por duas pilhas de protocolos, como mostrado na Figura 2.1. No modelo *Open System Interconnection* (OSI), estas pilhas utilizam as mesmas camadas inferiores, *layers* 1 e 2, equivalentes a camada física (PHY) e de controle de acesso ao meio (MAC). Elas se diferenciam em camadas superiores, a *layer* 3 (camada de rede) e *layer* 4 (camada de transporte), onde uma utiliza o IPv6 e a outra o WSMP. A maior motivação em especificar duas pilhas de protocolos é a necessidade em suportar o desenvolvimento de aplicações com requisitos diferentes, como baixa latência. Estas aplicações utilizam a pilha do WSMP, enquanto aplicações tradicionais, que exigem maior largura de banda e outros recursos de rede, utilizam a pilha do IPv6 com os protocolos de transporte UDP/TCP. Diferente do modelo OSI, a arquitetura WAVE não especifica as camadas de sessão (*layer* 5), apresentação (*layer* 6) e aplicação (*layer* 7).

2.2.1 Alocação do espectro 5.9 GHz

A Figura 2.2 mostra a faixa do espectro utilizada pelo DSRC e seus canais alocados pelo FCC. Essa alocação consiste em 7 canais com 10 MHz de largura de banda cada, com

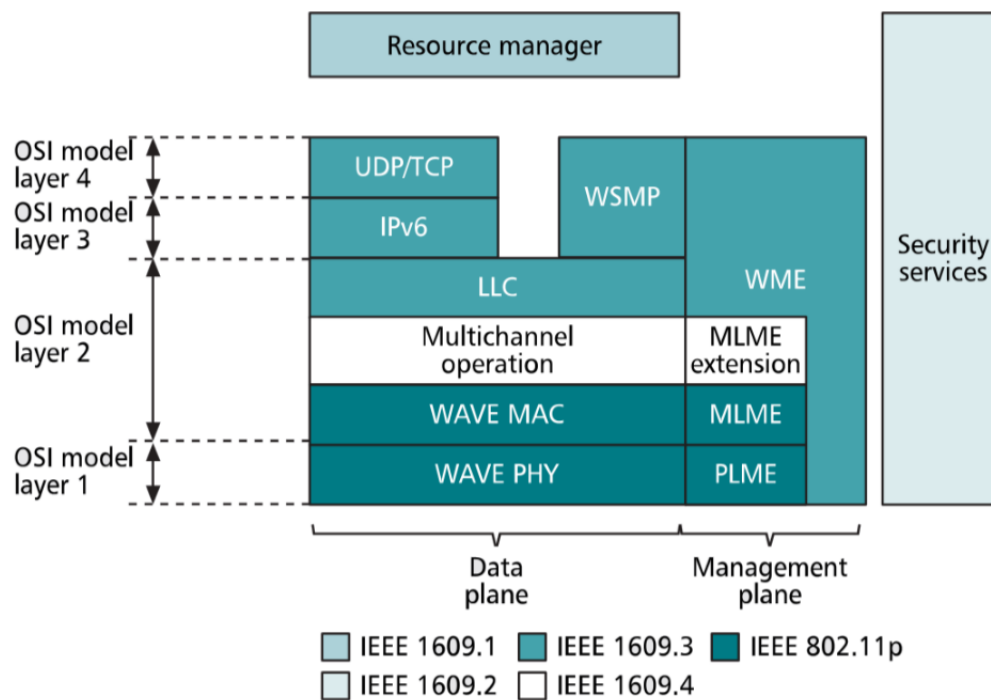


Figura 2.1. Pilha de comunicação WAVE com indicação de padrões IEEE e suas referências de camadas OSI [25].

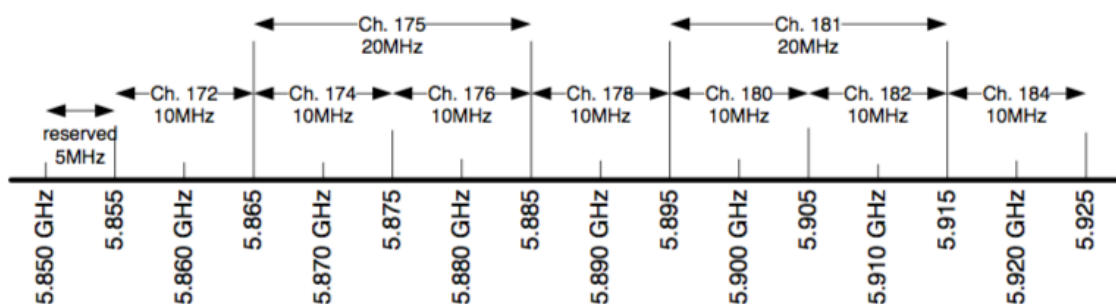


Figura 2.2. Faixa do espectro utilizada pelo DSRC e seus canais alocados pelo FCC nos EUA [25].

algumas restrições de acordo com a finalidade do uso. Foram reservados 5 MHz iniciais, entre 5.850 a 5.855 GHz. O canal 178 é reservado para mensagens de controle (CCH), enquanto os canais 172, 174, 176, 180, 182 e 184 são canais de serviço (SCH). Além disso, os canais 174 e 176, como também os canais 180 e 182, podem ser combinados para produzir canais de 20 MHz, identificados respectivamente por 175 e 181.

O primeiro e último canal, 172 e 184 respectivamente, são reservados para comunicações especiais. O canal 172 foi designado pelo FCC para “comunicações de

segurança entre veículos (V2V) para prevenção e mitigação de acidentes, e aplicações de segurança”. O canal 184 foi reservado para “comunicações de alta potência e distâncias maiores a serem usadas em aplicações de segurança pública envolvendo segurança com risco de vida, incluindo a mitigação de colisões em interseções em rodovias”.

2.2.1.1 Tipos de canais

O padrão WAVE especifica dois tipos de canais de comunicação: um único canal de controle (CCH) e múltiplos canais de serviços (SCH). Três cenários típicos podem ser observados na troca de mensagens deste padrão.

2.2.1.2 Canal de controle - CCH

Primeiramente, um cenário que envolva apenas mensagens no canal de controle, sem uma coordenação específica. O CCH é reservado para mensagens *Wave Short Message* (WSM) e outras mensagens de gerenciamento, como as *WAVE Service Advertisement* (WSA), uma vez que apenas tráfego de mensagens do protocolo WSMP é permitido neste canal. Neste exemplo, um veículo ou RSU poderia emitir um *broadcast* solicitando alguma informação para seus vizinhos, que responderiam, da mesma forma ou por *unicast*.

2.2.1.3 Canal de serviço - SCH

Vários serviços de aplicações, anunciadas ou não através de WSA, podem utilizar o mesmo canal SCH ao mesmo tempo.

2.2.1.4 Aplicações sem anúncios de serviço WAVE (WSA)

Em um segundo cenário, seria um serviço de aplicação sem a utilização do anúncio de serviço WAVE (WSA), ou seja, esta aplicação utiliza um canal SCH predefinido. Qualquer dispositivo WAVE sintonizado neste canal é considerado “participante” neste serviço, o que não automaticamente implica em classifica-lo à um papel específico (ex.: provedor, cliente ou servidor). Um exemplo desta forma de comunicação pode ser observado no canal 172, que foi predefinido pelo FCC nos EUA que seja utilizado para comunicações relacionado a segurança.

2.2.1.5 Aplicações com anúncios de serviço WAVE (WSA)

No terceiro e último cenário, o padrão WAVE fornece um mecanismo para anunciar serviços. Neste caso, um dispositivo WAVE passa a ter o papel de “provedor de serviços”.

Desta forma, ele transmite mensagens do tipo WSA, com informações de identificação e descrição do serviço disponibilizado, como também o canal SCH específico para tal serviço. Outros dispositivos WAVE podem assumir o papel de “usuários” e, portanto, são considerados como possíveis participantes. Por exemplo, um RSU que oferece um serviço de informações sobre o tráfego nas rodovias, transmite no canal de controle (CCH) mensagens WSA com informações de identificação (PSID) e o canal do serviço (SCH 182). Então, os veículos que entrarem no raio de transmissão do RSU, recebem o WSA e após análise do PSID e desejo por tal serviço, sintonizam no canal informado.

2.2.2 Família de padrões IEEE 1609

Entre 2006 e 2007, um grupo de padrões IEEE 1609 a ser utilizado em conjunto com o padrão IEEE 802.11p, foi adotado em testes iniciais para demonstrar a arquitetura e protocolos WAVE. Como resultado de anos de pesquisas, mais tarde em 2010, foi publicado o conjunto de protocolos completos e desde então, principalmente entre 2013 e 2016, vem recebendo melhorias e atualizações no suporte a novos recursos.

Compõe a família de padrões IEEE 1609 publicada em sua última alteração em 2016, conforme a Figura 2.1:

IEEE Std 1609.4-2016 (*Multi-Channel Operations*) especifica as alterações necessárias na camada MAC do IEEE 802.11p para que esta suporte operações em múltiplos canais.

IEEE Std 1609.3-2016 (*Networking Services*) provê endereçamento e roteamento no sistema WAVE. Implementa o *Logical Link Control* (LLC), WSMP, IPv6, TCP e UDP, de acordo com os protocolos existentes.

IEEE Std 1609.2-2016 (*Security Services for Applications and Management Messages*) define questões relacionadas a segurança nos formatos de mensagens WSA e WSM, como autenticidade, confidencialidade e integridade.

IEEE Std 1609.11-2010 (*Over-the-Air Electronic Payment Data Exchange Protocol for ITS*) é o primeiro protocolo de aplicação do padrão IEEE 1609 e provê serviços de segurança para sistemas de pagamento eletrônico.

IEEE Std 1609.12-2016 (*Identifier Allocations*) registra as decisões de alocação de PSID, assim como outros identificadores do padrão WAVE, incluindo *Object Identifier* (OID), *EtherType* e *Management ID*.

2.2.3 IEEE 802.11p

O padrão IEEE 802.11p é, em geral, uma emenda dos padrões IEEE 802.11 para redes veiculares com melhorias e modificações nas camadas PHY e MAC. Com bases no IEEE 802.11a, possui diversas características semelhantes, como o formato da modulação (OFDM), a utilização da técnica *Forward-Error-Correction* (FEC), entre outras. O método de transmissão utilizado pelo 802.11p é o CSMA/CA, comum nos padrões da família IEEE 802.11 [46].

Estas mudanças foram necessárias para melhor suportar nós com alta mobilidade, operação em multicanais e aplicações com tipos diferentes de prioridade.

2.2.3.1 Modificações na camada de controle de acesso ao meio (MAC)

Visando reduzir o tempo de associação entre os nós da rede, um novo tipo de Conjunto Básico de Serviço, ou *Basic Service Set* (BSS) foi introduzido no 802.11p, o WAVE BSS (WBSS). Isto é necessário devido à dinamicidade das redes veiculares.

No WBSS, os nós são capazes de transmitir e receber *frames* sem a necessidade de estarem no mesmo BSS. Assim, desde que usem um identificador *Basic Service Set Identifier* (BSSID) coringa e utilizem o mesmo canal de transmissão, os veículos podem trocar informações de forma mais ágil e sem *overhead* adicional, ideal para cenários que necessitam baixa latência. O WBSS eliminou os passos de associação e autenticação originalmente do padrão IEEE 802.11, resultando na redução do tempo necessário para a associação e deixando para as camadas superiores o controle de grupos e questões de segurança [12].

2.2.3.2 Modificações na camada física (PHY)

Foram mantidas em mínimas possíveis as modificações na camada PHY para uma comunicação eficiente entre nós móveis. Alterações a nível de hardware são mais desafiadoras do que na camada MAC, que normalmente são implementadas em software. Sendo baseado no padrão IEEE 802.11a, que já opera na frequência de 5 GHz, as seguintes modificações foram feitas:

Canais de 10 Mhz: redução da largura do canal de 20 MHz para 10 MHz. A razão disso é o intervalo de guarda não ser longo suficiente para evitar interferências entre símbolos dentro da própria transmissão do rádio em ambientes veiculares.

Requisitos contra interferências: a interferência em redes sem fio é um problema bem conhecido. Especialmente em ambientes veiculares, esta preocupação aumenta, com veículos distribuídos bem próximos uns dos outros. Portanto, foi

introduzido no IEEE 802.11p algumas melhorias nos requisitos para rejeição de canais adjacentes utilizando o *Carrier Sence Multiple Access with Colision Avoidance* (CSMA/CA).

Capítulo 3

Trabalhos Relacionados

Neste capítulo apresentamos uma revisão bibliográfica sobre disseminação de informação e anúncios (Seção 3.1), descoberta oportunística de serviços em redes veiculares (Seção 3.2), como também áreas relacionadas, incluindo mercado virtual (Seção 3.3). Finalmente, na Seção 3.4 apresentamos as considerações finais.

3.1 Disseminação de informação

Os autores Dikaiakos et al. [10] pesquisaram sobre o problema de fornecer aos condutores de veículos informações em um espaço médio de tempo e geográfico sobre as condições de tráfego e das rodovias, como congestionamento e alertas de emergência, e um diretório de serviços de conveniência locais disponíveis na região. Para responder a esta questão, foi proposto o *Vehicular Information Transfer Protocol* (VIPT), um protocolo *location-aware*, da camada de aplicação utilizado para realizar comunicações em curtas distâncias e entre-veículos (V2V) em redes VANET.

Neste protocolo, o veículo envia uma requisição para a área geográfica que deseja obter informação, através do roteamento entre veículos ou por outro meio de comunicação. Após esta requisição alcançar a região de destino, os nós da rede, sejam os demais veículos ou RSU, ali presentes, recebem e processam uma resposta de forma colaborativa e a enviam de volta para o local de origem da requisição. Diferente de outros sistemas de monitoramento de tráfego, que são baseados na contínua disseminação de informações [38, 39], o VIPT propõe um modelo de recuperação de informação *on-demand pull-based*. Além disso, o VIPT também suporta a propagação de *push-based messages*. Algumas limitações e desafios no funcionamento deste protocolo podem ser observadas. É assumido que o protocolo de roteamento geográfico faça a rota de ida e volta, da requisição e resposta respectivamente. Entretanto, devido a natureza de

mobilidade das redes VANET, não há garantias de que haverá conectividade para tais rotas, levando a mensagem ser perdida e resultando em falha da transação VIPT. De acordo com os estudos, estas perdas são superiores a 50% em distâncias até 3000m. Uma das razões que consideramos focar na estratégia *single-hop*, são estas altas perdas observadas em protocolos *multi-hop* em redes VANETs, que realizam a comunicação através de roteamento entre os veículos.

3.2 Disseminação de anúncios e descoberta de serviços em VANETs

De acordo com Gerla & Kleinrock [18], a aplicação que provavelmente melhor representa a interação entre a Internet – tradicional fixa – e as redes veiculares é a distribuição de arquivos *peer-to-peer*. Diferente da forma convencional para downloads de conteúdo na Internet, os usuários de redes veiculares estão mais interessados em acessar conteúdos que sejam relacionados à sua localização. Isto inclui informações sensíveis ao atraso (ex.: *streaming* de vídeo em uma emergência [50]), mas também tolerantes ao atraso (ex.: acesso a um trailer de filme em cartaz no cinema ou um novo comercial de seu restaurante favorito próximo à sua trajetória [42, 40]). A escassez de pontos de acessos (RSU) (em postos de combustível ou pequenos centros comerciais de conveniência) ou *digital billboards*, que são usados para este propósito pode ser uma razão aos usuários compartilharem os arquivos de forma semelhante como é feita pelo tradicional BitTorrent, em cooperação P2P. O arquivo é dividido em pequenas partes e as partes faltantes são obtidas por nós vizinhos. O veículo então seleciona o melhor *peer* para *download*.

Em estudos com simulações do trabalho AdTorrent [41] mostraram que a melhor estratégia para este caso em redes veiculares combina a proximidade e a raridade da parte do arquivo a ser obtida. Quando que no BitTorrent tradicional, usualmente é escolhido apenas pela parte mais rara. O uso de compartilhamento P2P neste formato parece interessante, entretanto envolve um grande *overhead*, no processo de seleção de cada *peer* e as várias pequenas transferências TCP para cada parte do arquivo. Além disso, não há garantias da disponibilidade de *peers* e as partes de arquivos faltante.

A concepção de disseminação de anúncios relevantes também foi tratada no trabalho em [14]. Este modelo leva em conta três elementos básicos, a infraestrutura chamada de *Point of Access* (PoA), os veículos e os *brokers*. Este estudo considerou que os *brokers* – empresas que gerenciam um ou mais PoAs fazendo a entrega de anúncios aos veículos presentes em suas proximidades – são remunerados pelos proprietários

de negócios (anunciantes) sempre que um anúncio é entregue. Desta forma, o *broker* seleciona anúncios de modo a maximizar sua receita. Nesse contexto, foi observado que a escolha dos anúncios que melhor represente ao interesse dos usuários pode prejudicar a receita obtida. Os autores apresentaram um algoritmo de baixa complexidade que permite a seleção de anúncios livre de conflitos, entretanto os protocolos de comunicação não foram abordados neste trabalho. Foi mostrado por meio de avaliações ser possível obter um aumento da receita em até 70% e impressões em 50% quando comparado com outras alternativas existentes.

Os autores Yokoyama et al. [65] propuseram o protocolo *Opportunistic Service Discovery Protocol* (OSDP) para melhorar a descoberta de serviços em redes veiculares. O OSDP tem o objetivo de localizar e fornecer informações de serviços cientes da localização dos veículos durante as viagens e também considerou o modelo com a definição de POI para as entidades ofertantes de serviços. Baseado em *beaconing*, suas mensagens são tratadas na camada física (PHY) e controle de acesso ao meio (MAC). De acordo com seus autores, o protocolo proposto diferencia de outros trabalhos relacionados que utilizam camadas superiores (camadas 3 [1] e 7 [10] da pilha do modelo OSI) e exigem acesso à Internet ou conexão com RSU para troca de dados. O OSDP, por sua vez, baseia-se em comunicações oportunísticas de único salto (*single-hop*) e na técnica de *store-and-forward* [7]. Isto significa que não há necessidade de roteamento de pacotes e o destinatário é sempre o próprio receptor da mensagem. Contudo, dados que foram recebidos e armazenados no veículo, podem ser eventualmente transmitidos a demais vizinhos, se assim o requisitarem.

Por trabalhar em camadas inferiores utilizando protocolos já existentes, as três mensagens definidas neste trabalho são inseridas nos dois campos de *IE Vendor* do *beacon* nativo do IEEE 802.11a, que carregam um documento XML como forma de transmitir os dados. Algumas desvantagens podem ser observadas, entre elas a limitação de tamanho dos campos em até 255 *bytes*, como também o *overhead* adicional causado pelo uso do XML. O OSDP foi validado com uma prova de conceito com simulações utilizando entre 1 e 7 pontos de acesso, representando os veículos. Os resultados mostraram que o sucesso da taxa de entrega para a fase de consultas sofre forte degradação quando atingiu a densidade máxima, com apenas 48% de chance de receber todas as respostas.

O *Extended Opportunistic Service Discovery Protocol* (EOSDP) apresentado por Jaimes et al. [27] propõe algumas alterações ao protocolo OSDP, como o uso do padrão IEEE 802.11p e o protocolo WSMP. A estratégia de *beaconing* foi mantida, porém o problema deixou de ser tratado nas camadas inferiores e foi abordado na camada de aplicação. Portanto, as mensagens utilizadas são do tipo WSM. O trabalho não deixou

claro se o uso do XML foi mantido ou não. Este protocolo também foi limitado em apenas 3 tipos de mensagens; (i) M é a mensagem que o RSU utiliza para efetuar o *advertisement* dos serviços aos veículos, (ii) Q é a mensagem de consulta enviada por veículos ao seus vizinhos e por fim, (iii) R é a mensagem que veículos utilizam para enviar respostas com os serviços encontrados. Não há como especificar o tipo de conteúdo que se deseja receber nem fazer outras consultas para descobrir se, em determinada ocasião, o conteúdo a ser compartilhado por demais veículos é relevante. As requisições são enviadas em *broadcast* e não existe uma forma de controle para limitar as respostas indesejáveis de certos veículos.

Diferente do OSDP, onde veículos respondem em *unicast*, o EOSDP alterou o padrão para que as requisições e também as respostas sejam feitas por *broadcast*, com intuito que um maior número de veículos participasse do processo de descoberta de serviços. Contudo, a falta de controle restritivo nas requisições pode ser um fator preocupante, sobretudo quando utilizado *broadcast* em ambos tipos de mensagens. O resultados mostrados apontam que, assim como OSDP, a taxa de entrega de pacotes das respostas sofrem forte degradação, para apenas 50%, a partir de um cenário com densidade de 9 veículos.

O protocolo SADP, publicado no trabalho dos autores Ullah et al. [61], tem objetivo em disseminar informações sobre ofertas de serviços comerciais em redes veiculares. Assim como o OSDP, eles também propuseram um protocolo leve, da camada de aplicação e baseado em *beaconing*. Na solução apresentada, foi definido apenas uma única mensagem para divulgação de anúncios, limitada em um pacote de 256 *bytes*. Por utilizar o padrão WAVE, o protocolo suporta o uso de multicanais definido pela família de padrões IEEE 1609.4. A estratégia de conexão utilizada limita-se apenas em *push*, onde o RSU mantém periodicamente o envio *broadcast* destes pacotes para veículos que estejam dentro de seu raio de alcance. O trabalho considera que os RSU estejam conectados à Internet, provavelmente para ter acesso aos anúncios diretamente ao servidor central de anúncios.

Foram apresentadas três avaliações de desempenho, uma para cada cenário de diferente grau de mobilidade dos veículos em rodovias. O objetivo da simulação era testar a taxa de entrega no envio de 80 anúncios diferentes (de 5 categorias) em que cada pacote contém um anúncio. Os autores concluíram que para garantir a entrega de 100% dos anúncios, é necessário manter a frequência de envio em no mínimo 10 p/s (pacotes por segundo) para todos os cenários analisados.

3.3 Mercado virtual

A ideia de um mercado virtual para divulgação de ofertas de produtos entre os usuários em redes VANETs é proposta no trabalho FleaNet [32]. Neste modelo, os veículos periodicamente fazem *broadcast* na região para seus nós vizinhos com *queries* expressando suas ofertas ou demandas, estas quais são armazenadas em *cache*. Quando novas requisições são recebidas, o veículo confere no *cache* se há um *match* para tal requisição, e em caso positivo o nó origem é automaticamente informado. Esta proposta assume que os demais nós da rede veicular estarão dispostos a consumir recursos para disseminar os anúncios dos demais veículos.

3.4 Considerações finais

Este capítulo apresentou uma revisão bibliográfica sobre disseminação de informação e anúncios, descoberta oportunística de serviços em redes veiculares, como também áreas relacionadas, incluindo mercado virtual.

É de grande importância avaliar o resultado de uma campanha de anúncios digitais, seja de forma quantitativa ou qualitativa, abrangendo por quem, quando e onde tais anúncios receberam interações – impressões ou cliques – com os usuários. Entretanto, de certa forma, nenhum destes trabalhos dispõe e aborda o uso de rastreamento de desempenho dos anúncios. Além disso, parte das soluções propostas citadas anteriormente neste capítulo não consideraram com a devida atenção os padrões VANETs e nem apresentaram uma definição completa dos protocolos.

Utilizamos a análise dos protocolos apresentada neste capítulo para guiar a definição e implementação do SEGMETRIK, integrando os pontos positivos de cada solução. Em seguida, determinamos as métricas e indicadores de desempenho que o SEGMETRIK deve suportar e definimos quais seriam os mecanismos de mensagens utilizados, como mostramos no capítulo seguinte.

Uma síntese dos trabalhos relacionados mencionados neste capítulo pode ser visualizada na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Síntese dos trabalhos relacionados

Vehicular Information Transfer Protocol (VIPT) [10]	- Protocolo para disseminação de informações sensíveis a localização (<i>location-aware</i>). - Não específico para propagandas. - Baseado em comunicações de curto alcance, multi-hop. - Suporta mecanismos de mensagens <i>push/pull</i>. - Não garante entrega e resposta de mensagens, os nós da rede (veículos) precisam cooperar.
FleaNet [32]	- Serviço de classificados virtual sensível a localização (<i>location-aware</i>) para compra/venda de produtos. - Opera sem infraestrutura (ênfase em V2V). - Tolerante a interrupções na conexão de rede. - Suporta mecanismos de mensagens <i>push/pull</i>. - Assume que os nós da rede (veículos) estão dispostos a cooperação. - Não utilizou padrões VANET em testes.
Secure Incentives for Commercial Ad Dissemination in Vehicular Networks [31]	- Sistema de compartilhamento de anúncios com um <i>framework</i> para incentivar a cooperação segura entre veículos. - Utiliza PKI como base de segurança. - Oferece recompensas (com recibos virtuais) para nós da rede que cooperam e transmitem anúncios. - Este trabalho não deixa claro os padrões de comunicação.
AdTorrent: Digital Billboards for vehicular networks [41, 42]	- Serviço chamado AdTorrent para uma arquitetura de <i>Digital Billboards</i> para VANETs. - Suporta buscas baseadas em <i>keywords</i> e mecanismo de mensagens <i>push</i>. - Anúncios relevantes e podem utilizar multimídias. - Não há garantias de disponibilidade dos <i>peers</i> e partes dos arquivos ainda incompletos.
adPASS: Incentives for electronic coupon system [29]	- Sistema de incentivos a cooperação em redes <i>ad hoc</i> utilizando cupons, não específico para VANETs. - Custo para o anunciante apenas em caso de sucesso de venda/serviço na utilização do cupom.
Scheduling Advertisement Delivery in Vehicular Networks [14]	- Considera a concepção de disseminação de anúncios relevantes em redes veiculares. - Apresenta um modelo de negócios com a presença do <i>ad broker</i>. - Investiga a melhor forma no alcance da cobertura do público-alvo escolhendo anúncios livres de conflitos de interesses que aumentem a receita e o número de impressões. - Não aborda protocolos de comunicação.

Capítulo 4

SEGMETRIK

Neste capítulo descrevemos o protocolo proposto, denominado SEGMETRIK. O texto deste capítulo se organiza da seguinte maneira. A Seção 4.1 apresenta o conceito de pontos de interesses (POI). A Seção 4.2 apresenta a definição dos dois tipos de anúncios propostos neste trabalho, anúncio completo e *thinAd*. Em seguida, apresentamos na Seção 4.3 as premissas básicas para modelagem do protocolo. Na Seção 4.4 apresentamos as características do SEGMETRIK. Em seguida, apresentamos na Seção 4.5 as entidades envolvidas e suas interações. A Seção 4.6 apresenta as quatro fases definidas do protocolo. Em seguida, apresentamos na Seção 4.7 as variáveis de contextos utilizadas para a segmentação de anúncios. Várias métricas e indicadores de desempenho são apresentadas na Seção 4.8. Finalmente, definimos na Seção 4.9 todos serviços oferecidos no protocolo.

4.1 Pontos de Interesses (POI)

Segundo Rae et al. [53], “ponto de interesse” (*Point of Interest - POI*) é um termo usado geralmente em sistemas e aplicativos de navegação por satélite para representar uma entidade geográfica que alguém possa considerar como útil ou interessante, como um edifício histórico ou um negócio comercial. Muitos POIs são estruturas permanentes, como parques ou edifícios. Outros são semi-permanentes, como restaurantes, postos de combustíveis entre outros, que podem abrir um ano e fechar o próximo. Outros ainda são temporais ou periódicos, como a localização de um festival anual.

Apesar do termo POI ser usualmente utilizado de forma genérica, algumas empresas têm adotado outros termos específicos em seus serviços e produtos para que

representem ideias semelhantes, como o *Foursquare Venues*¹ e o *Google Places*².

Pontos de interesse são a base para a maioria dos dados que suportam serviços e aplicativos baseados em localização [51]. Eles são exibidos em mapas *online* e são geralmente fornecidos aos usuários de aplicativos móveis baseados em localização, como o *Foursquare*. Os POIs geralmente são exibidos nos resultados de pesquisa local ou em listagens patrocinadas relacionadas à pesquisa de um usuário, ou são apresentados aos usuários de sistemas de recomendação como sites de reservas de viagens.

Um POI específica, ao menos, seu nome e a localização em coordenadas geográficas, latitude e longitude. Outras informações como descrição e número de telefone também são usualmente fornecidas. Os POIs podem ser separados por diversas categorias e subcategorias de forma hierárquicas. Por exemplo, algumas categorias encontradas no *Foursquare Venues*:

1. Alimentação
 - a) *Food Truck*
 - b) Restaurante
 - i. Restaurante Asiático
 - A. Restaurante Chinês
2. Artes & Entertentimento
 - a) Cinema
 - b) Museu
 - c) Zoológico
3. Eventos
 - a) Conferência
 - b) Festival de música
4. Shopping & Serviços
 - a) Posto de combustível
 - b) *Outlet Mall*

Devido à relevância e ao contexto dos POIs em redes veiculares, modelamos o formato e comportamento do anúncio baseados nas características dos POIs. Portanto, neste trabalho consideramos os POIs como anunciantes.

¹<https://developer.foursquare.com/docs/api/venues/search>

²<https://developers.google.com/places>

4.2 Anúncios

Os anúncios digitais *online* presentes em ambiente tradicional da Internet, seja em dispositivo móvel ou *desktop*, são majoritariamente dependentes de servidores *web* ou que utilizam APIs compatíveis, que gerenciam sua distribuição, análise de desempenho e estatísticas. Eles são usualmente acessados e recebidos pela Internet através de um *web browser* e são muitas vezes vistos como inconvenientes aos usuários. Alguns casos forçam o usuário visualizá-lo, seja para assistir um vídeo no *YouTube* ou acessar o conteúdo de alguma página na *web*.

Diferentemente desses anúncios tradicionais, o serviço de descoberta de POI nas rodovias auxilia o usuário a encontrar o que procura. Os anúncios apresentados neste trabalho, em geral patrocinados, fazem parte de um protocolo aberto e específico para o serviço de procura e descoberta oportunística de pontos de interesses e suas ofertas de produtos ou serviços. Devido a natureza das redes veiculares *ad hoc*, uma vez obtido o anúncio por um veículo, o compartilhamento deste com outros veículos não é dependente da Internet e é feito através de trocas de mensagens com os demais veículos.

4.2.1 Anúncio completo

De acordo com a definição do problema e objetivos mencionados respectivamente nas Seções 1.2 e 1.3, foi identificada a necessidade de definição de dois tipos de anúncios, um anúncio completo e um anúncio simplificado, chamado de *thinAd*.

Quando um anúncio é referenciado neste trabalho, entende-se por uma unidade de anúncio completo, com seus atributos de metadados e seu conteúdo real. Estes anúncios são disseminados unicamente em modo *unicast*, após serem solicitados.

Importante notar que alguns atributos adotados são essenciais para o funcionamento dos mecanismos propostos de controle, segmentação e métricas. Os demais atributos complementares foram sugeridos, os quais são utilizados no mundo real. Compõe o anúncio completo os seguintes itens listados abaixo.

1. *Requeridos*

- a) Identificação única (id) do anúncio.
- b) Título do anúncio.
- c) Identificação única (id) da categoria do anúncio.
- d) Localização geográfica (GPS) padrão (POI).
- e) Distância máxima (em metros) da localização padrão do anúncio, ainda a considerar como relevante (V2I).

- f) Distância máxima (em metros) da localização padrão que permite compartilhamento entre veículos (V2V).
- g) *Time-To-Live*, tempo para expiração da validade do anúncio na rede.
- h) Palavras-chave.
- i) Tipo de mídia do conteúdo do anúncio (vídeo, imagem, áudio ou texto).
- j) Conteúdo real do anúncio, de acordo com o tipo de anúncio definido no atributo “tipo de mídia”.

2. *Complementares*

- a) Descrição.
- b) Endereço físico relevante ao anúncio.
- c) Informações de contato; telefone.
- d) Informações de contato; *website*.

4.2.2 Anúncio *thinAd*

O anúncio *thinAd* é uma classe de anúncio derivada do anúncio completo citado anteriormente. Ele foi especificado para ser simples e leve, possível de ser enviado em um único pacote WSM e otimizado para o uso de mensagens em *broadcast* semelhante a um *beacon*. Pode-se dizer que todo anúncio completo possui seu correspondente *thinAd*. Eles podem ser transmitidos por RSUs ou veículos com a finalidade de sinalizar a disponibilidade dos anúncios completos para aquela região. O uso do *thinAd* é muito importante na estratégia de composição das métricas de desempenho, principalmente CPC e CTR (explicado na Seção 4.8).

1. *Requeridos*

- a) Identificação única (id) do anúncio.
- b) Título do anúncio.
- c) Identificação única (id) da categoria do anúncio.
- d) Localização geográfica (GPS) padrão (POI).
- e) Distância máxima (em metros) da localização padrão que permite compartilhamento entre veículos (V2V).
- f) *Time-To-Live*, tempo para expiração da validade do anúncio na rede.

4.3 Premissas básicas

Para o desenvolvimento de um protocolo para a descoberta oportunística de serviços em redes veiculares e a contínua obtenção de indicadores de desempenho durante e após sua utilização, definimos um conjunto de premissas sobre características de veículos e redes. É assumido como verdadeira a existência dos seguintes requisitos básicos para o funcionamento e modelagem do protocolo:

- **Veículos inteligentes (*smart vehicles*):** veículos equipados com recursos mínimos de processamento, memória, dispositivos de comunicação (WAVE), sistemas de navegação (GPS, GLONASS) e interface para interação com usuários (kit multimídia).
- **Infraestrutura de comunicação (RSU):** cobertura de sinal para comunicação, ao menos, para as principais vias de acesso e centros urbanos, através de RSUs.
- **Servidor de anúncios:** na definição do SEGMETRIK consideramos que todo anúncio tenha sua origem inicial a partir de um servidor de anúncios disponível em um RSU. Contudo, sob a justificativa de utilizam apenas comunicações V2V, alguns trabalhos relacionados ignoram a necessidade de determinado tipo de servidor de anúncios ou infraestruturas de comunicação (RSU) que provenham acesso a eles. Desta forma, assumem que o anúncio já se encontra presente no veículo antes de qualquer interação.
- **Nós trocam dados apenas com vizinhos a um salto de distância:** segundo Slavik et al. [55], o uso de *beacon* com *multi-hop* pode degradar o desempenho em redes VANETs. A definição do SEGMETRIK foi inspirada em trabalhos relacionados [27, 65] que utilizam mensagens do tipo *beacons* e comunicações entre nós apenas a um salto de distância. Deste modo, as mensagens definidas na Seção 4.9 fazem o uso desta estratégia de comunicação, exceto em duas mensagens (para envio de métricas e anúncio completo), que, devido à restrição do tamanho da informação, necessitam transmissão por conexão com garantia de entrega.

4.4 Características do SEGMETRIK

4.4.1 Protocolo na camada de aplicação

O SEGMETRIK é um protocolo da camada de aplicação. No modelo OSI, ela é a sétima camada e é responsável por prover serviços para aplicações de modo a abstrair a

existência de comunicação em rede. A nossa abordagem difere de soluções apresentadas em outros trabalhos relacionados que modificam camadas inferiores e limitam suas aplicações [65]. Por estar em uma camada superior, seria possível estender o uso do SEGMETRIK e também sua utilização em redes heterogêneas, como mostra a Figura 4.1.

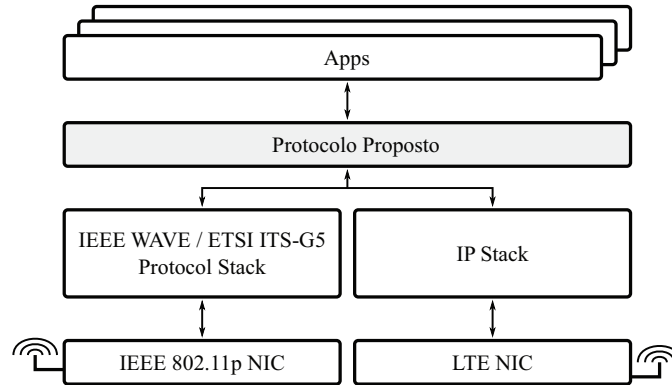


Figura 4.1. Ilustração da integração do protocolo SEGMETRIK com redes heterogêneas, adaptado de [21].

4.4.2 Utilização de mensagens WSM leves na forma de *beacon*

O padrão WAVE composto por duas pilhas de protocolos nas camadas 3 e 4, permite a utilização dos protocolos WSMP e IPv6 (Figura 4.2). Utilizando a pilha WSMP, seguimos a recomendação contida no padrão WAVE (1609.3-2016 [24]), onde um pacote WSM deve ter o tamanho máximo de 1.400 *bytes*. Desta forma, as requisições e respostas são enviadas como mensagens leves do tipo WSM encapsuladas como um *beacon*. Segundo [61, 60], um protocolo de aplicação leve baseado em *beaconing*, possui o tamanho da mensagem pequeno e portanto requer menor poder de processamento e menor *overhead* computacional.

O SEGMETRIK define mensagens para um veículo solicitar e receber índice de categorias de anúncios, uma estratégia adotada para a descoberta oportunística de conteúdos de anúncios disponíveis. A definição completa dos serviços e mensagens são apresentadas na Seção 4.9.

4.4.3 Comunicações oportunísticas

O SEGMETRIK faz uso de comunicações oportunísticas – momentos oportunos em que um veículo se aproxima de outros veículos ou RSU – não exigindo portanto uma conexão constante com um servidor ou acesso à Internet para resolver requisições e

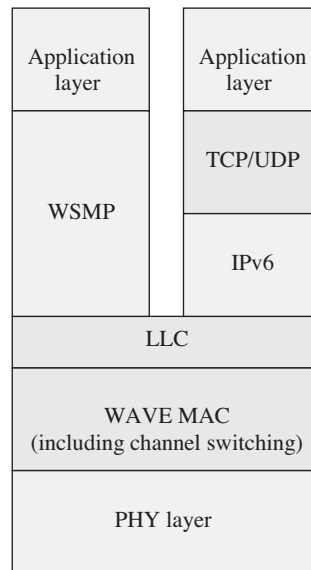


Figura 4.2. Pilha de protocolo WAVE definido pelo IEEE 1609 WG [22].

envio de métricas. Após a disseminação de um anúncio por um RSU, o anúncio pode ser compartilhado entre veículos de forma *ad hoc* até seu tempo de expiração. Dessa maneira, o papel do servidor de anúncio, acessível através do RSU, é necessário apenas como fonte de origem inicial dos anúncios e coleta de dados estatísticos.

4.4.4 Suporte a multicanais - IEEE 1609.4

O SEGMENTRIK utiliza a pilha de protocolos de comunicação apropriados para redes veiculares que seguem os padrões VANETs, como o WAVE, que disponibiliza recursos importantes como a transmissão em multicanais. Como exposto anteriormente na Seção 2.2.1, o padrão IEEE 1609.4 gerencia o acesso a vários canais utilizando um mesmo rádio. Dessa maneira, permite que protocolos de camadas superiores ofereçam serviços classificados em conforto, sem comprometer as comunicações essenciais de controle e prioritárias (CCH), sobretudo de segurança.

Definimos dois canais de serviços (SCH) a serem utilizados no SEGMENTRIK. O canal 174 é utilizado para todas as mensagens relacionadas a requisições e disseminação de anúncios e suas categorias. As mensagens relacionadas a transferências de métricas utilizam o canal 176.

4.4.5 Estratégia híbrida *push* e *pull*

O SEGMENTRIK utiliza a estratégia híbrida *push* e *pull* em suas mensagens, conforme descrito na Seção 4.9 que especifica os serviços e suas mensagens.

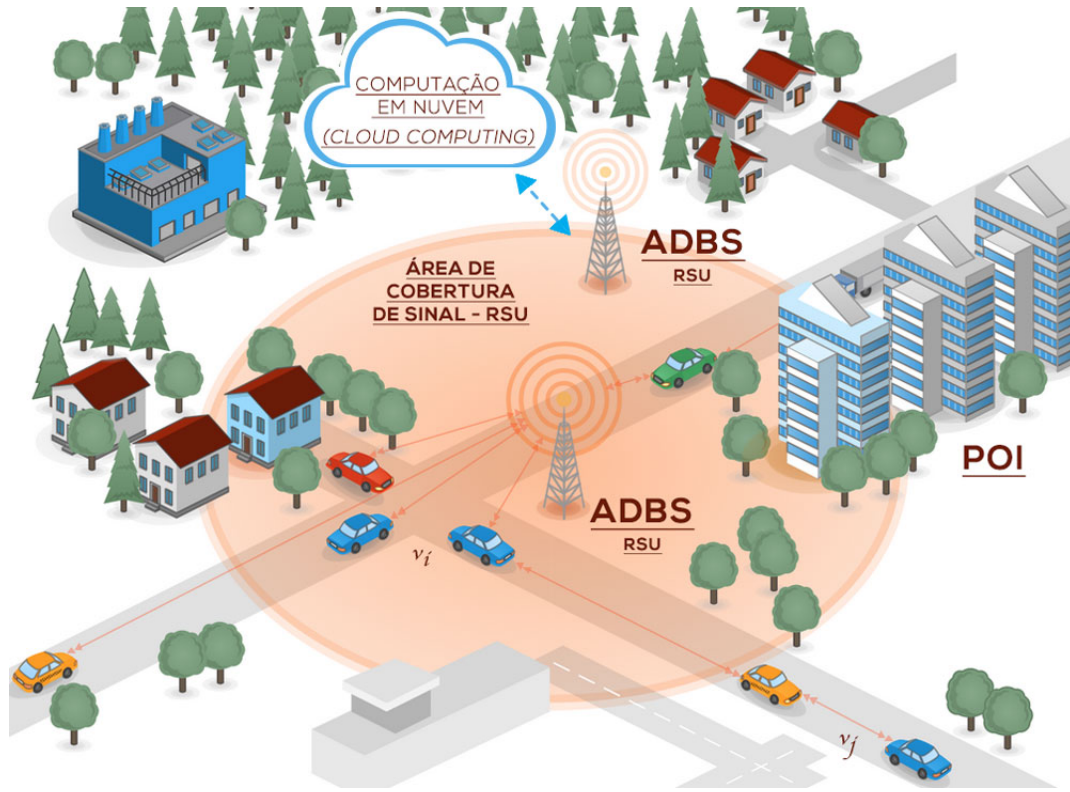


Figura 4.3. Visão geral das entidades envolvidas, adaptado de [8].

4.5 Entidades envolvidas

Conforme ilustrado na Figura 4.3, para melhor identificação dos papéis e entendimento do funcionamento, a definição deste protocolo envolve as seguintes entidades:

1. **Estação base de disseminação dos anúncios (*Advertising Base Station* - *ADBS*):** também conhecido por RSU, são infraestruturas de redes de comunicação veicular (WAVE) que em determinado tempo T (definido pela aplicação) disseminam informações e comunicam com os veículos. O ADBS pode estar conectado a um servidor de anúncios na nuvem.
2. **Anunciantes (POI):** principal interessado em anunciar seus serviços, produtos ou eventos para uma audiência local através de anúncios digitais, que são detalhados na Seção 4.2.
3. **Veículos:** veículo v_i , que recebe através de RSU ou v_j , anúncios que são armazenados localmente em *cache* c_i por um tempo determinado (*Time To Live* - *TTL*) e fazem a disseminação oportunística destes conteúdos para v_k .

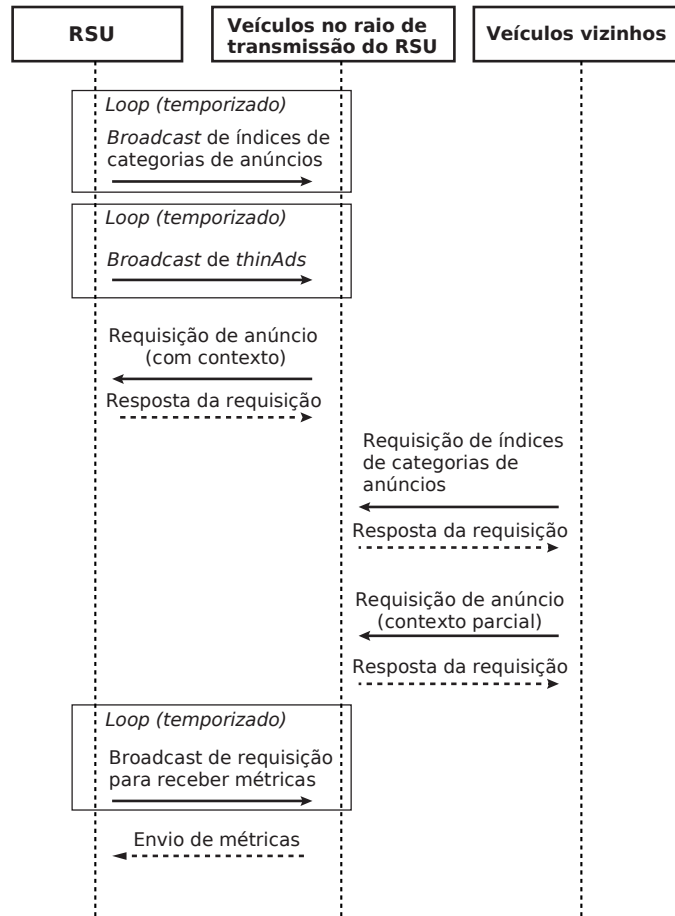


Figura 4.4. Diagrama da visão geral de interações do SEGMENTRIK.

4.5.1 Interações entre as entidades envolvidas

As interações entre as entidades são realizadas através de aplicações que utilizam o protocolo conforme o diagrama ilustrado na Figura 4.4, com troca de informações da seguinte forma:

1. RSU faz *broadcast* com índice de categorias (citadas na Seção 4.1) de anúncios disponíveis no servidor para aquela região;
2. RSU faz *broadcast* com anúncios *thinAds* disponíveis no servidor para aquela região;
3. Veículos que são público-alvo presentes no raio de transmissão do RSU, solicitam e recebem anúncios;

4. Veículos fora do raio de transmissão do RSU, solicitam aos veículos vizinhos índice de categorias de anúncios presentes em seu *cache*, de acordo com os parâmetros especificados na solicitação;
5. Veículos fora do raio de transmissão do RSU, solicitam aos veículos vizinhos anúncios de acordo com os parâmetros especificados na solicitação;
6. RSU faz *broadcast* de disponibilidade para receber dados estatísticos dos anúncios presentes nos veículos.
7. Veículos fornecem dados ao RSU em momentos oportunos, para posterior composição de métricas de anúncios.

4.6 Fases do protocolo

O protocolo foi dividido em quatro fases, descritas a seguir:

Advertising: disseminação periódica (a cada intervalo T) transmitidas a partir de um RSU (*source*) para veículos V com anúncios *thinAds*, índice de categorias de anúncios e sinal de disponibilidade para recebimento de métricas.

Caching: processo de verificação e criação do *cache* de anúncios. Depois que o veículo v_i recebe os anúncios, ele os mantém em *cache* c_i pelo período informado no campo TTL da mensagem.

Querying: envolve ocasiões que um veículo v_i esteja enviando uma requisição de anúncio ou índice de categorias, seja para um veículo v_j , veículos vizinhos V ou ao RSU.

Responding: envolve ocasiões em que um veículo v_i esteja respondendo uma requisição de anúncio ou índice de categorias para um veículo v_j . O veículo v_i pode também nesta fase, estar respondendo ao RSU de forma oportunística com dados estatísticos e métricas.

4.7 Segmentação baseada em variáveis de contexto

Atualmente é comum a disponibilidade de segmentação como forma de controle do alcance nos anúncios digitais tradicionais na Internet³, inclusive em resultados patro-

³Líderes de mercado; Google Adsense e Facebook ads.

cinados de sistemas de busca⁴, a fim de atingir o público-alvo com maior êxito.

Um algoritmo para seleção de anúncios segmentados pode ser bem simples, observando apenas a categoria do anúncio, como também se tornar muito complexo, levando em conta diversas variáveis de contexto e fatores externos. Independente do nível de complexidade do algoritmo a ser utilizado, é necessário que haja meios de se obter ou extrair tais variáveis de contexto para utilizá-las como fonte de dados de entrada do algoritmo. Não é o escopo deste trabalho realizar uma análise de algoritmos para seleção, mas prover um protocolo com mecanismos que torne possível a obtenção dos dados necessários.

As seguintes variáveis de contexto foram consideradas neste protocolo:

1. Contexto do veículo:
 - a) localização atual do veículo;
 - b) categoria do veículo (carro de passeio, ônibus, etc.).
2. Perfis dos passageiros, que inclua:
 - a) categoria de anúncios ou palavras-chave;
 - b) histórico – mantido no RSU – de interações anteriores com outros anúncios;
3. Contexto de ambiente:
 - a) dia da semana;
 - b) horário do dia.
4. Contexto do acordo comercial com o anunciante:
 - a) se anunciante permite veículos colaborarem na disseminação dos anúncios recebidos;
 - i. distância geográfica máxima permitida entre o local do negócio do anunciante e a localização do veículo que esteja disseminando o anúncio.

4.7.1 Segmentação completa - I2V

As variáveis de contexto classificadas anteriormente do tipo 1, 2 e 3, são suportadas em comunicações I2V. Neste caso, um veículo está requisitando anúncios diretamente ao RSU. É assumido que tal infraestrutura tenha acesso à Internet. Sendo assim, a aplicação utilizada para gerenciar e servir os anúncios, chamada de servidor de anúncios, é

⁴Google Adwords e Bing ads.

capaz de responder às requisições com anúncios segmentados e mais relevantes, baseado em uma ou mais variáveis de contexto recebidas como parâmetros das requisições.

Isto é possível pois, as regras de segmentação armazenadas no servidor são definidas previamente pelo POI correspondente aos anúncios. Estas regras podem ser alteradas a qualquer momento e seus efeitos refletidos já nas próximas requisições atendidas. Conforme a Tabela 4.1, definimos alguns anúncios de forma ilustrativa com as seguintes regras de segmentação:

Tabela 4.1. Exemplo de definição de regras para segmentação de anúncios.

Id	Localização	Raio de relevância	Categoria	Dias	Horários
01	-19.8646; -43.95725	4 km	Automóvel	Seg-Sab	10:00-19:00
02	-19.90343; -43.98631	30 km	De carga	Seg-Dom	00:00-23:59

Além disso, a resposta do servidor poderá ser influenciada por outros critérios além dos definidos neste protocolo, como por exemplo, a forma de ordenação da fila de anúncios servidos, seja por custo para o anunciante, limite do número de impressões e outros fatores.

4.7.2 Segmentação parcial - V2V

Uma segunda forma de obtenção de anúncios envolve comunicações V2V, isto é, o compartilhamento de anúncios entre veículos que ocorre após o uso do serviço de descoberta oportunística de POI. Neste caso, o veículo que recebe uma requisição de anúncios não tem acesso a todas as regras de segmentação do POI correspondente, presentes no servidor de anúncios, por isto denominamos de “segmentação parcial”.

A variável de contexto do tipo 4, envolve uma segmentação quando há comunicação V2V. Cada anúncio possui um atributo com o valor da distância máxima permitida para compartilhamento. A distância entre a posição do POI e a localização do veículo que estiver compartilhando deve ser menor que tal atributo. Caso o valor seja 0 (zero), o compartilhamento não é permitido.

Esta forma de segmentação é relevante no cenário de mobilidade veicular, pois leva em consideração a distância física entre o POI e o veículo. Estar próximo ou distante, dependendo da peculiaridade do POI, significa respectivamente, estar dentro ou fora do objetivo da campanha. Observa-se a importância desta condição principalmente em POIs com audiências locais, por exemplo, em um centro urbano uma drogaria que atue principalmente nos bairros adjacentes no limite de 5 km de distância. A disseminação de anúncio entre veículos presentes em locais com distância acima de 30 km do próprio POI correspondente, e portanto fora do público-alvo, significa um custo

em impressões, alcance ou cliques que não gera resultado. Sendo assim, é possível por meio deste mecanismo, limitar a abrangência dos anúncios visando otimizar os resultados da campanha.

4.8 Métricas e indicadores de desempenho

Conforme citado na Seção 1.2.1, métricas precisas e consistentes são fundamentais para determinar a eficácia da publicidade online [54]. Portanto este trabalho propõe métricas e indicadores de desempenho para anúncios digitais que sejam possíveis de serem adaptadas ao contexto de redes veiculares, alterando por exemplo, em suas definições o entendimento de “pessoas” para “veículos”. Geralmente as estatísticas de um anúncio (*banner*, vídeo, etc.) presente em uma página da web são computadas através de *scripts* – uso de *callback* síncrono ou assíncrono para um servidor de anúncios – ou outros mecanismos que um navegador da Internet fornece. Porém, o contexto de anúncios e descoberta de serviços em redes veiculares não tem o principal objetivo de redirecionar o usuário para uma página da web. Sendo assim é proposto um mecanismo de obtenção de métricas, de forma otimizada e buscando a redução do impacto negativo no uso dos recursos de comunicações sem fio. Para tal, algumas estratégias foram definidas:

- Todos os veículos devem armazenar os dados estatísticos por um tempo indeterminado e enviá-los ao RSU em momentos oportunos, quando houverem conexões disponíveis. Quando um veículo recebe um anúncio completo ou *thinAd*, do RSU ou de um veículo vizinho, ele registra o evento em um “log”. Nesses casos, os seguintes dados são registrados: id do próprio veículo (*vehicle_id*), id do anúncio (*ad_id*), id do remetente (*sender_id*), data e hora (*timestamp*) e a localização GPS no momento do recebimento.
- Durante as comunicações para fins de estatísticas, utilizar o recurso de transmissão multicanais disponível no protocolo WAVE. Foi definindo o canal SCH 176, para transmissão das métricas, evitando interferências e colisões com as demais comunicações do protocolo;

A seguir são apresentados os indicadores de desempenho e métricas definidos para anúncios digitais em redes veiculares:

4.8.1 Alcance do anúncio (*Ad reach*)

O alcance do anúncio consiste no número de veículos únicos em que um anúncio foi exibido em determinado período, sendo esse número sempre menor ou igual ao número de impressões, pois o anúncio pode ser visualizado mais de uma vez pelo mesmo veículo.

Uma vez obtidos e processados tais dados pelo RSU, é possível filtrar por *ad_id* todos veículos que tiveram registros para este anúncio. O número de veículos únicos para um determinado *ad_id* representa a métrica de alcance do anúncio.

4.8.2 Impressões do anúncio (*Ad impressions*)

Uma impressão de anúncio é o momento em que um usuário vê o anúncio. “Impressão”, é também conhecido na indústria de marketing digital como “exibição” ou “visualização”.

Tendo sido o “log” de eventos do veículo enviado para uma RSU, é possível filtrar por *ad_id* todos veículos que tiveram registros para este anúncio. Este número, incluindo registros repetidos de um mesmo anúncio (*ad_id*), representa a métrica de impressões do anúncio.

4.8.3 Cliques (*Clicks*)

A métrica “Cliques” normalmente significa o número de cliques recebidos em um anúncio digital. Um dos principais usos da estatística de cliques, originalmente no *marketing online*, é medir o interesse do usuário em determinado anúncio [19]. Portanto, neste trabalho, o conceito de clique foi adaptado para representar uma requisição de anúncio, ou seja, o interesse do público-alvo (representado pelo veículo) em obter o anúncio completo após inicialmente o mesmo ter sido exposto por um anúncio *thinAd*, que apresenta apenas alguns principais dados do anúncio completo.

Assim, sempre que um veículo requisitar um anúncio completo, utilizando como parâmetro o *id* de um *thinAd*, será computado como um clique nesse anúncio. Anúncios *thinAds* podem ser transmitidos por RSU ou veículos, desta forma, ambos são responsáveis por registrar no “log” os dados estatísticos desses cliques. Os seguintes dados são registrados: *id* do próprio veículo (*vehicle_id*), *id* do anúncio requisitado (*ad_id*), *id* do remetente da requisição (*sender_id*), localização GPS, data e hora (*timestamp*) no momento do evento.

4.8.4 CTR (*Click-Through Ratio*)

Uma vez definida a métrica de cliques, pode-se estabelecer o CTR. Ele é usado para medir a efetividade de um anúncio e indica a taxa de cliques recebidos em relação a quantidade de vezes que o anúncio *thinAd* foi exibido. Portanto, essa é uma métrica computada a partir de outras duas métricas citadas anteriormente. O CTR é definido por:

$$CTR (\%) = \frac{\text{quantidade total de cliques}}{\text{quantidade total de impressões de thinAds}} \times 100 \quad (4.1)$$

4.8.5 Custo (*Cost*)

É o custo de execução de uma campanha de publicidade, independente do formato utilizado para precificação da mesma (CPR, CPM e CPC).

4.8.6 CPR (*Cost Per Reach*)

O CPR, se usado na fase de planejamento da campanha de marketing, é um formato comum para comercialização de anúncios digitais onde o anunciante define previamente o valor máximo que concorda pagar por cada alcance do anúncio. Nesta situação, o custo é independente do tempo da campanha, quantidade de impressões e cliques do anúncio.

Quando o custo por alcance não é definido inicialmente na campanha, o CPR pode ser utilizado durante ou após a realização da mesma, como uma importante métrica para análise de custo da campanha, mostrando a relação de custo-benefício por alcance. O CPR é definido por:

$$CPR (R\$) = \frac{\text{custo da campanha}}{\text{quantidade total de alcance}} \quad (4.2)$$

4.8.7 CPM (*Cost Per Mille*)

O CPM, se usado na fase de planejamento da campanha de marketing, é um formato comum para comercialização de anúncios digitais onde o anunciante define previamente o valor máximo que concorda pagar por cada mil impressões de anúncios. Nesta situação, o custo é independente do tempo da campanha, quantidade de cliques e alcance do anúncio.

Quando o custo por mil impressões não é definido inicialmente na campanha, o CPM pode ser utilizado durante ou após a realização da mesma, como uma importante

métrica para análise de custo da campanha, mostrando a relação de custo-benefício por impressão. O CPM é definido por:

$$CPM (R\$) = \frac{\text{custo da campanha}}{\text{quantidade total de exibições}} \times 1000 \quad (4.3)$$

4.8.8 CPC (*Cost Per Click*)

O CPC, se usado na fase de planejamento da campanha de marketing, é um formato comum para comercialização de anúncios digitais onde o anunciante define previamente o valor máximo que concorda pagar por cada clique recebido. Nesta situação, o custo é independente do tempo da campanha, quantidade de impressões e alcance do anúncio.

Quando o custo do clique não é definido inicialmente na campanha, o CPC pode ser utilizado durante ou após a realização da mesma, como uma importante métrica para análise de custo da campanha, mostrando a relação de custo-benefício por clique. O CPC é definido por:

$$CPC (R\$) = \frac{\text{custo da campanha}}{\text{quantidade total de cliques}} \quad (4.4)$$

4.8.9 Métricas de conversão e alcance potencial do anúncio

As métricas e indicadores a serem desenvolvidos foram limitados às anteriormente listadas, devido a restrição de tempo e escopo desta dissertação. Entretanto, para trabalhos futuros sugerimos alguns outros indicadores interessantes relacionados a conversão e alcance potencial do anúncio, possíveis de serem utilizados no contexto veicular.

4.8.9.1 Métricas de conversão

Conversões (*Conversions*): pode ser definido como uma ação predeterminada que é realizada através da interação do usuário com o anúncio, como por exemplo “efetuar uma compra” ou “resgatar um cupom”. Esta métrica representa valor absoluto da quantidade de conversões obtidas.

Taxa de conversão (*Conversion rate*): taxa em percentual de impressões que resultaram em determinadas ações de conversões. Pode ser calculada através da fórmula:

$$\text{Taxa de conversão (\%)} = \frac{\text{número total conversões}}{\text{número total impressões}} \times 100 \quad (4.5)$$

Custo por conversão (*Cost per conversion*): pode ser calculado através da divisão do custo total da campanha pelo número de conversões obtidas.

$$\text{Custo por conversão (R\$)} = \frac{\text{custo total da campanha}}{\text{número total de conversões}} \quad (4.6)$$

4.8.9.2 Alcance potencial do anúncio (*Advertisemnt potential reach*)

Esta métrica que pode ser dividida em outras duas variações, consiste em uma estimativa do número máximo de veículos que poderão ser alcançados por um anúncio ainda inexistente. O alcance potencial do anúncio considera veículos potencialmente de serem alcançados, que estiveram presentes em um determinado momento no raio de comunicação de um RSU ou outro veículo que tiver anúncios para compartilhar.

1. **Alcance potencial do anúncio, obtido por RSU:** predição de alcance para novos anúncios a partir de uma posição fixa, obtido pela soma de todos veículos que estiveram próximos por determinado período de tempo e foram identificados por um RSU através de mensagens *beacons*.
2. **Alcance potencial do anúncio, obtido por veículos:** predição de alcance de novos anúncios a partir de uma posição móvel. Considera um veículo que recebe um anúncio e o mantenha armazenado. A partir deste momento, todos demais veículos vizinhos serão identificados unicamente e registrados (através de *safety beacons*). Estes dados seriam enviados de volta ao RSU de forma oportunística. O alcance potencial do anúncio seria a somatória de todos veículos únicos identificados, por todos veículos que possuem anúncios da mesma categoria. Obter informações tais como localização e *timestamp* ajuda a determinar o nível do alcance potencial, quanto tempo levou para alcançar a quantidade de veículos desejados como também o quão distante geograficamente do anunciante aconteceu.

4.9 Serviços do protocolo

Para melhor compreensão do funcionamento dos mecanismos e mensagens de operação do protocolo definido, o mesmo foi dividido em dois tipos de serviços. Os serviços para anúncios, com objetivos de requisições e disseminação de anúncios e suas categorias, e os serviços para métricas dos anúncios, que após o processo de coleta de dados estatísticos é realizado o envio deles de volta ao RSU. As identificações nos títulos dos serviços por I2V, V2I e V2V, significam respectivamente o sentido da comunicação,

sendo infraestrutura para veículo, veículo para infraestrutura e por fim, veículo para veículo.

Seguindo a estratégia híbrida de comunicação apresentada na Seção 1.2.5, oito mensagens para comunicação e interações entre as entidades foram definidas relativas aos serviços de anúncios e duas mensagens relativas ao serviço de métricas. Todas as mensagens do protocolo contém 6 campos padronizados, com tamanhos já preestabelecidos. O tamanho dos demais dados varia para cada tipo de mensagem.

1. <i>sender_id</i>	2. <i>destination_id</i>	3. <i>message_id</i>	4. <i>message_type</i>	5. <i>timestamp</i>	6. TTL
4 <i>bytes</i>	4 <i>bytes</i>	2 <i>bytes</i>	1 <i>byte</i>	4 <i>bytes</i>	2 <i>bytes</i>

1. *sender_id*: identificador único do remetente da mensagem.
2. *destination_id*: identificador único do destinatário da mensagem.
3. *message_id*: identificador único da mensagem, com a responsabilidade de cada nó manter sua própria sequência.
4. *message_type*: identifica o tipo da mensagem e a qual serviço do protocolo corresponde.
5. *timestamp*: tempo corrente no momento do envio da mensagem, representado por um número inteiro no padrão *UNIX Epoch*.
6. TTL: tempo de vida da mensagem; quando presente em uma requisição considera-se a validade de tal solicitação e, quando utilizado na resposta, significa o tempo que tal informação deve ser mantida em *cache*.

4.9.1 I2V - *Broadcast* do índice de categorias de anúncios

Serviço utilizado pelo RSU para informar aos veículos presentes no seu raio de transmissão, a listagem de categorias com anúncios disponíveis para requisição, na qual chamamos de índice de categorias. Esta mensagem é enviada continuamente por *broadcast* com informações incluindo o nome da categoria (com seu id) e a quantidade de anúncios disponíveis em cada uma delas. Um pacote WSM pode enviar até 26 índices de categorias. O protocolo utiliza este serviço como passo base das futuras interações, conforme o fluxograma da Figura 4.5. Um veículo pode enviar requisições ao RSU sem receber a mensagem deste serviço, mas é assumido que o mesmo utilize tais informações recebidas para guiar suas futuras requisições e reduzir as comunicações

desnecessárias. Por exemplo, um veículo enviar uma requisição de anúncio indisponível para uma determinada categoria.

Pilha de comunicação: WAVE WSMP.

Estratégia de conexão: *continuous push*.

Padrão de mensagem:

1. Cabeçalho padrão.
2. Dados:
 - a) índices de categorias, cada índice composto por um vetor com os dados da categoria; id (2 *bytes*), nome (48 *bytes*) e quantidade de anúncios disponíveis (2 *bytes*).
 - b) posição geográfica (GPS) da média dos pontos geográficos dos anunciantes contido no índice de categorias (8 *bytes*).
 - c) distância máxima em metros, a partir da posição média, em que anúncios presentes no índice de categorias são relevantes (2 *bytes*).

4.9.2 I2V - *Broadcast* de anúncios *thinAds*

Serviço utilizado pelo RSU para transmitir anúncios *thinAds* contextualmente relevantes aos veículos presentes no seu raio de transmissão. Sua mensagem é enviada continuamente por *broadcast*, contendo um ou mais anúncios *thinAds*. Este serviço possibilita os veículos conhecerem previamente, de forma específica, os anúncios disponíveis na região.

Semelhante ao serviço de *broadcast* de categorias de anúncios (visto na Seção 4.9.1), também pode-se considerar este serviço como passo base de futuras interações, conforme o fluxograma da Figura 4.6.

Pilha de comunicação: WAVE WSMP.

Estratégia de conexão: *continuous push*.

Padrão de mensagem:

1. Cabeçalho padrão.
2. Dados:
 - a) vetor de *thinAds* com seus atributos correspondentes (82 *bytes* por *thinAds*).

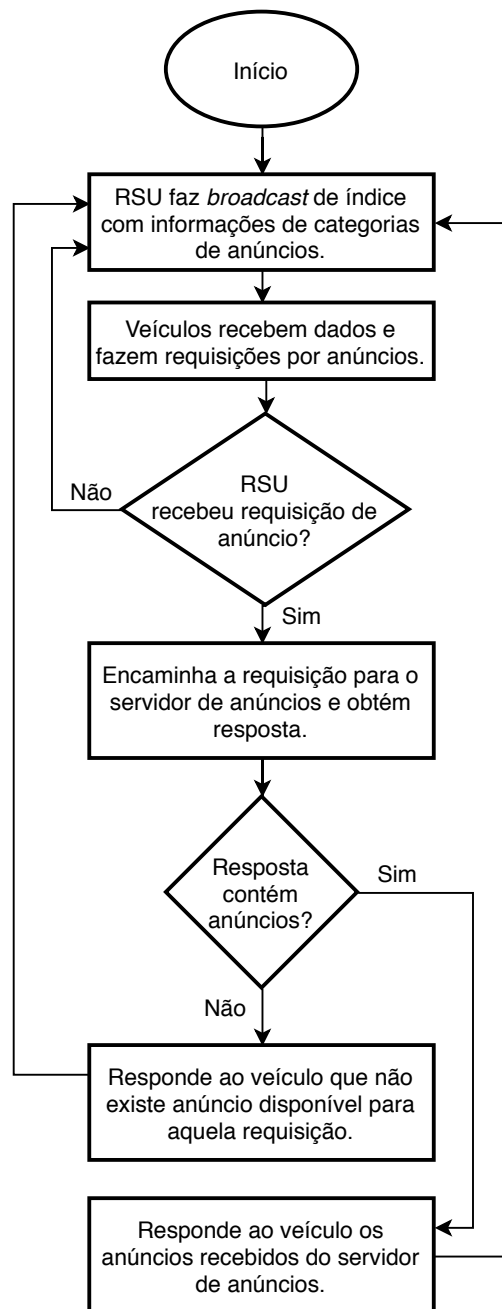


Figura 4.5. Fluxograma do processo de *broadcast* do índice de categorias de anúncios a partir do RSU e as futuras etapas.

4.9.3 V2I - Requisição de anúncio

Serviço utilizado por veículo que deseja obter anúncios de um RSU, como ilustrado no fluxograma da Figura 4.7. Esta é a principal forma de disseminação de anúncios, que ainda podem posteriormente ser disseminados entre os demais veículos. Sua mensagem de requisição de anúncios é enviada a partir de um veículo para uma infraestrutura

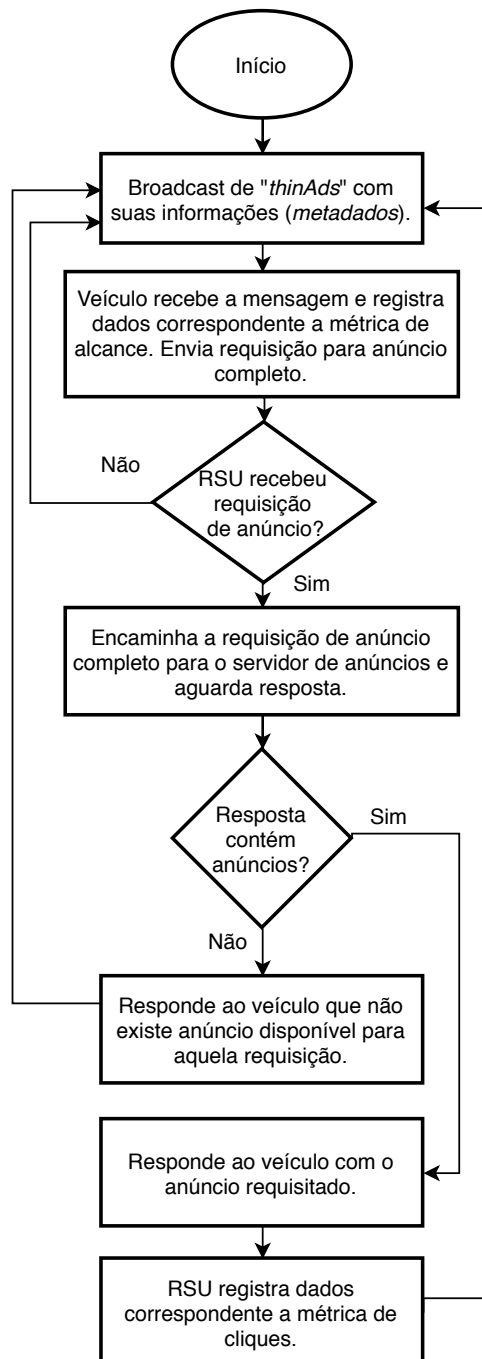


Figura 4.6. Fluxograma do processo de *broadcast* de anúncios *thinAds* a partir do RSU e as futuras etapas.

(RSU), geralmente após este veículo ter recebido o *broadcast* do RSU informando disponibilidade de tais conteúdos. Esta requisição pode ser feita de quatro formas distintas:

1. solicitando anúncios através de uma categoria de anúncios específica, obtida pelo *broadcast* de índice de categorias;
2. solicitando um anúncio específico, pelo seu id, obtido no *thinAd*;
3. solicitando um anúncio por palavras-chave (*keywords*), semelhante a uma busca;
4. solicitando um anúncio sem especificar nenhum parâmetro, optando por receber anúncios contextualmente relevantes selecionados pela aplicação externa do servidor de anúncios no RSU.

Pilha de comunicação: WAVE WSMP.

Estratégia de conexão: *on-demand pull*.

Padrão de mensagem:

1. Cabeçalho padrão.
2. Dados:
 - a) posição geográfica (GPS) do veículo (ou posição relevante que deseja receber anúncios) (8 *bytes*).
 - b) quantidade (máxima) de anúncios desejados (1 *byte*).
 - c) tipo de mídia do anúncio (1 *byte*).
 - d) categoria do veículo (1 *byte*).
 - e) interfaces de rede disponíveis (WAVE) (4 *bytes*).
 - f) (*opcional*) id do anúncio desejado (4 *bytes*).
 - g) (*opcional*) palavras-chave para anúncio desejado (32 *bytes*).
 - h) (*opcional*) categoria desejada de anúncio (2 *bytes*).
 - i) (*opcional*) lista de id de anúncios não desejados (usada para evitar receber anúncios que já possui) (4 *bytes* por id).

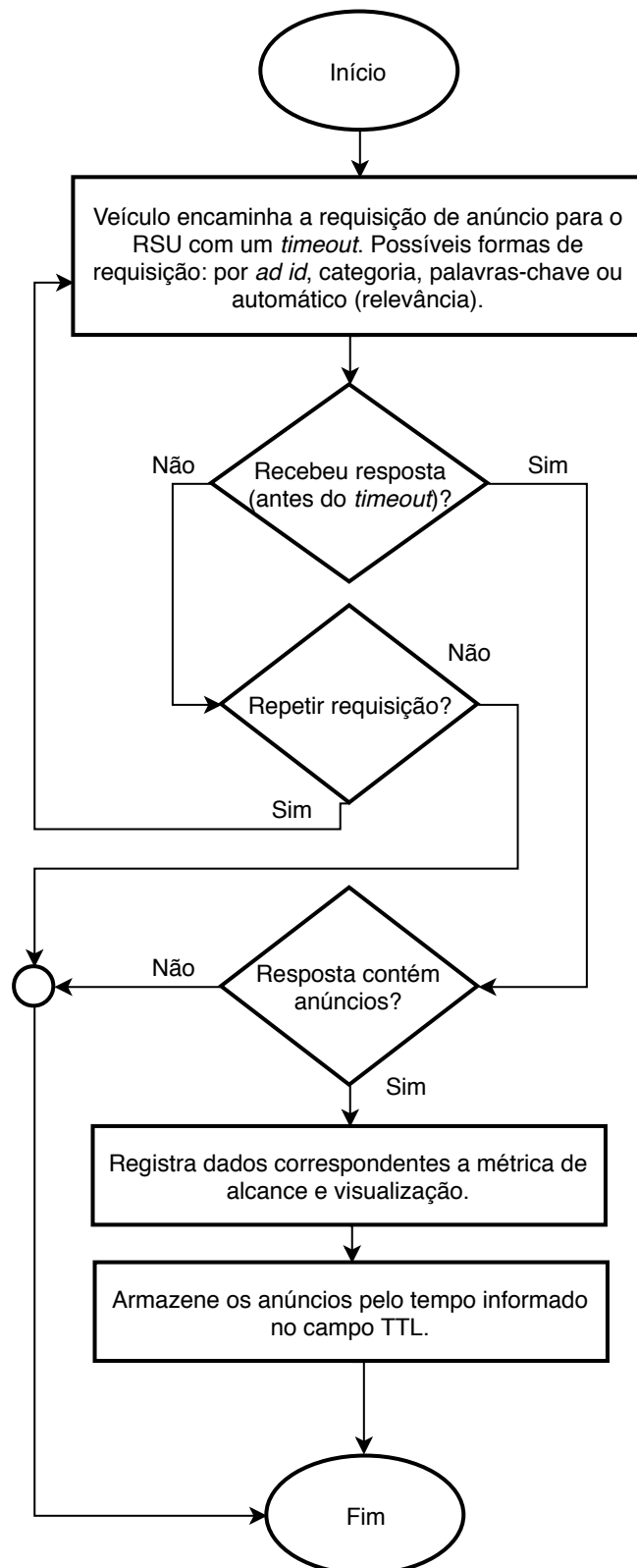


Figura 4.7. Fluxograma do processo de requisição de anúncios a partir de um veículo para infraestrutura RSU (V2I).

4.9.4 I2V - Resposta de requisição de anúncio

Serviço utilizado pelo RSU para responder a uma requisição de anúncio de um veículo, etapa também presente no fluxograma mostrado na Figura 4.7. A requisição do veículo contém informações de contexto (conforme Seção 4.7), tornando, portanto, possível responder com anúncios relevantes. A resposta irá conter tal anúncio se o mesmo estiver disponível, caso contrário, a resposta será uma mensagem (com código específico) apenas informando que não há anúncios disponíveis para determinada requisição.

Pilha de comunicação: WAVE WSMP para *thinAds* ou WAVE TCP/IP para anúncio completo.

Padrão de mensagem:

1. Cabeçalho padrão.
2. Dados (resposta com anúncio):
 - a) identificador único (*message_id*) da mensagem de requisição original para qual está respondendo, desta forma o destinatário pode identificar de qual requisição originou esta resposta (2 *bytes*).
 - b) conteúdo requisitado contendo seus atributos.
3. Dados (resposta sem anúncios):
 - a) identificador único (*message_id*) da mensagem de requisição para qual está respondendo (2 *bytes*).

4.9.5 V2V - Requisição do índice de categorias de anúncios

Serviço utilizado por veículo que deseja obter índices de categorias de anúncios disponíveis em veículos vizinhos. Esta é a forma para um veículo conhecer e estimar a disponibilidade de anúncios em outros veículos dentro do seu raio de alcance de comunicação. A mensagem deste serviço é enviada a partir de um veículo para um ou mais veículos, respectivamente por envio *unicast* (um *beacon* endereçado a um destinatário único) ou *broadcast* como ilustrado na Figura 4.8. A resposta recebida é mantida armazenada no veículo pelo tempo informado no TTL.

Pilha de comunicação: WAVE WSMP.

Estratégia de conexão: *on-demand pull*.

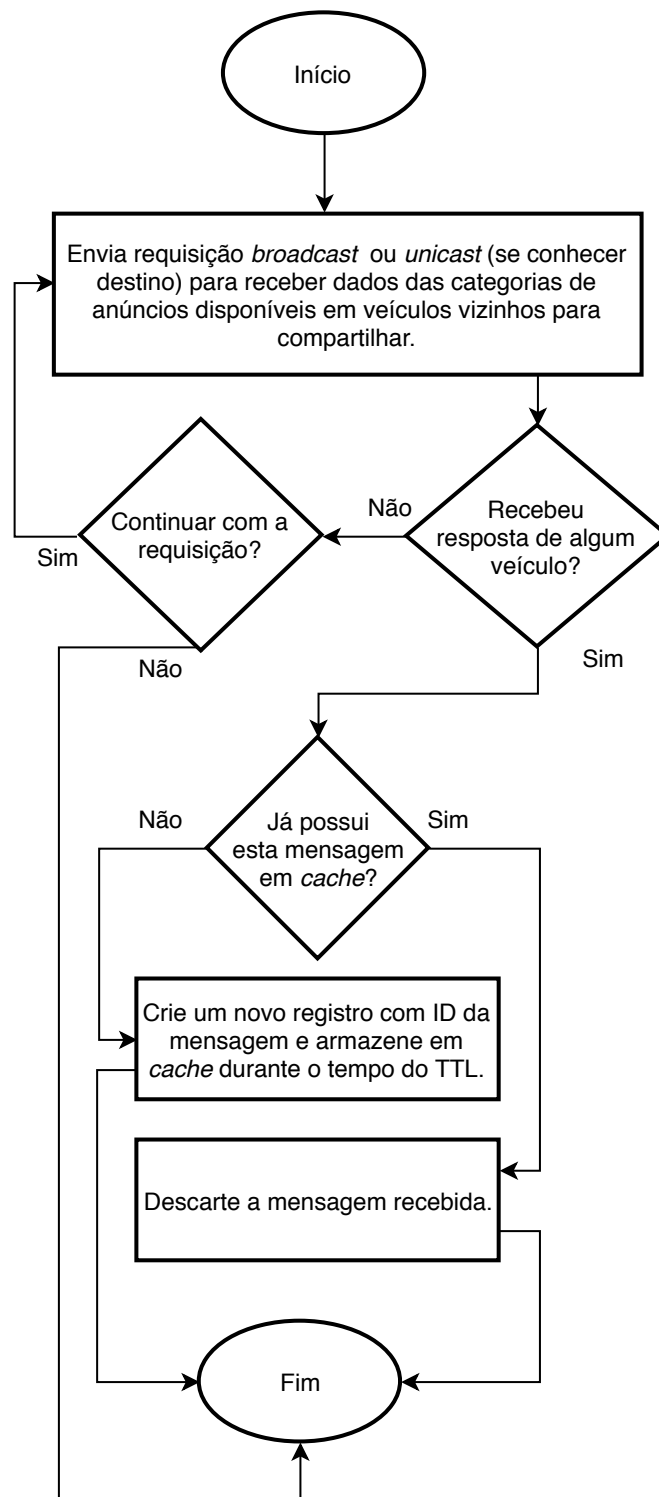


Figura 4.8. Fluxograma do processo de requisição do índice de categorias de anúncios a partir de um veículo para veículos vizinhos (V2V).

Padrão de mensagem:

1. Cabeçalho padrão.
2. Dados:
 - a) posição geográfica (GPS) do veículo (ou a posição relevante para qual deseja receber o índice) (8 *bytes*).
 - b) considerar anúncios no índice apenas até a distância máxima, em metros, a partir da posição GPS informada no item *a* (2 *bytes*).
 - c) (*opcional*) tipo de mídia do anúncio (inclui todos por padrão; ou considerar apenas anúncios no formato texto, áudio, imagem ou vídeo) (1 *byte*).
 - d) (*opcional*) lista de id de anúncios não desejados (usada para evitar receber um índice que contém anúncios que já possui) (4 *bytes* por id).

4.9.6 V2V - Resposta do índice de categorias de anúncios

Serviço utilizado por veículo para responder requisições de veículos vizinhos que solicitam por índices de categorias de anúncios, relacionados aos anúncios disponíveis no veículo vizinho para compartilhamento naquele momento. A mensagem deste serviço é enviada por *unicast* a partir de um veículo para o veículo que o requisitou, após verificar a existência de restrição de compartilhamento, definidas nas variáveis de contexto. Este processo é descrito no fluxograma da Figura 4.9.

Pilha de comunicação: WAVE WSMP.

Padrão de mensagem:

1. Cabeçalho padrão.
2. Dados:
 - a) identificador único (*message_id*) da mensagem original para qual está respondendo, desta forma o destinatário pode identificar de qual requisição originou esta resposta (2 *bytes*).
 - b) índices de categorias, cada índice composto por um vetor com os dados da categoria; id (2 *bytes*), nome (48 *bytes*) e quantidade de anúncios disponíveis (2 *bytes*).
 - c) posição geográfica (GPS) da média dos pontos geográficos dos anunciantes contido no índice de categorias (8 *bytes*).

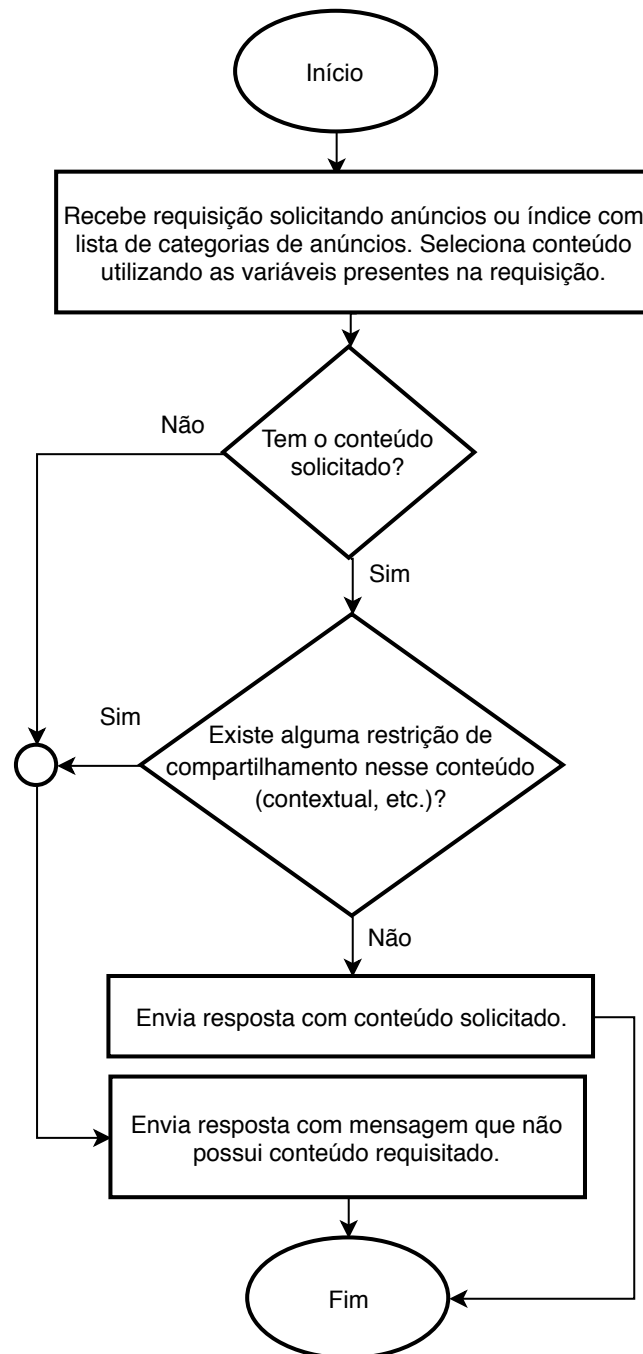


Figura 4.9. Fluxograma do processo de resposta para requisição de anúncios e índices de categorias a partir de um veículo para veículos vizinhos (V2V).

- d) distância máxima em metros, a partir da posição média, em que anúncios presentes no índice de categorias são relevantes (2 *bytes*).

4.9.7 V2V - Requisição de anúncio

Serviço utilizado por veículo que deseja obter anúncios de veículos vizinhos (uma abordagem de acordo com a Seção 1.2.3). Sua mensagem de requisição de anúncios é enviada a partir de um veículo para demais veículos, por *broadcast* ou diretamente a um veículo específico (*unicast*), geralmente após ter recebido o índice de categorias informando disponibilidade de tais conteúdos. A Figura 4.10 representa a visão geral do processo. Esta requisição pode ser feita de três formas distintas, solicitando anúncios através de:

1. uma categoria de anúncios específica, obtido pelo de índice de categorias;
2. de um anúncio específico, através do seu id, obtido no *thinAd*;
3. ou por palavras-chave (*keywords*), semelhante uma busca.

Desta forma, ao menos um dos três parâmetros da requisição precisa ser informado ou caso contrário, a requisição será considerada para um anúncio qualquer (aleatório). Além disso, são informações necessárias na requisição; os parâmetros de quantidade máxima de anúncios desejados, posição geográfica do veículo (ou posição relevante ao anúncio solicitado) e a distância máxima a ser considerada desta posição geográfica. Esta última, atua como um filtro contra anúncios não relevantes para a região atual do veículo. Também é possível especificar na requisição um determinado tipo de mídia para o anúncio desejado.

Devido a característica da mobilidade dos nós nas redes veiculares, que incluem veículos com trajetos semelhantes, é preciso utilizar um mecanismo a fim de evitar comunicações indesejadas quando são utilizadas requisições *broadcast*. O método adotado neste protocolo evita que um veículo receba continuamente as mesmas respostas de veículos que estejam na mesma trajetória. Para isto, uma lista de identificação de veículos cuja respostas são indesejáveis deve ser enviada na requisição.

Pilha de comunicação: WAVE WSMP.

Estratégia de conexão: *on-demand pull*.

Padrão de mensagem:

1. Cabeçalho padrão.

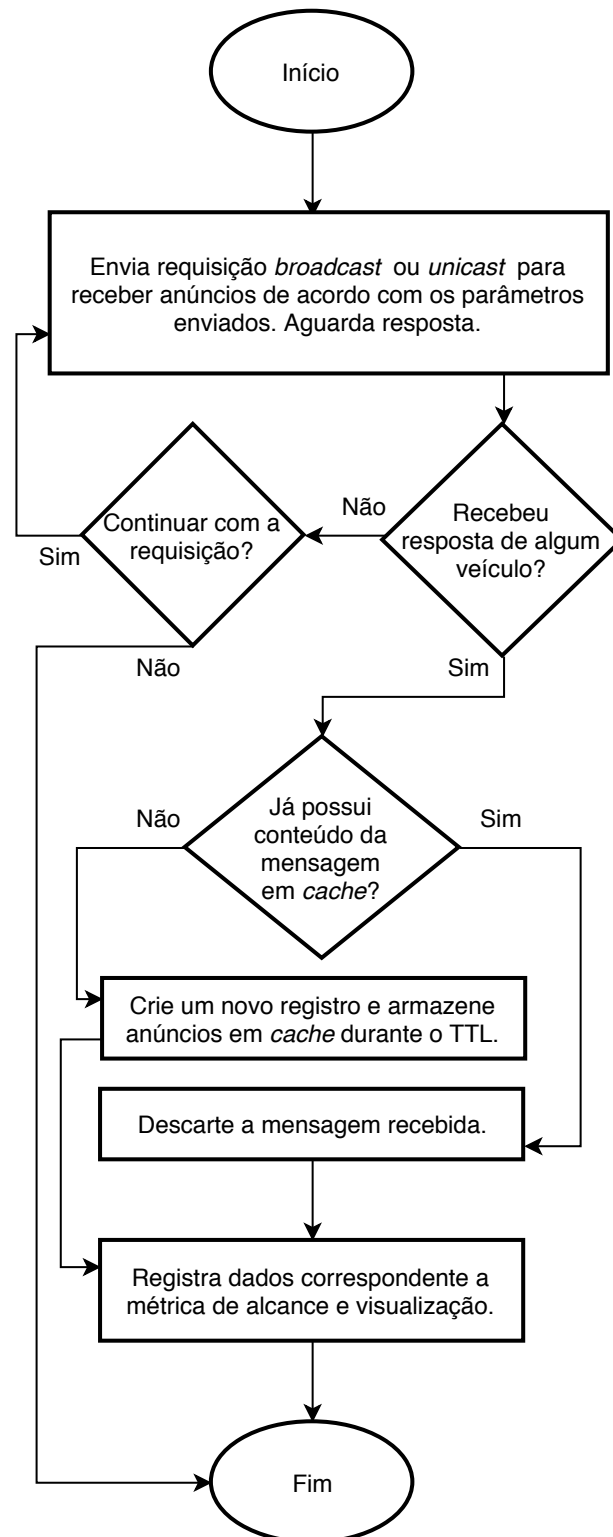


Figura 4.10. Fluxograma do processo de requisição de anúncios a partir de um veículo para veículos vizinhos (V2V) e as futuras etapas.

2. Dados:

- a) quantidade (máxima) de anúncios desejados (1 *byte*).
- b) posição geográfica GPS do veículo (ou a posição relevante para qual deseja receber a resposta) (8 *bytes*).
- c) considerar anúncios relevantes apenas até a distância máxima, em metros, a partir da posição GPS informada anteriormente (2 *bytes*).
- d) (*opcional*) id do anúncio específico desejado (4 *bytes*).
- e) (*opcional*) palavras-chave desejada de anúncio (32 *bytes*).
- f) (*opcional*) categoria desejada de anúncio (2 *bytes*).
- g) (*opcional*) tipo de mídia do anúncio (inclui todos tipos por padrão; ou considerar apenas anúncios no formato especificado; texto, áudio, imagem ou vídeo) (1 *byte*).
- h) (*opcional*) lista de id de anúncios não desejados (usada para evitar receber anúncios que já possui) (4 *bytes* por id).
- i) (*opcional*) lista de id de veículos não desejados (usada para evitar receber continuamente respostas de veículos que estejam no mesmo trajeto) (2 *bytes* por id).

4.9.8 V2V - Resposta de requisição de anúncio

Serviço utilizado por veículo para responder a uma requisição de anúncio de um veículo vizinho, representado no fluxograma na Figura 4.9. Este fluxograma é equivalente para o serviço de resposta de índice de categoria de anúncios entre veículos (V2V), já descrito anteriormente na Seção 4.9.6. Conforme a especificação do protocolo, opcionalmente, a requisição original de anúncio contém parcialmente informações de contexto, tornando, portanto, possível responder com anúncios mais relevantes. A resposta, enviada por *unicast*, irá conter tal anúncio se o mesmo estiver disponível, caso contrário, a resposta será uma mensagem (com código específico) apenas informando que não há anúncios para requisição.

Pilha de comunicação: WAVE WSMP para *thinAds* ou WAVE TCP/IP para anúncio completo.

Padrão de mensagem:

1. Cabeçalho padrão.

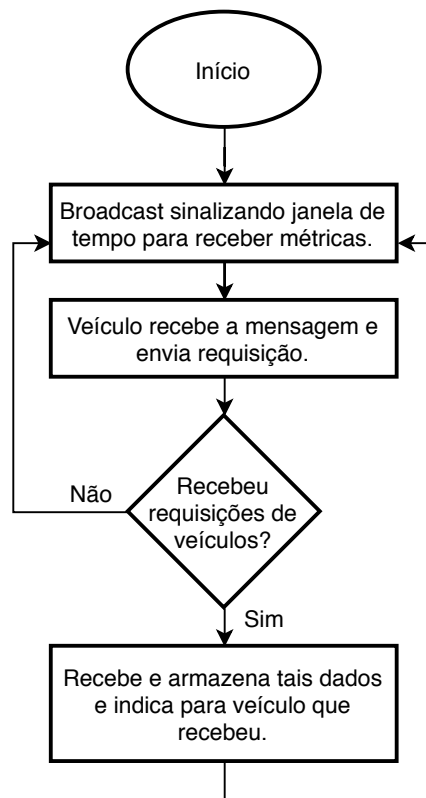


Figura 4.11. Fluxograma do processo de sinalização de disponibilidade para recebimento de dados estatísticos e métricas de anúncios presente nos veículos (I2V).

2. Dados (resposta com anúncio):

- a) identificador único (*message_id*) da mensagem de requisição para qual está respondendo (2 bytes).
- b) conteúdo requisitado contendo seus atributos.

3. Dados (resposta sem anúncios):

- a) identificador único (*message_id*) da mensagem de requisição para qual está respondendo (2 bytes).

4.9.9 I2V - Sinal de disponibilidade para recebimento de métricas de anúncios

Serviço utilizado por RSU para indicar a disponibilidade para recebimento (*upload*) de métricas de anúncios armazenadas e pendente de envio presente em veículos, representado no fluxograma na Figura 4.11. A mensagem, enviada por *broadcast*, contém

a informação do tamanho máximo do conteúdo da mensagem que espera receber dos veículos naquele momento. Esta informação permite o RSU, de certa forma, diminuir a saturação na rede, variando dinamicamente o limite máximo de transmissão de dados permitido a cada nó, dependendo da quantidade média de veículos presentes na região naquele momento.

Pilha de comunicação: WAVE WSMP.

Estratégia de conexão: *push*.

Padrão de mensagem:

1. Cabeçalho padrão.
2. Dados:
 - a) tamanho máximo da mensagem (em *bytes*) que espera receber (2 *bytes*).

4.9.10 V2I - Envio de métricas de anúncios

Serviço utilizado por veículo para transmissão (*upload*) de dados estatísticos de anúncios armazenadas no próprio veículo e pendente de envio, representado no fluxograma na Figura 4.12. Após a mensagem ser enviada com os dados, por *unicast*, estes são removidos do veículo.

Pilha de comunicação: WAVE TCP/IP.

Padrão de mensagem:

1. Cabeçalho padrão.
2. Dados:
 - a) arquivo de dados estatísticos de anúncios.

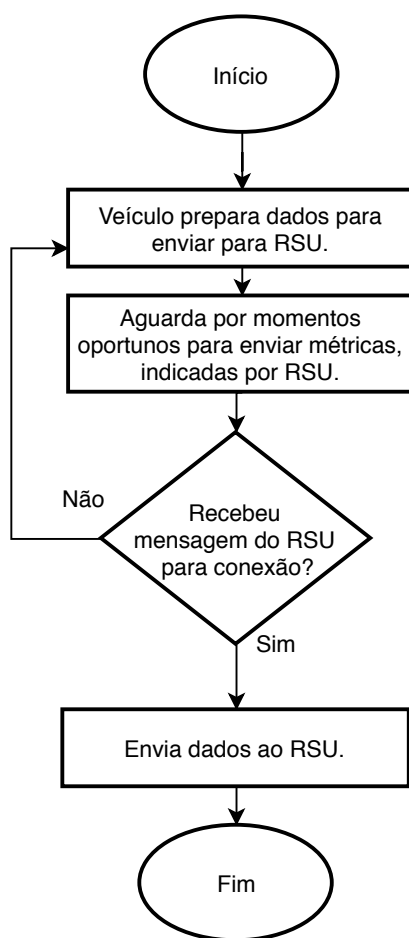


Figura 4.12. Fluxograma do processo de *upload* de dados estatísticos de anúncios presente nos veículos para o RSU (V2I).

Capítulo 5

Avaliação e resultados

Neste capítulo detalhamos os ambientes simulados e avaliamos o desempenho do protocolo SEGMETRIK. O texto deste capítulo se organiza da seguinte maneira. A Seção 5.1 descreve os simuladores utilizados. As seções seguintes apresentam a avaliação do protocolo, que foi dividida em cenários levando em consideração os aspectos técnicos, avaliados na Seção 5.2, e os funcionais, apresentados na Seção 5.3 e Seção 5.4.

5.1 Simuladores

Na fase inicial do desenvolvimento do protocolo, foi utilizado um *framework open source* de simulação de redes veiculares (Veins) [57], que é composto por outros dois já estabelecidos simuladores, OMNeT++ e *Simulation of Urban MObility* (SUMO). O OMNeT++ é um simulador de redes baseado em eventos, e o SUMO é utilizado para a simulação de mobilidade urbana e tráfego, que permite modelar rodovias, transportes público e pedestres. Contudo a utilização deste *framework* mostrou-se impraticável, devido as dificuldades de compatibilidade entre diversas atualizações dos simuladores e de versões dos sistemas operacionais experimentados (Windows e Linux). O problema foi agravado pela falta de suporte, documentação e apoio da comunidade envolvida no desenvolvimento destas ferramentas. Após despendido uma considerável quantidade de tempo, foi decidido a mudança de ferramentas, onde passamos a utilizar o simulador de rede ns-3 e o SUMO.

O ns-3 é um simulador de rede baseado em eventos discretos, tendo seu público-alvo a comunidade de pesquisa e educação. O projeto ns-3 foi iniciado em 2006 e tem seu código aberto, licenciado sob a GNU GPLv2. Ele inclui suporte ao modelo do IEEE 802.11p e IEEE 1609.4 DSRC/WAVE *network layers*, incluindo operação com multicanais.

O SUMO é um conjunto de ferramentas para criar e executar simulações veiculares. Com ele é possível gerar cenários sintéticos usando o gerador aleatório e também importar um cenário real do *OpenStreetMap*¹ para garantir a precisão das simulações. Além da geração de cenários, é possível gerar rotas. Dado um cenário como entrada, é possível gerar um número desejado de rotas aleatórias, especificando a distância mínima entre partida e destino, tipos de veículos com diferentes padrões de aceleração e velocidade, como carros e motos.

Cada simulação foi repetida cinco vezes e nas avaliações foi considerada a média dos resultados obtidos, onde não se observou variações maiores que 0,45%.

5.2 Avaliação de desempenho de rede

O objetivo desta seção consiste na avaliação dos aspectos técnicos. Nas simulações apresentadas a seguir, é avaliado o desempenho de rede no ambiente veicular. Esta avaliação seguiu a metodologia utilizada na tese de Ullah [60]. Realizamos a análise da taxa de entrega de diferentes mensagens, definidas na Seção 4.9, que incluem transmissões utilizando o protocolo WSMP. Esta análise permite dimensionar o uso das mensagens definidas no SEGMENTRIK em diversas situações, como por exemplo, possibilitando a uma aplicação ajustar a vazão de pacotes dinamicamente de acordo com a quantidade de anúncios a serem entregues.

5.2.1 Caracterização da simulação

Para esta avaliação de desempenho da rede, utilizamos o segmento de uma autoestrada reta com 2 km de comprimento. Planejadas com pelo menos duas vias em cada direção, as autoestradas proporcionam um fluxo livre sem sinais de trânsito e cruzamentos. Tais características as tornam um caso interessante para esta análise principalmente pelas situações de limitado tempo de interconexão disponível dentro dos limites do raio de transmissão do RSU, fixo em determinado local no percurso da rodovia.

A simulação consiste em um único RSU e 100 veículos. Posicionamos o RSU próximo do centro deste segmento de rodovia, com um raio de transmissão de aproximadamente 300 metros. De forma sequencial, 50 veículos entram na simulação seguindo uma rota única entre uma extremidade à outra (oeste-leste). Semelhantemente, outros 50 veículos fazem a rota inversa, do leste para o oeste.

Analizamos a taxa de entrega de pacotes (*Packet Delivery Ratio* - PDR) levando em conta três cenários para as velocidades dos veículos, sendo eles; baixa (40 km/h),

¹<http://www.openstreetmap.org>

média (80 km/h) e alta (120 km/h) mobilidade. A diferença entre velocidades para um determinado nó em uma rede sem fio, implica em intervalos distintos de tempo de interconexão e afeta diretamente o PDR.

Desde o início da simulação, o RSU mantém periodicamente o envio de mensagens WSM. Modelamos as mensagens simuladas baseado nas especificações conforme a Seção 4.9. As mensagens analisadas diferenciam no tamanho do seu pacote. Além disso, simulamos todos os cenários com diferentes quantidades de pacotes enviados por segundo (p/s), sendo eles: 0,5 p/s, 1 p/s, 1,5 p/s, 2 p/s, 2,5 p/s, 3 p/s, 3,5 p/s, 4 p/s, 4,5 p/s e 5 p/s.

5.2.2 Parâmetros

A Tabela 5.1 contém os parâmetros utilizados nas simulações.

Tabela 5.1. Parâmetros utilizados nas simulações de segmentação de anúncios entre RSU e veículos (V2I).

Parâmetro	Valor
Quantidade de veículos	100
Velocidade dos veículos	40/80/120 km/h para cada simulação
Quantidade de RSU	1
Área simulada	Autoestrada reta com 2 km de comprimento
Raio de alcance dos nós	300 m
Modelo de propagação	Log-Distance
Taxa de transmissão	6 Mbps
Frequência de transmissão	5 GHz
Camadas Rede e Transporte	WSMP
Camadas MAC e PHY	IEEE 802.11p

5.2.3 Resultados

Após analisar o PDR em todos cenários previstos, isto é, analisar o envio de pacotes com diferentes tamanhos e diferentes quantidades de pacotes enviados por segundo, foi criada uma visualização do mapa de calor para cada uma das três velocidades propostas. Este tipo de representação gráfica é bastante apropriada para visualizar grandes quantidades de dados multidimensionais e podem ser utilizados para identificar grupos de linhas com valores similares, conforme elas são mostradas nas áreas de cor similar.

A escala representa valores entre 0 e 100% do PDR para um conjunto de 100 pacotes. A Figura 5.1 mostra o resultado para o cenário com baixa mobilidade (40

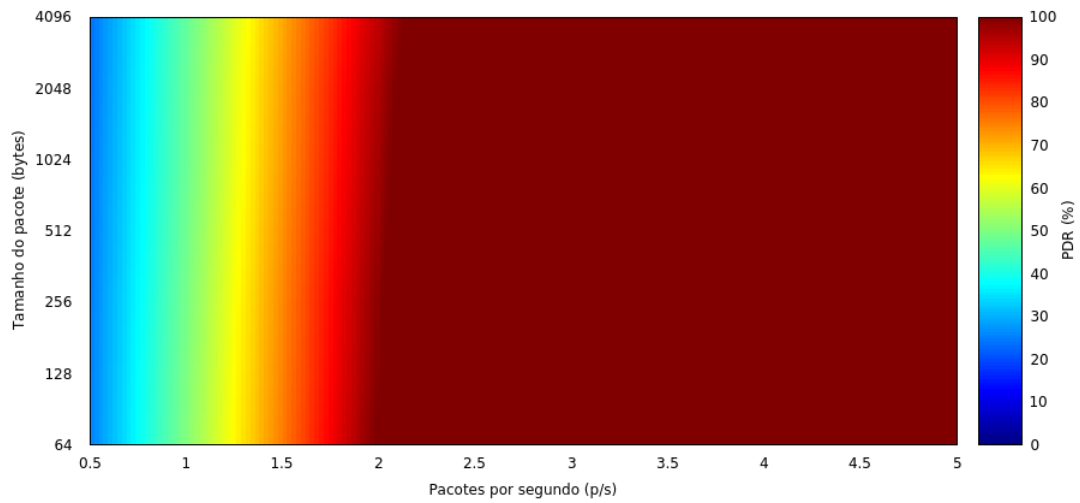


Figura 5.1. Mapa de calor do desempenho de rede com baixa mobilidade (40 km/h).

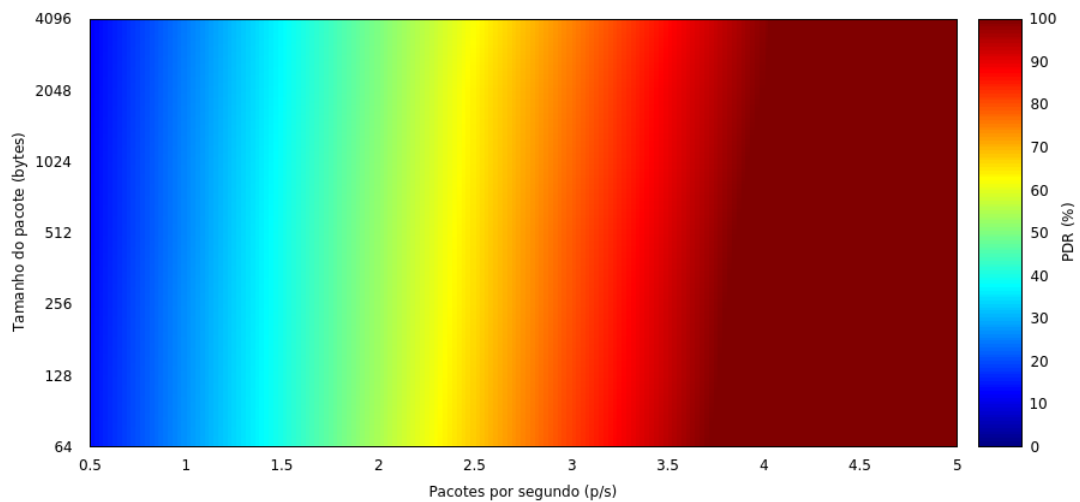


Figura 5.2. Mapa de calor do desempenho de rede com média mobilidade (80 km/h).

km/h). Utilizando a frequência de envio em 1 pacote por segundo, o PDR não excede em média 50%, independente dos tamanhos dos pacotes simulados. Em pacotes com tamanho de até 256 *bytes* e enviados a uma vazão média a partir de 2 p/s, é possível obter PDR de 100%. Conforme a simulação, para assegurar que pacotes de tamanho até 4.096 *bytes* tenham 100% de entrega neste cenário, deve-se utilizar uma frequência

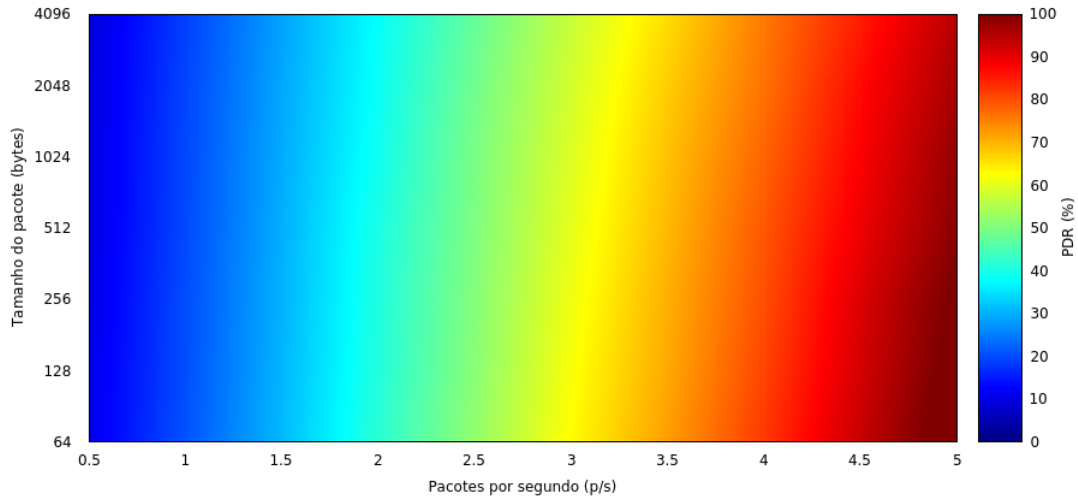


Figura 5.3. Mapa de calor do desempenho de rede com alta mobilidade (120 km/h).

de envio mínima de 2,5 pacotes por segundo.

A Figura 5.2 mostra que no cenário com média mobilidade (80 km/h) e portanto, com a metade do tempo de interconexão em relação ao teste anterior, é necessário uma vazão mínima de 2 p/s para atingir ao menos 50% de PDR em pacotes até 4.096 *bytes*. Quando utilizado a vazão de 3,5 p/s, o PDR varia entre 94,6% e 86,8% para pacotes de tamanho, respectivamente, entre 128 e 4.096 *bytes*. Apenas a partir de 4 p/s seria seguro afirmar que pacotes de todos os tamanhos simulados teriam 100% de PDR, isto significa necessidade de uma taxa de envio 60% superior em comparação ao cenário anterior.

Quando testamos o último cenário, onde veículos se movimentaram em alta velocidade (120 km/h), como mostra a Figura 5.3, foi necessário utilizar uma taxa de 3 p/s para atingir ao menos 50% de PDR em todos tamanhos de pacotes. Para garantir um PDR ao menos de 80%, a vazão deveria ser elevada em 50%, alcançando 4,5 p/s.

O serviço definido na Seção 4.9.2, que suporta a descoberta oportunística dos anúncios, transmite até 16 *thinAds* utilizando um pacote no tamanho recomendado pelo padrão (1.400 *bytes*). A partir de avaliações do desempenho da rede como mostra a Figura 5.4, foi possível concluir que em baixa mobilidade (40 km/h), para este serviço pode-se disseminar entre 377 e 3.825 *thinAds*, a uma vazão entre 0.5 e 5 p/s. Para um cenário de média mobilidade, o número de *thinAds* disseminados foi entre 195 e 2.025 a uma vazão entre 0,5 e 5 p/s. Com alta mobilidade, foram disseminados entre 147 e

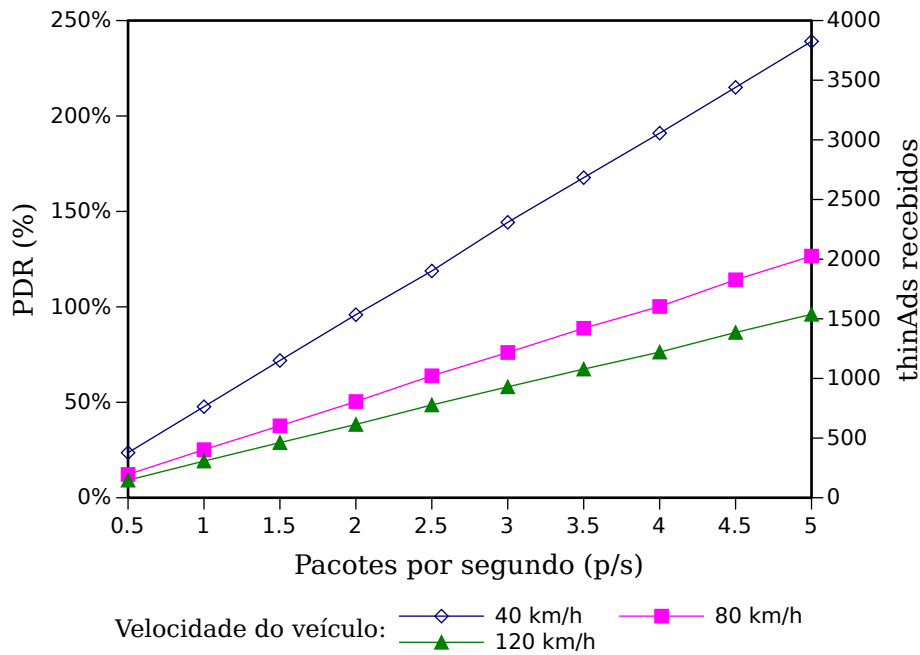


Figura 5.4. Análise de PDR na disseminação de *thinAds* em diferentes mobilidades.

1.537,5 *thinAds*.

5.3 Avaliação para segmentação de anúncios compartilhados entre veículos

Conforme já exposto na Seção 4.7.2, a segmentação parcial ocorre na disseminação de anúncios entre veículos. Sua principal característica é a regra definida pelo POI para a distância máxima permitida ao disseminar o conteúdo, entre o local do POI e a posição do veículo. Realizamos a análise em duas etapas, onde, em um primeiro momento os veículos respondem a qualquer requisição de veículos vizinhos com o conteúdo solicitado. Em outra simulação, apenas veículos os quais satisfaçam a regra de segmentação parcial, respondem com o conteúdo solicitado. Caso contrário, a resposta contém a mensagem com o código que indica a indisponibilidade de conteúdo requisitado.

5.3.1 Caracterização da simulação

O cenário utilizado para a análise é baseado na cidade de *Manhattan*, com uma área limitada em aproximadamente 14 km^2 . Um POI de referência da categoria *Shopping* foi definido como *Manhattan Mall*, localizado em *Midtown Manhattan*, na parte central

da ilha. A distância máxima permitida para compartilhamento entre os veículos até o POI (regra de negócio), foi definida em 500 metros conforme a Figura 5.5. Foram geradas rotas aleatórias, com origem e destino para cada uma das regiões; norte, sul, leste e oeste, de forma que existam veículos trafegando na maior área possível.

Após o início da simulação, 505 veículos entram sequencialmente no cenário de acordo com suas rotas. Inicialmente, apenas um veículo já possui o anúncio do POI citado. Durante toda a simulação, o veículo que possui o anúncio envia uma mensagem *broadcast* com uma periodicidade de 10 segundos, no padrão de mensagem detalhado na Seção 4.9.6, para informar sua presença e disponibilidade aos demais veículos vizinhos. Quando os veículos recebem tal mensagem, é enviada ao remetente uma requisição de anúncio da categoria do POI como referência, no padrão descrito na Seção 4.9.7. Após esta requisição ser recebida e processada, uma resposta no formato apresentado na Seção 4.9.8 é enviada de volta ao veículo requerente. Dependendo da ocasião, isto é, satisfeita a regra de segmentação parcial, a resposta contém anúncio ou caso contrário, apenas um código de indisponibilidade.

A simulação foi executada até que 90% dos veículos tivessem o anúncio e levou em média um período de 400 a 500 segundos de simulação.

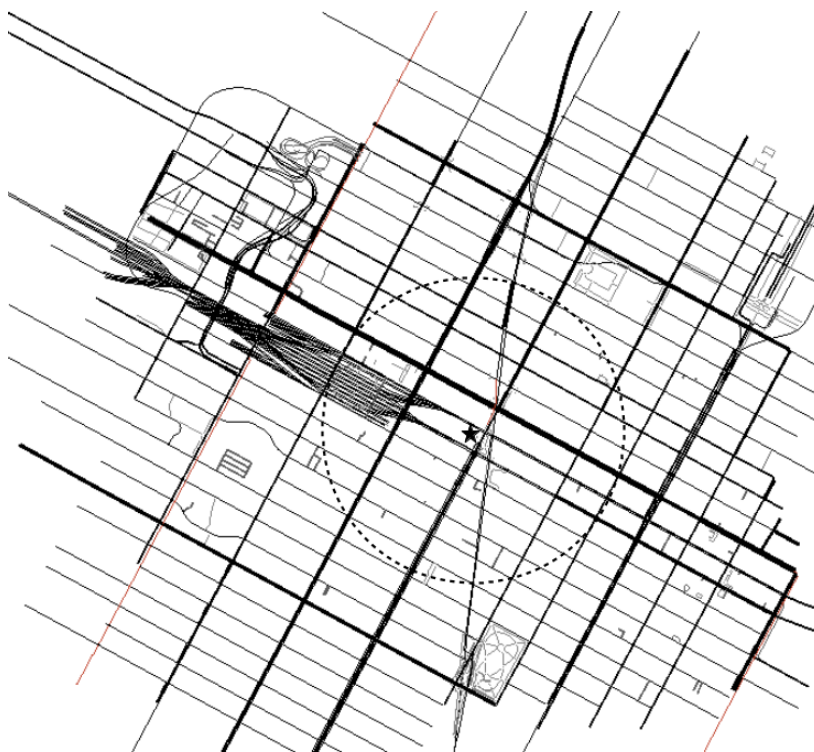


Figura 5.5. Cenário baseado na cidade de *Manhattan* utilizado para as simulações - V2V.

5.3.2 Parâmetros da simulação

A Tabela 5.2 contém os parâmetros utilizados nas simulações.

Tabela 5.2. Parâmetros utilizados nas simulações de segmentação de anúncios entre veículos (V2V).

Parâmetro	Valor
Quantidade de veículos	505
Tempo de simulação	500s para cada simulação
Área simulada	Aproximadamente 3 km^2
Raio de alcance dos nós	100 m
Modelo de propagação	Log-Distance
Taxa de transmissão	6 Mbps
Frequência de transmissão	5 GHz
Camada Aplicação	SEGMETRIK
Camadas Rede e Transporte	WSMP
Camadas MAC e PHY	IEEE 802.11p

5.3.3 Resultados da simulação

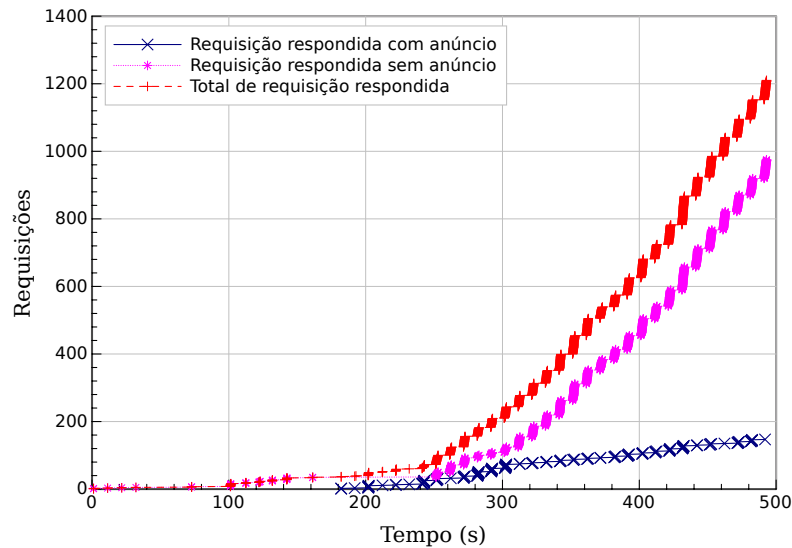


Figura 5.6. Requisições respondidas para o cenário com segmentação - V2V.

A Figura 5.6 mostra as requisições respondidas para o cenário com segmentação. Apenas um veículo iniciou a simulação com o anúncio e até o tempo de 161s, todas as 35 requisições para este veículo foram respondidas sem anúncio, devido a restrição não ter sido satisfeita. A partir do tempo de 182s, outros veículos começaram a receber

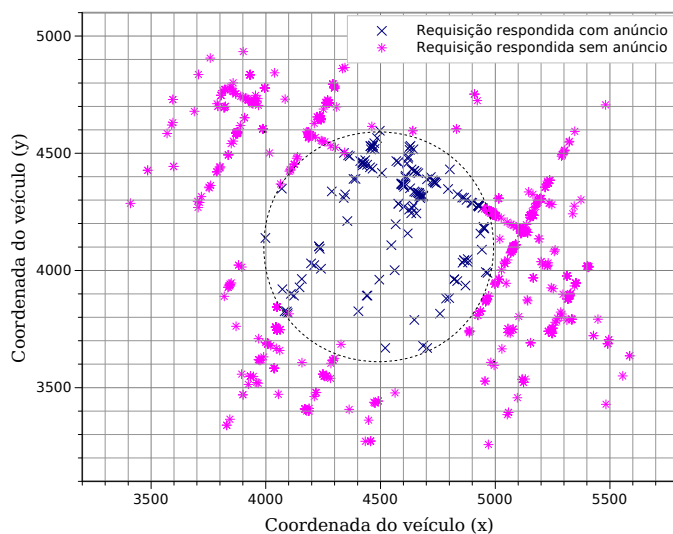


Figura 5.7. Posições dos veículos para o cenário com segmentação - V2V.

respostas positivas, passando estes veículos também a sinalizar a disponibilidade de conteúdo e a responder requisições de seus vizinhos.

Até o término da simulação, a quantidade de requisição respondida com anúncio alcançou o valor de 147, apresentando crescimento de forma linear. Por outro lado, a medida que mais veículos receberam anúncios e devido sua mobilidade se dispersaram no cenário, as chances de satisfação da condição de segmentação foram reduzidas. Portanto, houve um aumento de requisições respondidas sem anúncio alcançando o número de 975. Ao todo, foram 1.210 requisições respondidas.

Analisando o comportamento das requisições e as respostas obtidas (com ou sem anúncios), observa-se o resultado da aplicação da regra de segmentação conforme esperado. A Figura 5.7 mostra as posições dos veículos no momento em que receberam as repostas. A área de relevância para o POI, com raio de 500m, foi delineada para melhor compreensão.

A Figura 5.8 apresenta as requisições respondidas para o mesmo cenário, sem segmentação. Neste caso, um anúncio foi logo compartilhado no primeiro segundo de simulação e, até 200s, já existiam 69 veículos com anúncios. Durante a simulação, todas as 545 requisições respondidas continham anúncios. A representação geográfica do momento de recepção de cada resposta, conforme a Figura 5.9, evidencia que todos veículos receberam respostas com o anúncio, mesmo estando fora da área de relevância para o POI, pois não foi aplicado o critério de segmentação.

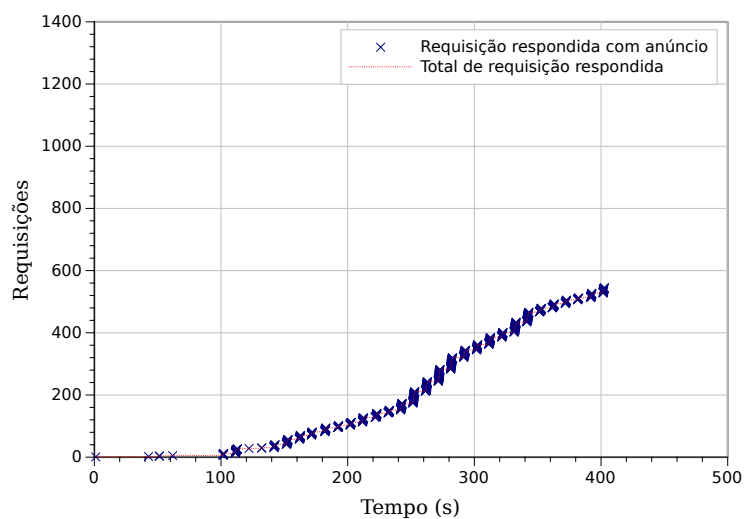


Figura 5.8. Requisições respondidas para o cenário sem segmentação - V2V.

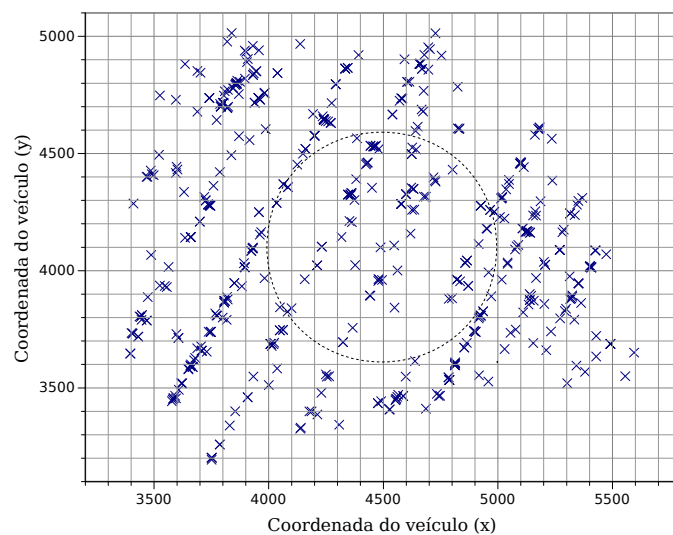


Figura 5.9. Posições dos veículos para o cenário sem segmentação que receberam resposta com anúncio - V2V

5.3.3.1 Alcance do anúncio

A métrica de alcance é muito eficaz em quantificar veículos os quais tiveram acesso a determinado anúncio. No cenário segmentado (Figura 5.10), entre 182s e 492s o alcance máximo do anúncio foi de 147 veículos. O cenário não segmentado, apresentado na mesma figura, alcançou 413 veículos entre 1s e 402s, sendo o alcance 2,8 vezes superior ao cenário anterior. Observar que apenas veículos que tiveram encontro oportunístico com outros veículos que continham anúncios foram alcançados.

5.3.3.2 Custo por alcance - CPR

A métrica custo por alcance (CPR) é derivada da métrica de alcance. Conforme mostrado na Seção 4.8.6, o CPR pode ser utilizado em dois momentos da campanha. Para definir custos de uma campanha que tem como referência o preço por alcance de cada veículo ou prover meios para análise do CPR médio em uma campanha realizada. Geralmente esta análise é feita nas quais o investimento da campanha foi definido através de forma diferente, como por exemplo, outras métricas ou um custo fixo para duração com período preestabelecido.

Ao analisar o custo total da campanha de cada cenário supondo um CPR de \$1,50, fica evidente a importância da segmentação na otimização dos custos. O custo total máximo na campanha segmentada representou \$220,50 no período simulado, conforme a Figura 5.10. Com um valor quase três vezes superior, a campanha não segmentada

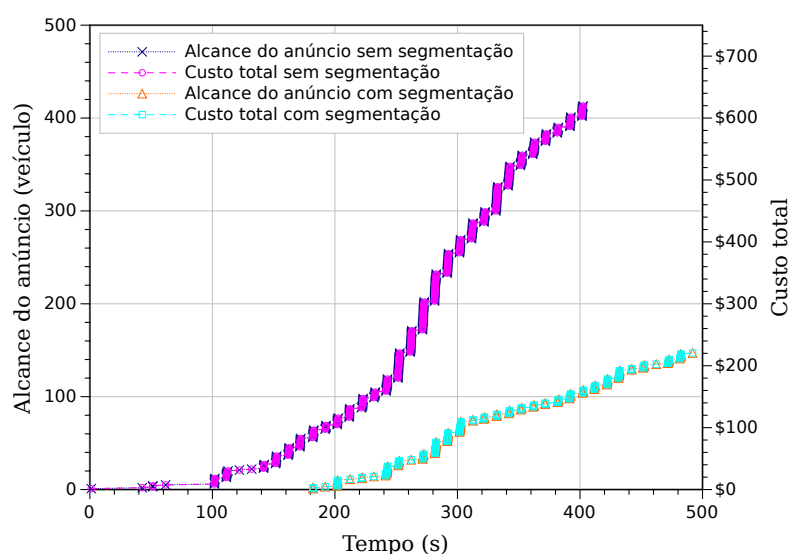


Figura 5.10. Métrica de alcance e custo total com CPR de \$1,50 para o cenário com e sem segmentação - V2V.

encerrou a simulação aos 402,5s em \$619,50.

Na hipótese de fixar um custo de \$50 para esta campanha, é possível utilizar esta métrica de uma segunda maneira, examinando o comportamento do valor CPR médio durante o período de duração da campanha. Conforme mostrado na Figura 5.11(a), a campanha segmentada resultou em um custo CPR médio de \$50 a \$0,3401. Segundo a Figura 5.11(b) o cenário não segmentado resultou em valores entre \$50 a \$0,1210.

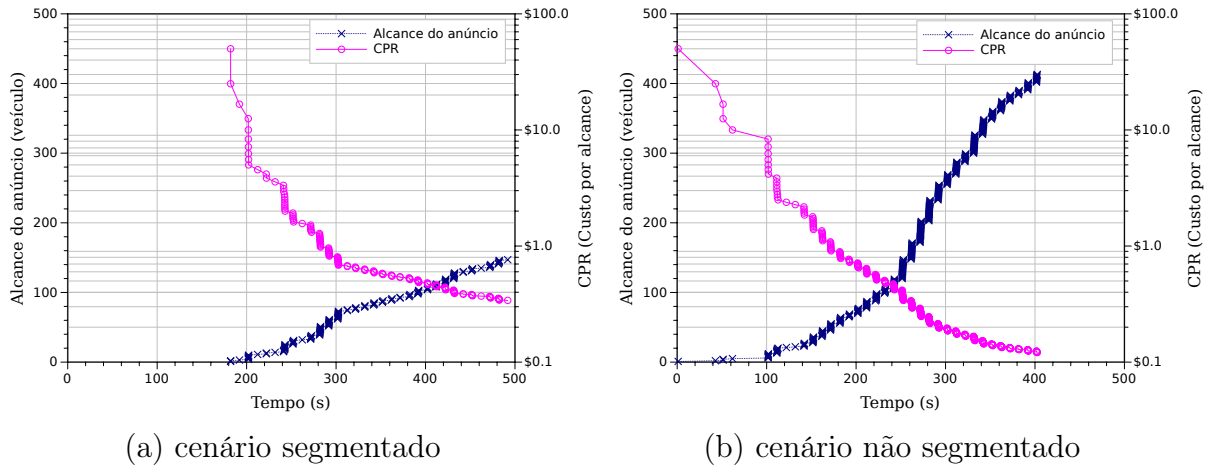


Figura 5.11. Custo CPR médio no cenário com segmentação e sem segmentação - V2V.

Pôde-se concluir que na campanha segmentada foi gasto um menor valor, com uma campanha de mais longa duração e atingiu-se essencialmente o público de maior relevância para o POI. Por outro lado, na campanha não segmentada o investimento despendido foi maior, o tempo de duração menor e muito do público alcançado não está na área de relevância definido pelo POI, resultando em uma campanha de menor eficácia.

5.4 Avaliação para segmentação de anúncios compartilhados entre RSU e veículos

No fornecimento de anúncios entre RSU e veículos, a segmentação completa pode ser aplicada. Diversas variáveis de contexto compõe esta forma de segmentação como descritas na Seção 4.7.1, sendo possível selecionar o anúncio mais relevante e adequado que melhor corresponde ao interesse de cada usuário e também aos objetivos pretendidos pelo POI.

Sendo assim, ainda que diferentes veículos utilizem uma mesma requisição, as respostas podem conter anúncios diferentes.

5.4.1 Caracterização da simulação

Nessa simulação, mostramos através de métricas e indicadores, o desempenho obtido em anúncios disseminados em duas regiões distintas, como ilustrado na Figura 5.12. Todos os veículos permanecem em rotas aleatórias na primeira região, denominada *Alfa* (norte), por metade do tempo de simulação e em seguida se movimentam para a região *Beta* (sul), onde se mantêm em rotas aleatórias até o término da simulação.

Um conjunto de anúncios foi predefinido com suas restrições de segmentação, conforme Tabela 5.3. Eles são armazenados e entregues através de cinco RSUs, presentes em cada uma das regiões para responderem requisições de veículos. Durante o período da simulação (870s), todos os RSUs enviam com uma periodicidade de 10 segundos, uma mensagem *broadcast* com índice de categorias no padrão detalhado na Seção 4.9.1, que informa aos veículos presentes nas proximidades a listagem de categorias com anúncios disponíveis. Logo quando algum veículo recebe tal mensagem, uma requisição da forma descrita na Seção 4.9.3 é enviada de volta ao RSU solicitando até 5 anúncios. Todas as requisições são para uma mesma categoria de POI (“*Alimentação*”), sendo distintos apenas nos parâmetros pertinentes a cada remetente da requisição. A execução da simulação considerou o dia corrente como uma terça-feira às 14h10min.

Assim que o RSU recebe a requisição, a solicitação é processada e uma resposta

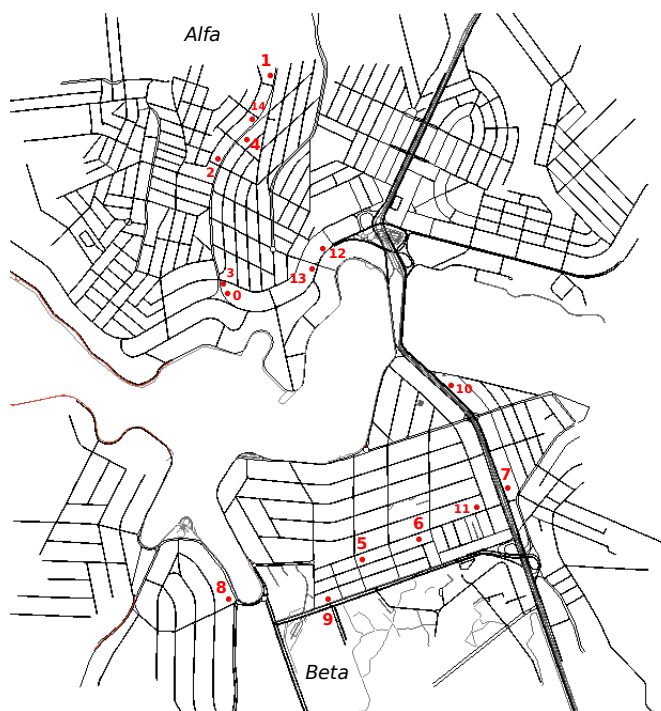


Figura 5.12. Cenário utilizado para simulações, regiões *Alfa* e *Beta* - V2I.

Tabela 5.3. Lista dos POI e seus respectivos anúncios e regras de segmentação registradas no RSU.

Id	Nome	Localização x;y (região)	Raio de relevância	Categoria do POI	Dias da semana	Horários	Nota (Google)
0	Frango Americano	3030;1717 α	750 m	Alimentação	Ter-Dom	14h-00h	3,9
1	Boizão	3340;3000 α	1000 m	Alimentação	Seg-Dom	11h-01h	4,8
2	Subway	3000;2500 α	600 m	Alimentação	Seg-Dom	11h-23h	4,4
3	Sushi Japa	3020;1740 α	750 m	Alimentação	Seg-Sab	14h-00h	4,1
4	Pizzaria Tutti	3200;2660 α	900 m	Alimentação	Seg-Sab	11h-16h	4,6
5	Tokyo Sushi	2600;2490 β	500 m	Alimentação	Seg-Dom	11h-23h	4,4
6	Sublime	3000;2630 β	1000 m	Alimentação	Seg-Sab	11h-15h	4,3
7	Pizzaria Olegario	3550;2850 β	1000 m	Alimentação	Seg-Dom	12h-00h	4,4
8	Chopp da Fábrica	1840;2220 β	900 m	Alimentação	Ter-Dom	11h-02h	4,2
9	Farroupilha Grill	2450;2230 β	800 m	Alimentação	Seg-Dom	11h-23h	4,1
10	Cine TJ	3100;3600 β	1100 m	Cinema	Seg-Dom	15h-00h	3,4
11	InfoComp	3333;2881 β	750 m	Shopping	Ter-Sab	18h-23h	2,3
12	Banco 24h	3660;1940 α	950 m	ATM	Seg-Dom	7h-23h	1,8
13	Droga Raia	3615;1838 α	550 m	Drogaria	Seg-Dom	0h-23h	2,2
14	Guarapari	3240;2750 α	600 m	Posto de combustível	Seg-Sab	6h-22h	0,9

com o anúncio *thinAd* mais adequado e relevante é enviada de volta ao veículo solicitante. O anúncio é escolhido por um algoritmo de seleção que leva em consideração a categoria do anúncio requisitado, raio da área de relevância do POI, contextos do veículo (localização) e de ambiente (dia da semana e horário). A quantidade de anúncios enviados como resposta é limitada pela quantidade requisitada ou a quantidade disponível, caso a última seja inferior. Importante ressaltar que não foram consideradas outras possíveis influências no algoritmo de seleção, como fatores externos, semelhante ao leilão de preços dos anúncios em tempo real (*real time bidding* - RTB) [2].

Analizamos esta simulação sob duas condições. Primeiro, onde a resposta do RSU segue as regras predefinidas de segmentação e, posteriormente em uma nova simulação, com anúncios selecionados de forma aleatória. Isto permitiu uma comparação com um cenário comum, sem segmentação e controle na disseminação dos anúncios.

Para aproximar a simulação ao maior nível de realidade, consideramos alguns pontos importantes no momento da modelagem dos cenários. Foi utilizado um cenário baseado em uma região da cidade de Belo Horizonte (MG), com aproximadamente 10 km^2 . Os anúncios presentes na Tabela 5.3, foram extraídos de POIs existentes no mundo real, inclusive com suas posições geográficas.

Para modelar o comportamento de usuário simulando decisões de quando um

veículo deveria exercer uma ação de clique em um determinado anúncio, usamos como base as avaliações reais fornecidas pelos usuários do *Google (Maps)*. Neste recurso de avaliação, o usuário avalia em até 5 estrelas um determinado ponto de interesse. Para cada anúncio, usamos sua nota final, que corresponde a média das avaliações de todos usuários. Este valor foi então transformado no percentual das ocasiões em que um veículo executa um clique. Por exemplo, um POI com nota média de 3,2 estrelas, obterá cliques em média 3,2% das vezes em que tal anúncio for visualizado. Importante notar que esta faixa de valores das avaliações é compatível com valores médios de CTR em um sistema de busca patrocinada na *internet*.

5.4.2 Parâmetros da simulação

A Tabela 5.4 contém os parâmetros utilizados nas simulações.

Tabela 5.4. Parâmetros utilizados nas simulações de segmentação de anúncios entre RSU e veículos (V2I).

Parâmetro	Valor
Quantidade de veículos	192
Velocidade média dos veículos	12,65 m/s
Tempo de simulação	840s para cada simulação
Quantidade de anúncios registrados RSU	15
Quantidade de RSU	5 em cada região
Quantidade de regiões	2
Área simulada	Aproximadamente 10 km^2
Raio de alcance dos nós	300m
Modelo de propagação	Log-Distance
Taxa de transmissão	6 Mbps
Frequência de transmissão	5 GHz
Camada Aplicação	SEGMETRIK
Camadas Rede e Transporte	WSMP
Camadas MAC e PHY	IEEE 802.11p

5.4.3 Resultados da simulação

Conforme descrito anteriormente, analisamos o desempenho obtido em anúncios entregues em duas regiões para um determinado grupo de veículos. Nos gráficos temporais apresentados a seguir, até aos 400s de simulação são apresentados dados dos veículos que estiveram na região *Alfa* e, posteriormente até ao final da simulação (840s), são os dados do mesmo grupo de veículos, que deslocou-se para a região *Beta*.

5.4.3.1 Análises de impressões e CPM no cenário segmentado

A Figura 5.13 mostra para o cenário segmentado, as impressões de cada anúncio como também o custo médio calculado considerando um CPM em \$33. Nota-se que a figura possui dados apenas de anúncios dos POIs com identificação entre 0 e 9, uma vez que todas as requisições neste cenário foram para uma categoria predefinida, da qual estes anúncios fazem parte. Neste cenário, os anúncios são distribuídos de acordo com as regras e restrições, e o comportamento de crescimento de cada linha do gráfico mostrou ser previsível, principalmente com POIs semelhantes, incluindo o posicionamento geográfico e suas regras.

Como exemplo, temos os POIs 0 e 3, dois estabelecimentos que compartilham regras similares incluindo suas categorias, raios de distâncias relevantes e que estão posicionados fisicamente próximos, tendem a resultar em desempenhos semelhantes nas métricas de impressões e alcance. Estes anúncios obtiveram, respectivamente, 751 e 759 impressões até o tempo de 400s de simulação a um custo, respectivamente, de \$24,78 e \$25,04. Esta constatação valida o funcionamento do protocolo tanto na parte da definição dos serviços e por consequência suas trocas de mensagens, quanto a correta obtenção das métricas após a ocorrência do evento. No entanto, entre estes dois POIs outras métricas como cliques e CTR podem se divergir, pois são influenciadas por fatores adicionais, como o próprio comportamento e interesse do usuário.

Apesar do POI 1 ter o maior raio de distância de relevância, também nota-se na Figura 5.13 que o mesmo possui o menor valor em impressões (sendo um total de

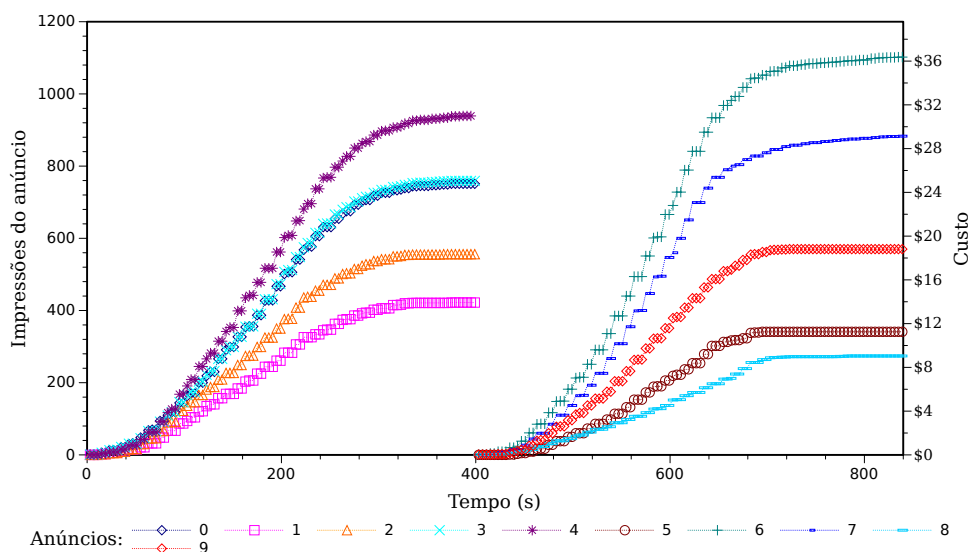


Figura 5.13. Métrica de impressões de anúncios no cenário com segmentação nas regiões *Alfa* e *Beta* - V2I.

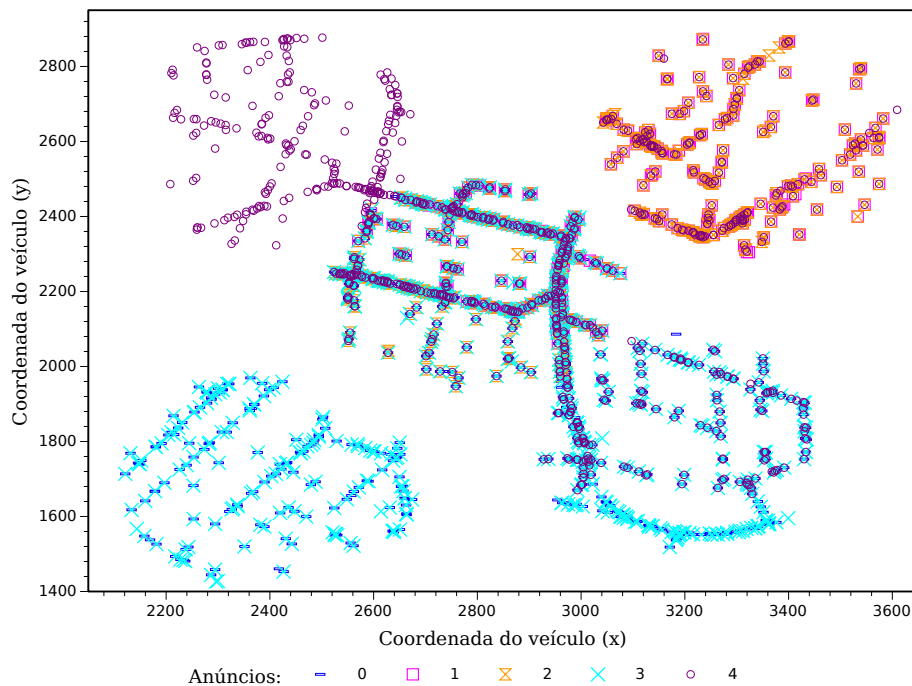


Figura 5.14. Posicionamento geográfico da distribuição segmentada de anúncios na região *Alfa* - V2I.

422 com custo médio de \$13,92). Neste caso específico, os principais motivos se devem ao fato da localização do POI estar em uma região com menor fluxo de veículos e na extremidade do cenário. O POI 4, com uma região de relevância limitada a um raio de 900 m, obteve a maior quantidade de impressões da região *Alfa*, totalizando 939 a um custo médio \$30,98. Portanto, apesar desta variável de relevância ter uma relação direta no aumento da exposição a por consequência resultar em maior número de impressões, alcance e cliques, isto não deve ser tido como absoluta verdade, reafirmando mais uma vez a importância dos mecanismos que identificam o desempenho na descoberta e interação com os POIs.

A Figura 5.14 facilita a visualização e entendimento da distribuição segmentada dos anúncios na região *Alfa*. Os anúncios dos POIs 0 e 3 que obtiveram números de visualizações semelhantes, também compartilham da distribuição geográfica na maioria das ocasiões, presente na parte inferior da representação visual. Os anúncios 1 e 2 ocupam predominantemente a região superior direita e parte do centro. O anúncio 4 foi disseminado praticamente em todas regiões, exceto na parte inferior esquerda, sendo uma das razões pelas quais obteve o maior número de impressões.

Ainda na Figura 5.13, que possui informações temporais, após 400s de simulação os veículos começam a chegar gradualmente na região *Beta* e nenhum anúncio com

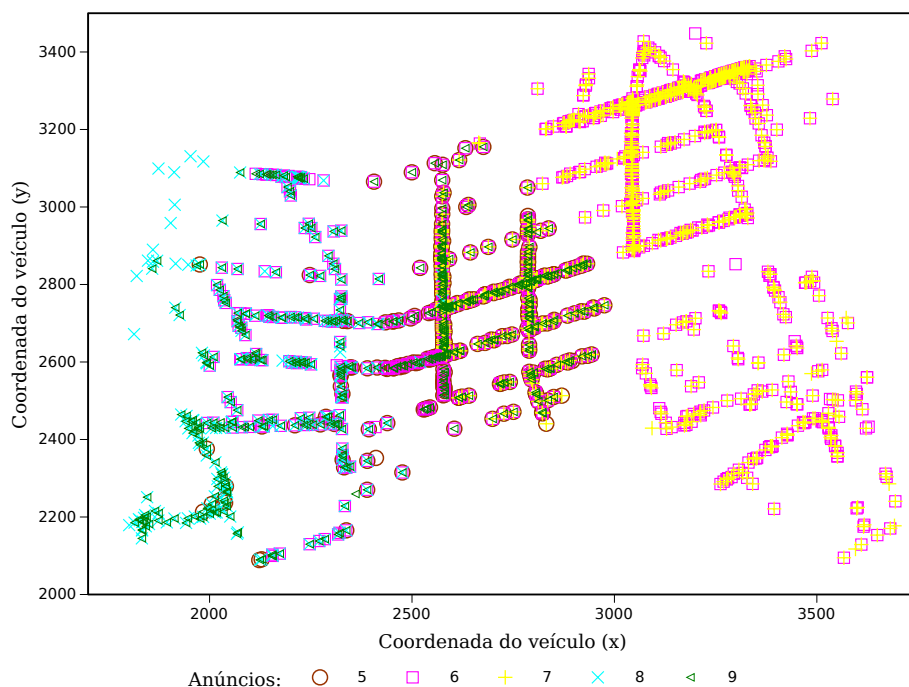


Figura 5.15. Posicionamento geográfico da distribuição segmentada de anúncios na região *Beta* - V2I.

identificação entre 0 e 4 foi distribuído. Os anúncios correspondentes aos POIs desta região – entre 5 e 9 – são disseminados e mais uma vez observamos que a regra de região de relevância máxima sofre, naturalmente, interferência do fluxo de veículos e posicionamento geográfico do POI.

Observando a Figura 5.15, o anúncio 6 que tem seu POI posicionado próximo ao centro do cenário e uma área de interesse até 1000 m, obteve o maior número de visualizações (1102) no final da simulação, ao custo médio em \$36,36. As impressões resultantes deste anúncio, tem uma distribuição geográfica que ocupa praticamente todas as áreas, exceto entre as coordenadas 1.700 e 2.500 no eixo x. Apesar do anúncio 8 ter uma área de interesse semelhante (900 m) ao do POI 6, o mesmo obteve o menor valor de visualizações (274), localizadas entre as coordenadas 1.700 e 2.500, também do eixo x.

5.4.3.2 Análises de impressões e CPM no cenário não segmentado

A Figura 5.16 mostra o crescimento da quantidade de visualizações na simulação sem segmentação de anúncios, onde a disseminação é feita de forma aleatória, sem considerar a categoria do POI ou qualquer outra restrição. Sempre que o RSU recebe uma requisição, um conjunto de anúncios na quantidade requisitada é extraído entre todos

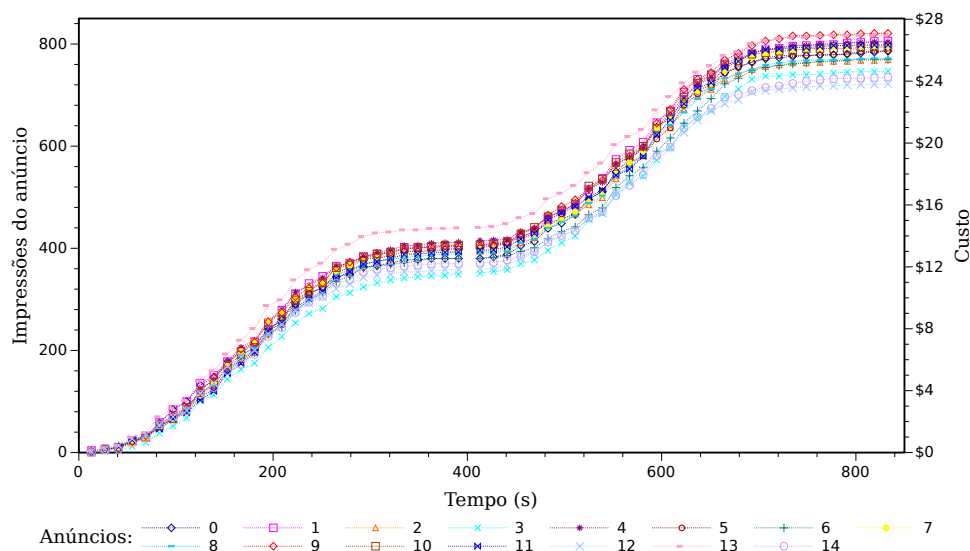


Figura 5.16. Métrica de impressões de anúncios no cenário sem segmentação nas regiões *Alfa* e *Beta* - V2I.

os anúncios registrados (vide Tabela 5.3). A primeira diferença observado nesta figura, é a presença de todos os 15 anúncios, conforme esperado, devido a escolha sem critérios rígidos. A curva de crescimento tem um formato estável, pois a função utilizada *random_shuffle()*, da biblioteca *C++*, resultou numa distribuição uniforme. Outro fator que também colaborou para manter tal forma, está relacionado com a proporção dos anúncios que são visualizados a cada intervalo de tempo. O aumento das visualizações ocorre sempre com 33,3% dos anúncios, toda vez que um veículo envia uma requisição de 5 do total de 15 anúncios. No primeiro cenário, este crescimento não tinha um valor mínimo fixo, apenas era limitado por um limite superior, também em 5 anúncios. Mantemos a mesma quantidade de anúncios na requisição para haver uma comparação equivalente entre os cenários segmentado e aleatório.

Diferente do que foi observado no primeiro cenário, a Figura 5.16 mostra que até 400s (região *Alfa*), todos os anúncios obtiveram entre 349 e 440 impressões, com custo médio entre \$11,51 e \$14,52, respectivamente. A partir dos 413s (região *Beta*) a quantidade de impressões segue a tendência de alta até alcançar valores entre 722 (POI 12) e 821 (POI 9), com o custo médio, respectivamente, entre \$23,79 e \$27,09. Assim, mesmo POIs que não estavam presentes fisicamente nas regiões pagaram pelas impressões dos anúncios.

A Figura 5.17 mostra geograficamente como os anúncios foram disseminados de forma aleatória na região *Alfa*, sem a utilização de qualquer critério específico que distinguísse um veículo dos demais. Quando os veículos entraram na região *Beta* (após

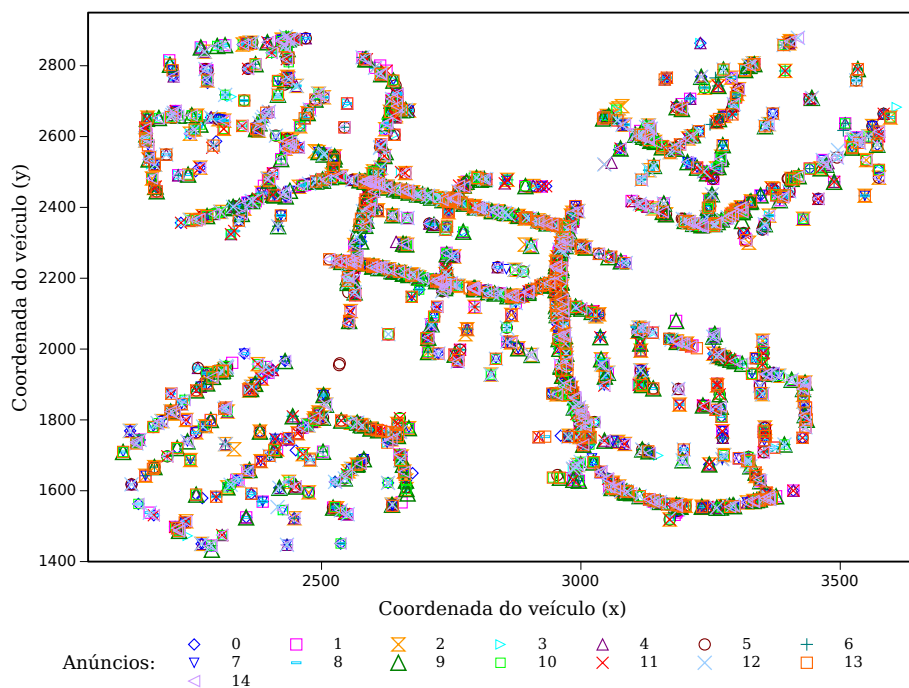


Figura 5.17. Posicionamento geográfico da distribuição não segmentada de anúncios na região *Alfa* - V2I.

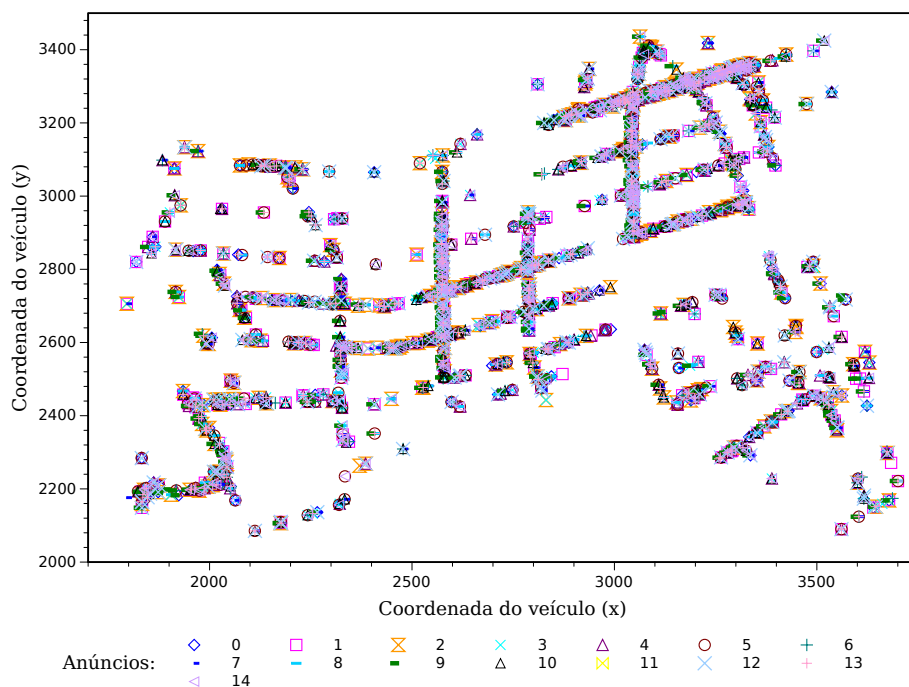


Figura 5.18. Posicionamento geográfico da distribuição não segmentada de anúncios na região *Beta* - V2I.

413s de simulação), também resultou em uma distribuição de forma semelhante, conforme mostrado na Figura 5.18.

Com o uso das métricas propostas nesta dissertação, torna-se possível a análise de desempenho entre as campanhas criadas por POIs. A Tabela 5.5 mostra a quantidade de impressões e o custo para cada POI, incluindo as duas condições de disseminação de anúncios (com e sem segmentação) e também apresenta as diferenças entre elas, em valores monetários e percentuais. O custo total foi calculado levando em consideração o mesmo valor de CPM de \$33, citado anteriormente.

Tabela 5.5. Impressões e custos (com base em um CPM \$33) resultantes das simulações de disseminação de anúncios entre RSU e veículos (V2I).

POI	Segmentado		Não segmentado		Diferença custo (\$)	Diferença custo (%)
	Impre.	Custo	Impre.	Custo		
0	751	\$ 24,78	786	\$ 25,93	\$ 01,15	5 %
1	422	\$ 13,92	806	\$ 26,59	\$ 12,67	91 %
2	556	\$ 18,34	769	\$ 25,37	\$ 07,02	38 %
3	759	\$ 25,04	747	\$ 24,65	- \$ 00,39	-2 %
4	939	\$ 30,98	804	\$ 26,53	- \$ 04,45	-14 %
5	341	\$ 11,25	787	\$ 25,97	\$ 14,71	131 %
6	1102	\$ 36,36	770	\$ 25,41	- \$ 10,95	-30 %
7	883	\$ 29,13	796	\$ 26,26	- \$ 02,87	-10 %
8	274	\$ 09,04	772	\$ 25,47	\$ 16,43	182 %
9	570	\$ 18,81	821	\$ 27,09	\$ 08,28	44 %
10	0	\$ 00,00	794	\$ 26,20	\$ 26,20	-
11	0	\$ 00,00	798	\$ 26,33	\$ 26,33	-
12	0	\$ 00,00	722	\$ 23,82	\$ 23,82	-
13	0	\$ 00,00	817	\$ 26,96	\$ 26,96	-
14	0	\$ 00,00	735	\$ 24,25	\$ 24,25	-

Com a entrega de anúncios sem critérios rígidos, seis POIs teriam um custo total superior em até 182% (POI 8), comparado quando entregues de forma segmentada, como mostra a Figura 5.19. Quatro POIs seriam beneficiados com custos inferiores não além que -30% (POI 6). Os POIs 10 a 14 seriam prejudicados no valor total de seus custos, uma vez que seus anúncios não tinham nenhuma impressão – e portanto nenhum custo – quando a entrega de suas mensagens estavam condicionadas a satisfação de suas regras.

Importante ressaltar que nesta tabela comparativa e as demais análises onde foi comparado o custo entre anúncio disseminado com ou sem segmentação, foram utilizados valores iguais entre os cenários e os anunciantes. As maiores redes de publicidade online que possuem comercializam anúncios digitais, utilizam preços dinâmicos que são influenciados por inúmeras variáveis, incluindo, mas não limitadas em, leilão de anún-

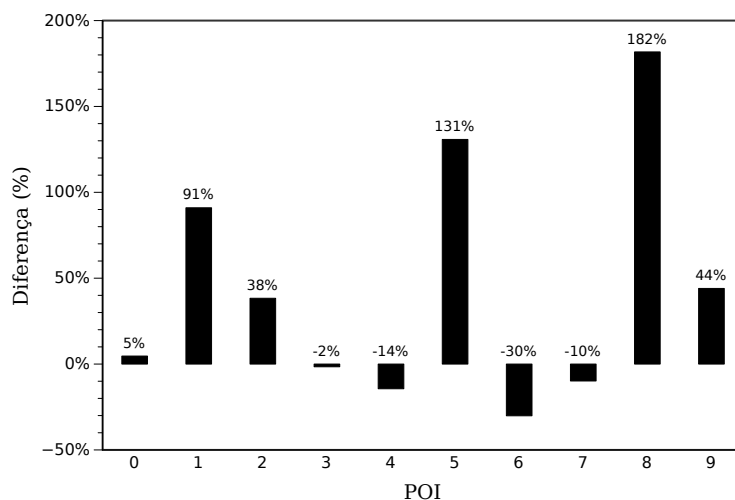


Figura 5.19. Diferença em percentual de impressões com a disseminação de anúncios não segmentados comparado quando entregues de forma segmentada - V2I.

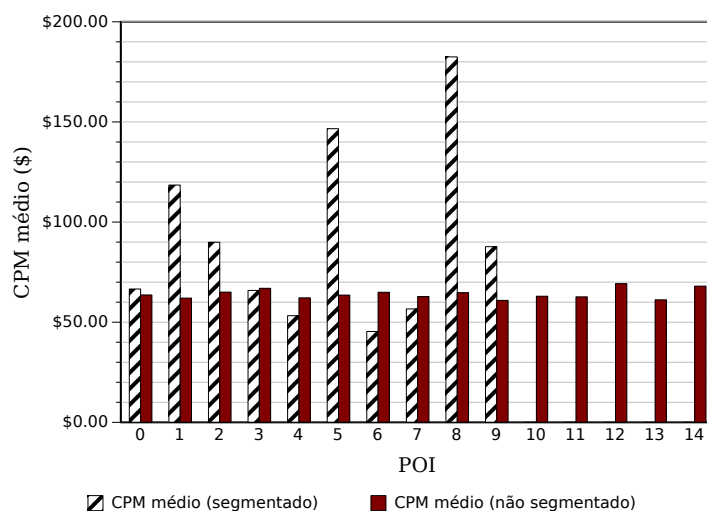


Figura 5.20. Custo médio de CPM dos anúncios supondo um custo fixo de \$50 para cada POI, comparando os cenários com e sem segmentação - V2I.

cios entre anunciantes, segmentação por categorias e nichos, localidade e sazonalidade [67, 5, 66].

Diferentemente de preestabelecer um valor de CPM, é possível fazer uma análise do CPM médio de acordo com o desempenho de cada campanha de anúncios realizada. Para isto, é necessário que um valor de custo total seja fixado. Considerando-se por hipótese um custo fixo de \$50 para cada campanha de todos os anunciantes, os custos médios de CPM resultaram em valores entre \$45,37 e \$182,48 para o cenário

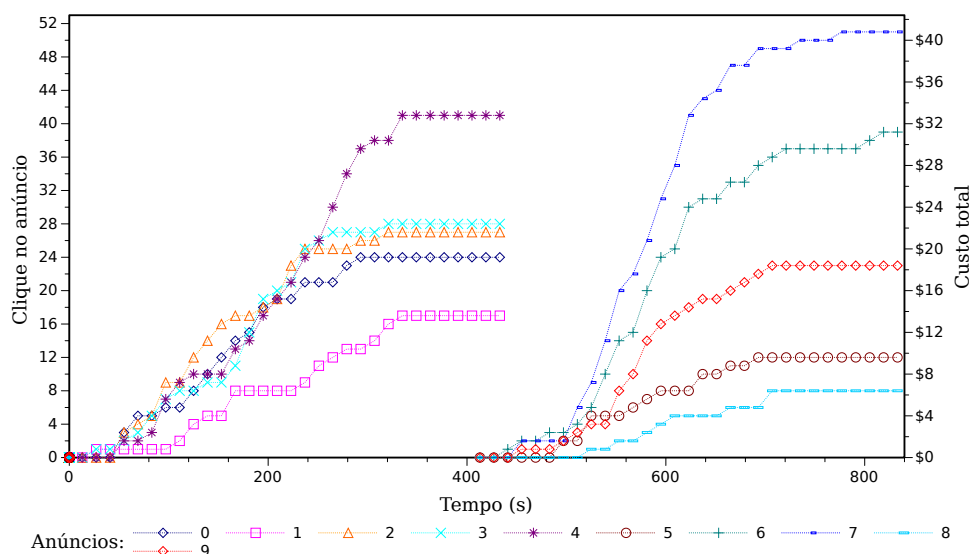


Figura 5.21. Métrica de clique e seu custo (com CPC em \$0,80) em anúncios no cenário com segmentação nas regiões *Alfa* e *Beta* - V2I.

segmentado. Nesta ótica, os POIs que obtiveram maiores quantidades de impressões são aqueles que resultaram em menores valores médios de CPM. Para o cenário sem segmentação, os valores ficaram entre \$60,90 e \$69,25, conforme ilustrado na Figura 5.20 que permite uma melhor visualização da relação entre eles.

5.4.3.3 Análises de cliques, CPC e CTR no cenário segmentado

O valor de custo por clique (CPC) pode ser estabelecido por diferentes formas, predefinido ou através de leilões dos anunciantes para cada palavra-chave relacionada ao seu anúncio ou sua segmentação escolhida [20].

A Figura 5.21 mostra para o cenário segmentado, a quantidade de cliques em que cada anúncio recebeu como também o custo total calculado para um CPC predefinido em \$0,80. Como em demais gráficos com dados provenientes da disseminação segmentada, os POIs apresentados foram apenas nos anúncios 0 a 9. Os anúncios dos POIs 10 a 14 não obtiveram nenhum clique e portanto nenhum custo relativo ao CPC. De acordo com a métrica reportada, os anúncios dos POIs 4 e 1, que resultaram em maior e menor número de impressões (Figura 5.13), também receberam, respectivamente, o maior (41) e menor (17) número de cliques. Seus custos foram, respectivamente, \$17 e \$41. Contudo, este comportamento proporcional não foi observado no anúncio 2, que recebeu 26% impressões a menos em relação ao anúncio 0 e ainda assim, obteve um total de cliques em média 12,5% superior.

A partir dos 400s de simulação os anúncios posicionados na região *Beta* identi-

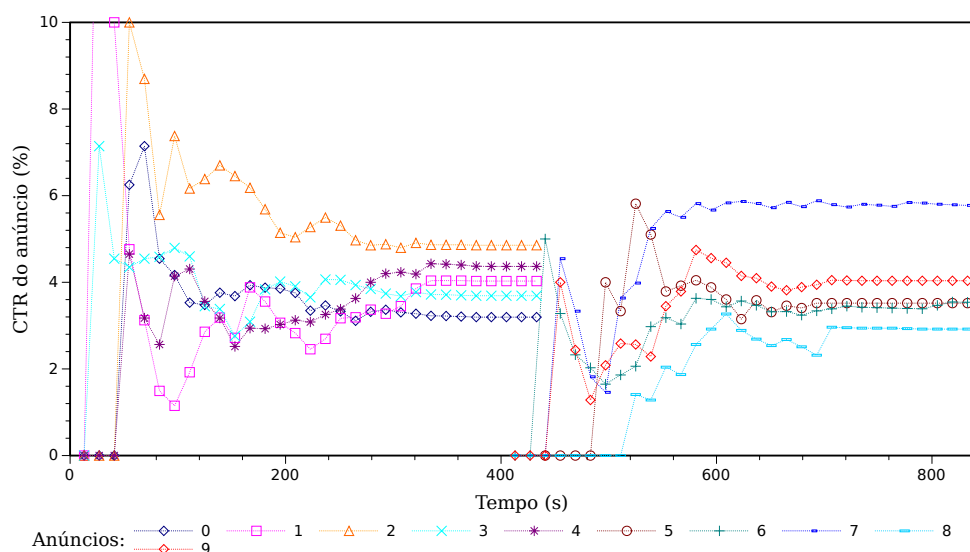


Figura 5.22. Métrica de CTR em anúncios no cenário com segmentação nas regiões *Alfa* e *Beta* - V2I.

cados por 5 a 9 passam a receber cliques. Os anunciantes nesta região registraram de 8 (POI 8) a 51 (POI 7) cliques com um custo total de \$6,40 a \$40,80, nesta ordem. Também neste mesmo intervalo da simulação, apenas os POIs 6 e 7 demonstraram um comportamento desproporcional de crescimento das curvas entre os gráficos de impressões e cliques.

A Figura 5.22 apresenta os valores de CTR para o cenário segmentado na qual estamos avaliando e ajuda compreender a razão pela qual observamos ocasiões com proporcionalidades instáveis. Os dois principais pontos que devem ser observados são, os POIs 2 (4,85%) e 7 (5,77%), onde ambos mantiveram em geral os maiores valores de CTR durante toda a simulação. Isto significa que estes dois anúncios foram os mais efetivos, sobretudo considerando que o objetivo do anunciante era obter mais cliques do que apenas visualizações [4].

5.4.3.4 Análises de cliques, CPC e CTR no cenário não segmentado

A Figura 5.23 mostra a taxa de cliques para o cenário não segmentado. A base de cálculo do custo total permanece a mesma do último cenário, com CPC em \$0,80. O anúncio do POI 14 obteve o menor desempenho com 4 cliques, enquanto o anúncio 1 terminou a simulação com 43 cliques, o maior valor entre todos 15 anunciantes. Resultando em custos totais que variaram de \$3,2 a \$33,40.

Conforme vimos anteriormente quando avaliamos as impressões de anúncios deste cenário (Figura 5.16), a diferença entre o anunciante com maior e menor desempenho

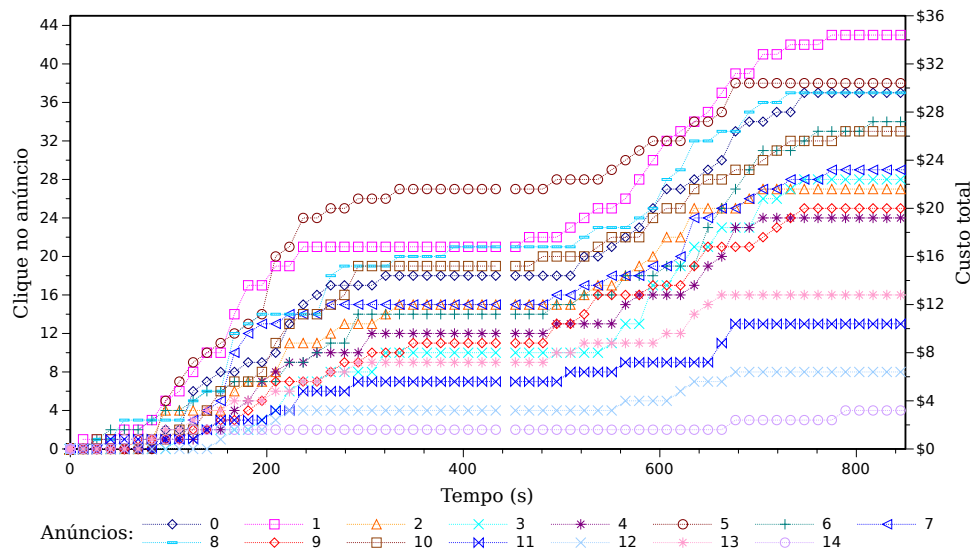


Figura 5.23. Métrica de clique e seu custo (com CPC em \$0,80) em anúncios no cenário sem segmentação nas regiões *Alfa* e *Beta* - V2I.

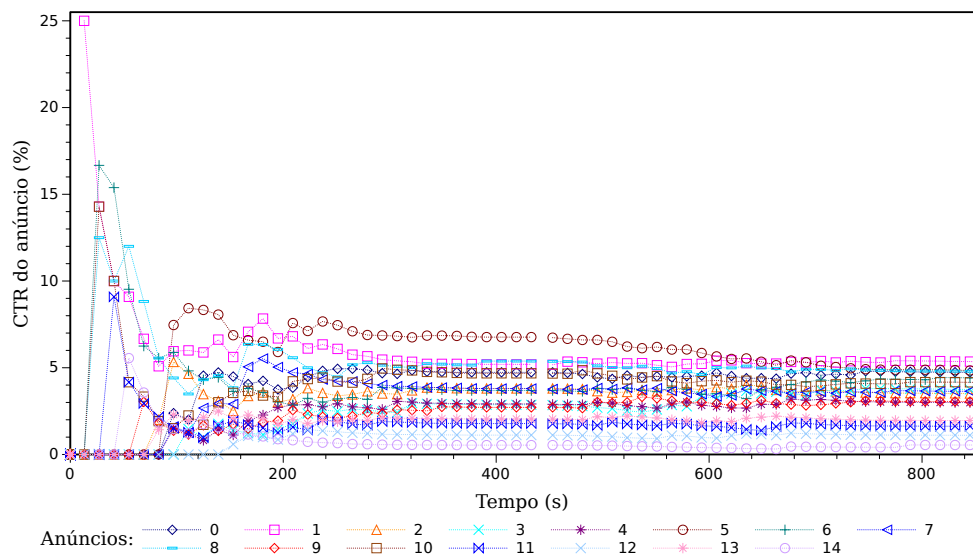


Figura 5.24. Métrica de CTR em anúncios no cenário sem segmentação nas regiões *Alfa* e *Beta* - V2I.

foi de aproximadamente 13,71%. Entretanto, a diferença entre cliques recebidos foi acima de 1.000%. Analisando a Figura 5.24 onde é mostrado a taxa CTR, também para o cenário não segmentado, há uma estabilidade de valores entre dois períodos, 330s e 490s e, novamente entre 685s e ao final da simulação (840s). Principalmente durante estes períodos onde a métrica se manteve estável, pode-se afirmar que os valores estão dentro da faixa de intervalo previsto (percentuais obtidos através das avaliações do *Google*).

Tabela 5.6. Cliques e custos (com base em um CPC \$0,80) resultantes das simulações de disseminação de anúncios entre RSU e veículos (V2I).

POI	Segmentado		Não segmentado		Diferença custo (\$)	Diferença custo (%)
	Cliques	Custo	Cliques	Custo		
0	24	\$ 19,20	38	\$ 30,40	\$ 11,20	58 %
1	17	\$ 13,60	43	\$ 34,40	\$ 20,79	153 %
2	27	\$ 21,60	27	\$ 21,60	\$ 00,00	0 %
3	28	\$ 22,40	28	\$ 22,40	\$ 00,00	0 %
4	41	\$ 32,80	24	\$ 19,20	- \$ 13,60	-41 %
5	12	\$ 09,60	38	\$ 30,40	\$ 20,80	217 %
6	39	\$ 31,20	34	\$ 27,20	- \$ 04,00	-13 %
7	51	\$ 40,80	29	\$ 23,20	- \$ 17,60	-43 %
8	8	\$ 06,40	37	\$ 29,60	\$ 23,20	363 %
9	23	\$ 18,40	25	\$ 20,00	\$ 01,59	9 %
10	0	\$ 00,00	33	\$ 26,40	\$ 26,40	-
11	0	\$ 00,00	13	\$ 10,40	\$ 10,40	-
12	0	\$ 00,00	08	\$ 06,40	\$ 06,40	-
13	0	\$ 00,00	16	\$ 12,80	\$ 12,80	-
14	0	\$ 00,00	04	\$ 03,20	\$ 03,20	-

Analizamos também, conforme a Tabela 5.6 as métricas relacionados aos cliques de cada POI individualmente em ambos cenários, avaliando as diferenças entre valores monetários e percentuais dos custos.

No cenário não segmentado, quatro POIs teriam um custo superior em até 363% (POI 8) em relação aos custos que teriam sido expendidos com uma entrega contextualizada, como mostra a Figura 5.25. Os POIs 2 e 3 obtiveram as mesmas quantidades de cliques e portanto não seriam impactados no custo. Três POIs teriam custos inferiores em até -43% (POI 7). Os POIs de 10 a 14 teriam custos adicionais em suas totalidades, pois não haviam sido disseminados na ocasião que considerava exigências de relevância.

Analizamos também o custo CPC médio para um valor de campanha fixa, semelhante da forma que foi apresentada anteriormente para o custo médio de CPM. Supondo um custo fixo da campanha em \$50, conforme mostra a Figura 5.26 o custo

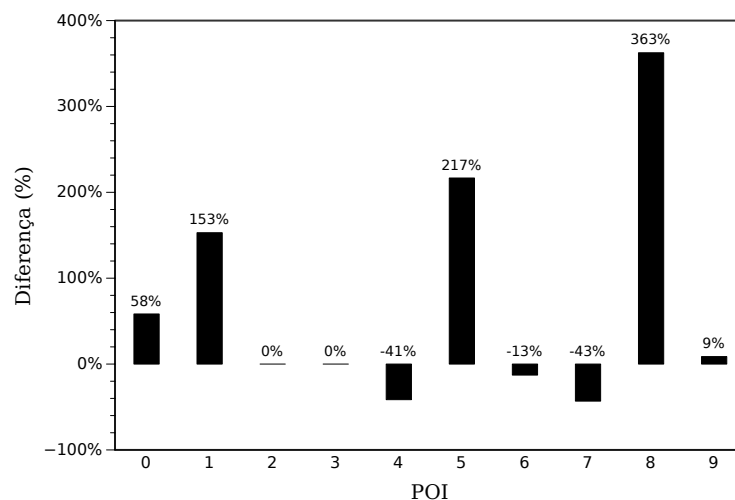


Figura 5.25. Diferença em percentual de cliques com a disseminação de anúncios não segmentados comparado quando entregues de forma segmentada - V2I.

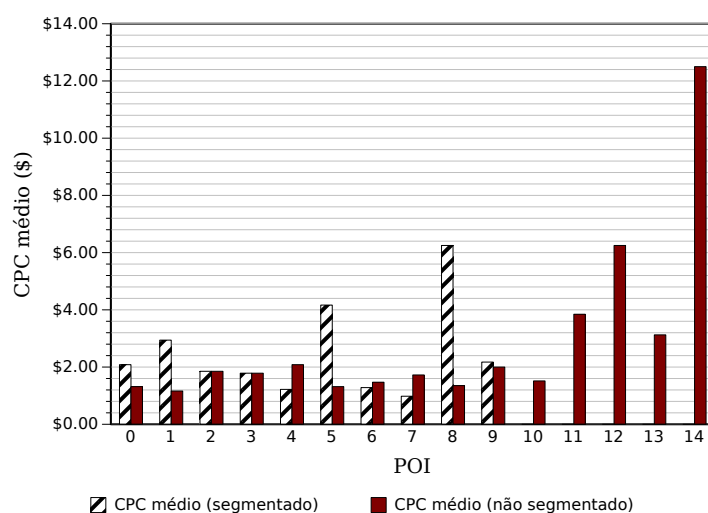


Figura 5.26. Custo médio de CPC dos anúncios supondo um custo fixo de \$50 para cada POI, comparando os cenários com e sem segmentação - V2I.

médio para o CPC em campanhas segmentadas seria de \$0,98 a \$6,25. Na campanha com uma disseminação aleatória, os valores variariam entre \$1,16 e \$12,5.

5.4.3.5 Conclusões

Ficou evidente que em posse destas métricas e suas possíveis análises, o anunciante (POI) pode, além de conhecer o real desempenho da sua campanha, realizar uma otimização de custos gerenciando as variáveis de contexto para melhor atingir seu público-alvo. Ademais, utilizar tais informações como dados históricos para estimar o

orçamento necessário e resultados de futuras campanhas.

Estas informações também são de grande valia para redes de publicidade online, que porventura estejam responsáveis por estabelecer condições de uso e precificar, incluindo mas não se limitado a valores para CPC, CPM e CPR.

Capítulo 6

Conclusões

As redes VANETs têm um papel fundamental na implantação de aplicações de segurança e conforto em ITS. Uma área que tem chamada atenção é o serviço de descoberta e localização oportunística de pontos de interesse. Tais POIs como restaurantes, hotéis e outros, se beneficiariam destas redes para disseminar seus anúncios aos veículos. Da mesma forma, estes consumidores utilizariam estas aplicações para encontrar produtos e serviços desejados durante seus trajetos. As campanhas patrocinadas de anúncios comerciais necessitam de recursos que aumentem sua eficácia, como segmentação de anúncios e obtenção de métricas e estatísticas de desempenho.

Neste trabalho apresentamos o SEGMETRIK, um protocolo de aplicação, leve e baseado em *beacon*, que oferece suporte a segmentação e rastreamento de desempenho de anúncios em serviços de descoberta oportunística de pontos de interesses e que segue os padrões de redes VANETs.

O protocolo opera em quatro fases, *advertising*, *caching*, *querying* e *responding*. Durante estas fases ocorrem a disseminação dos anúncios e índices de categorias, processamento e armazenamento de dados temporários, requisições e respostas com informações de anúncios e métricas. Os serviços utilizados pelas entidades envolvidas foram implementados usando estratégia híbrida, que combina disseminação de informações com a técnica *push* e atende requisições sob demanda no formato *pull*.

Definimos um tipo especial de anúncio chamado *thinAd*, que se diferencia de um anúncio completo por utilizar um único pacote WSM na forma de *beacon*. Foi adotada também uma estratégia de disseminar índices de categorias de anúncios para guiar futuras requisições e reduzir as comunicações desnecessárias na solicitação de anúncios indisponíveis. Criamos métricas e indicadores de desempenho que permitiu a análise de campanhas publicitárias em simulações no ns-3, baseadas em cenários reais, com segmentação parcial utilizando comunicações V2V e segmentação completa, utilizando

comunicações V2I.

Identificamos que com o uso das métricas e suas análises, o anunciante pode conhecer o real desempenho da sua campanha tornando possível a otimização de custos. Desta maneira, este estudo demonstrou, por meio de simulações e análises, que estratégias de segmentação e rastreamento de desempenho de anúncios podem ser aplicadas com sucesso para aplicações que usam descoberta oportunística de pontos de interesses em redes veiculares.

6.1 Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros e extensão desta pesquisa, sugerimos:

- Implementar e avaliar novas métricas e indicadores de desempenho citadas na Subseção 4.8.9, como alcance potencial do anúncio, que consiste em uma estimativa do número de veículos que poderiam ser alcançados por um anúncio, de uma determinada categoria, ainda não veiculado. Também avaliar o resultado das ações predeterminadas realizadas através da interação do usuário com o anúncio, classificadas como métricas de conversão e seus indicadores como taxa de conversão e custo por conversão.
- Avaliar uma nova abordagem para definição das métricas levando em consideração diferentes posições geográficas ou extensão da área. Com isto seria possível estabelecer faixas de preços, que variam em função do raio de relevância do POI.
- Expandir o uso de dados e variáveis de contexto no processo de segmentação dos anúncios. Existem outras fontes de dados não exploradas, como contexto de comunicação (velocidade e latência da conexão), contexto de ambiente (classificação da região geográfica, por exemplo, classificados em residencial, comercial ou industrial) e contexto do acordo comercial com o anunciante (onde anunciantes possam oferecer recompensas para veículos que contribuam na disseminação de seus anúncios Lee et al. [31]).

Referências Bibliográficas

- [1] Abrougui, K.; Boukerche, A. & Pazzi, R. W. N. (2010). Context-aware and location-based service discovery protocol for vehicular networks: Proof of correctness. Em *IEEE Local Computer Network Conference*, pp. 858–865. ISSN 0742-1303.
- [2] Cai, H.; Ren, K.; Zhang, W.; Malialis, K.; Wang, J.; Yu, Y. & Guo, D. (2017). Real-time bidding by reinforcement learning in display advertising. Em *Proceedings of the Tenth ACM International Conference on Web Search and Data Mining, WSDM '17*, pp. 661–670, New York, NY, USA. ACM.
- [3] Caliskan, M.; Graupner, D. & Mauve, M. (2006). Decentralized discovery of free parking places. Em *Proceedings of the 3rd International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks, VANET '06*, pp. 30–39, New York, NY, USA. ACM.
- [4] Chapelle, O.; Manavoglu, E. & Rosales, R. (2014). Simple and scalable response prediction for display advertising. *ACM Trans. Intell. Syst. Technol.*, 5(4):61:1--61:34. ISSN 2157-6904.
- [5] Chen, Y.; Berkhin, P.; Anderson, B. & Devanur, N. R. (2011). Real-time bidding algorithms for performance-based display ad allocation. Em *Proceedings of the 17th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, KDD '11*, pp. 1307–1315, New York, NY, USA. ACM.
- [6] Chen, Y.; Pavlov, D. & Canny, J. F. (2009). Large-scale behavioral targeting. Em *Proceedings of the 15th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, KDD '09*, pp. 209–218, New York, NY, USA. ACM.
- [7] Chuah, M.-C.; Yang, P.; Davison, B. D. & Cheng, L. (2006). Store-and-forward performance in a dtn. Em *2006 IEEE 63rd Vehicular Technology Conference*, volume 1, pp. 187–191. ISSN 1550-2252.
- [8] ConceptDraw (2018). Network engineering. <https://www.conceptdraw.com/How-To-Guide/network-engineering>. Acesso em: 01/05/2018.

- [9] De Sa, M.; Navalpakkam, V. & Churchill, E. F. (2013). Mobile advertising: Evaluating the effects of animation, user and content relevance. Em *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '13, pp. 2487–2496, New York, NY, USA. ACM.
- [10] Dikaiakos, M. D.; Florides, A.; Nadeem, T. & Iftode, L. (2007). Location-aware services over vehicular ad-hoc networks using car-to-car communication. *IEEE J.Sel. A. Commun.*, 25(8):1590–1602. ISSN 0733-8716.
- [11] Dobre, C. & Tudor, G. C. (2012). Mobile advertisement in vehicular ad-hoc networks. *CoRR*, abs/1202.2573.
- [12] dos S. Alves, R.; do V. Campbell, I.; Couto, R.; Campista, M.; Moraes, I.; Rubinstein, M.; Costa, L.; M. B. Duarte, O. C. & Abdalla, M. (2009). Redes veiculares: Princípios, aplicações e desafios.
- [13] Einziger, G.; Chiasserini, C. F. & Malandrino, F. (2018a). Scheduling advertisement delivery in vehicular networks. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, pp. 1–1. ISSN 1536-1233.
- [14] Einziger, G.; Chiasserini, C. F. & Malandrino, F. (2018b). Scheduling advertisement delivery in vehicular networks. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 17(12):2882–2897. ISSN 1536-1233.
- [15] EPA (2016). Sources of greenhouse gas emissions. <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>. Acesso em: 01/05/2017.
- [16] Ezell, S. (2010). Explaining international IT application leadership: Intelligent transportation systems.
- [17] Figueiredo, L.; Jesus, I.; Machado, J. A. T.; Ferreira, J. R. & de Carvalho, J. L. M. (2001). Towards the development of intelligent transportation systems. Em *ITSC 2001. 2001 IEEE Intelligent Transportation Systems. Proceedings (Cat. No.01TH8585)*, pp. 1206–1211.
- [18] Gerla, M. & Kleinrock, L. (2011). Vehicular networks and the future of the mobile internet. *Comput. Netw.*, 55(2):457–469. ISSN 1389-1286.
- [19] Ghosh, H. & Bhatnagar, A. (2013). On measuring and increasing the effectiveness of banner advertising. *MIS REVIEW: An International Journal*, 19(1):25–44. ISSN 1018-1393.

- [20] Google (2018). About the ad auction - adsense help. <https://support.google.com/adsense/answer/160525>. Acesso em: 01/05/2018.
- [21] Hagenauer, F.; Dressler, F. & Sommer, C. (2014). A Simulator for Heterogeneous Vehicular Networks. Em *6th IEEE Vehicular Networking Conference (VNC 2014), Poster Session*, pp. 185–186, Paderborn, Germany. IEEE.
- [22] Hartenstein, H. & Laberteaux, K. (2009). *VANET Vehicular Applications and Inter-Networking Technologies*. Intelligent Transport Systems. Wiley. ISBN 9780470740620.
- [23] Huang, C.-J.; Wang, Y.-W.; Chen, H.-M.; Cheng, A.-L.; Jian, J.-J.; Tsai, H.-W. & Liao, J.-J. (2013). An adaptive multimedia streaming dissemination system for vehicular networks. *Applied Soft Computing*, 13(12):4508 – 4518. ISSN 1568-4946.
- [24] IEEE (2016a). Ieee standard for wireless access in vehicular environments (wave) – networking services. *IEEE Std 1609.3-2016 (Revision of IEEE Std 1609.3-2010)*, pp. 1–160. ISSN .
- [25] IEEE (2016b). P1609.0/d2 draft guide for wireless access in vehicular environments (wave) architecture.
- [26] Inc, M. (2012). The rich and the powerful. <http://www.iab.net/media/file/MediaMindRichPowerfulResearch.pdf>. Acesso em: 31/08/2017.
- [27] Jaimes, L.; Ullah, K.; Yokoyama, R. S. & dos Santos Moreira, E. (2015). Advertising roadside services using vehicular ad hoc network (vanet) opportunistic capabilities. *VEHICULAR 2015*, p. 15.
- [28] Kahn Ribeiro, S.; Kobayashi, S.; Beuthe, M.; Gasca, J.; Greene, D.; Lee, D.; Muromachi, Y.; Newton, P.; Plotkin, S.; Sperling, D. et al. (2007). Transport and its infrastructure. climate change 2007: mitigation. contribution of working group iii to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. *Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA*.
- [29] Kangasharju, J. & Heinemann, A. (2006). Incentives for electronic coupon systems. Em *Proceedings of the 1st International Workshop on Decentralized Resource Sharing in Mobile Computing and Networking*, MobiShare '06, pp. 60–62, New York, NY, USA. ACM.
- [30] Keller, K. L. (2009). Building strong brands in a modern marketing communications environment. *Journal of Marketing Communications*, 15(2-3):139–155.

- [31] Lee, S.-B.; Pan, G.; Park, J.-S.; Gerla, M. & Lu, S. (2007). Secure incentives for commercial ad dissemination in vehicular networks. Em *Proceedings of the 8th ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing*, MobiHoc '07, pp. 150–159, New York, NY, USA. ACM.
- [32] Lee, U.; Lee, J.; Park, J. S. & Gerla, M. (2010). Fleanet: A virtual market place on vehicular networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 59(1):344–355. ISSN 0018-9545.
- [33] Liang, W.; Li, Z.; Zhang, H.; Wang, S. & Bie, R. (2015). Vehicular ad hoc networks: Architectures, research issues, methodologies, challenges, and trends. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 11(8):745303.
- [34] Liu, X.; Huang, Q. & Zhang, Y. (2007). Balancing push and pull for efficient information discovery in large-scale sensor networks. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 6(3):241–251. ISSN 1536-1233.
- [35] Makoto, M. (2004). Its (intelligent transportation systems) solutions. *NEC journal of advanced technology*, Volume 1(no3):194–199.
- [36] Mezher, A. M.; Paredes, C. I.; Urquiza-Aguiar, L.; Moreira, A. T. & Igartua, M. A. (2015). Design of smart services and routing protocols for VANETs in smart cities. Em *XII Jornadas de Ingeniería Telemática (JITEL 2015)*, Palma de Mallorca, Spain.
- [37] Montgomery, A. L.; Li, S.; Srinivasan, K. & Liechty, J. C. (2004). Modeling online browsing and path analysis using clickstream data. *Marketing Science*, 23(4):579–595. ISSN 1526-548X.
- [38] Nadeem, T.; Dashtinezhad, S.; Liao, C. & Iftode, L. (2004a). Trafficview: a scalable traffic monitoring system. Em *IEEE International Conference on Mobile Data Management, 2004. Proceedings. 2004*, pp. 13–26.
- [39] Nadeem, T.; Dashtinezhad, S.; Liao, C. & Iftode, L. (2004b). Trafficview: Traffic data dissemination using car-to-car communication. *SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.*, 8(3):6–19. ISSN 1559-1662.
- [40] Nandan, A.; Das, S.; Pau, G.; Gerla, M. & Sanadidi, M. Y. (2005a). Co-operative downloading in vehicular ad-hoc wireless networks. Em *Second Annual Conference on Wireless On-demand Network Systems and Services*, pp. 32–41.

- [41] Nandan, A.; Das, S.; Zhou, B.; Pau, G. & Gerla, M. (2005b). Adtorrent: Digital billboards for vehicular networks. Em *in Proc. of IEEE/ACM International Workshop on Vehicle-to-Vehicle Communications (V2VCOM)*.
- [42] Nandan, A.; Tewari, S.; Das, S.; Gerla, M. & Kleinrock, L. (2006). AdTorrent: Delivering Location Cognizant Advertisements to Car Networks. Em *WONS 2006 : Third Annual Conference on Wireless On-demand Network Systems and Services*, pp. 203–212, Les Ménuires (France). INRIA, INSA Lyon, IFIP, Alcatel. <http://citi.insa-lyon.fr/wons2006/index.html>.
- [43] Nath, S.; Lin, F. X.; Ravindranath, L. & Padhye, J. (2013). Smartads: Bringing contextual ads to mobile apps. Em *Proceeding of the 11th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, MobiSys '13*, pp. 111–124, New York, NY, USA. ACM.
- [44] NSC (2016). 12 month estimates. <https://www.nsc.org/NewsDocuments/2017/12-month-estimates.pdf>. Acesso em: 01/05/2017.
- [45] NTSB (2016). 2015-2016 us transport fatalities. <https://www.nts.gov/investigations/data/Documents/TransportationFatalities-2015-2016.pdf>. Acesso em: 01/05/2017.
- [46] P Fuxjäger, A Costantini, D. V. P. C. G. Z. T. Z. F. R. (2010). Ieee 802.11 p transmission using gnuradio. *6th Karlsruhe Workshop on Software Radios (WSR)*, pp. 1–4.
- [47] Palazzi, C. E.; Roccetti, M.; Ferretti, S.; Pau, G. & Gerla, M. (2007). Online Games on Wheels: Fast Game Event Delivery in Vehicular Ad-hoc Networks. Em *IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2007*, Istanbul. IEEE Computer Society.
- [48] Pancras, J. & Sudhir, K. (2007). Optimal marketing strategies for a customer data intermediary. *Journal of Marketing Research*, 44(4):560–578.
- [49] Pandey, S.; Aly, M.; Bagherjeiran, A.; Hatch, A.; Ciccolo, P.; Ratnaparkhi, A. & Zinkevich, M. (2011). Learning to target: What works for behavioral targeting. Em *Proceedings of the 20th ACM International Conference on Information and Knowledge Management, CIKM '11*, pp. 1805–1814, New York, NY, USA. ACM.
- [50] Park, J.-S.; Lee, U.; Oh, S. Y.; Gerla, M. & Lun, D. S. (2006). Emergency related video streaming in vanet using network coding. Em *Proceedings of the 3rd International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks, VANET '06*, pp. 102–103, New York, NY, USA. ACM.

- [51] Popescu, A. & Shabou, A. (2013). Towards precise poi localization with social media. Em *Proceedings of the 21st ACM International Conference on Multimedia*, MM '13, pp. 573–576, New York, NY, USA. ACM.
- [52] PwC (2016). Iab internet advertising revenue report 2016 full year results. https://www.iab.com/wp-content/uploads/2016/04/IAB_Internet_Advertising_Revenue_Report_FY_2016.pdf. Acesso em: 10/05/2017.
- [53] Rae, A.; Murdock, V.; Popescu, A. & Bouchard, H. (2012). Mining the web for points of interest. Em *Proceedings of the 35th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, SIGIR '12, pp. 711–720, New York, NY, USA. ACM.
- [54] Reynolds, R. (2006). *Handbook of Research on Electronic Surveys and Measurements*. Gale virtual reference library. Idea Group Reference. ISBN 9781591407935.
- [55] Slavik, M.; Mahgoub, I. & Alwakeel, M. M. (2012). Analysis of beaconing message rate in vanet multi-hop broadcast protocols. Em *High Capacity Optical Networks and Emerging/Enabling Technologies*, pp. 037–041. ISSN 1949-4092.
- [56] Smaldone, S.; Han, L.; Shankar, P. & Iftode, L. (2008). Roadspeak: Enabling voice chat on roadways using vehicular social networks. Em *Proceedings of the 1st Workshop on Social Network Systems*, SocialNets '08, pp. 43–48, New York, NY, USA. ACM.
- [57] Sommer, C.; German, R. & Dressler, F. (2011). Bidirectionally Coupled Network and Road Traffic Simulation for Improved IVC Analysis. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 10(1):3–15.
- [58] Tarnoff, P. J.; Bullock, D. M.; Young, S. E.; Wasson, J.; Ganig, N. & Sturdevant, J. R. (2009). Continuing evolution of travel time data information collection and processing. Em *Transportation Research Board 88th Annual Meeting*, number 09-2030.
- [59] Trigoni, N.; Yao, Y.; Demers, A.; Gehrke, J. & Rajaraman, R. (2004). Hybrid push-pull query processing for sensor networks. Em *In Proceedings of the*, pp. 370–374. IEEE Computer Society.
- [60] Ullah, K. (2016). *On the use of opportunistic vehicular communication for roadside services advertisement and discovery*. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo.

- [61] Ullah, K.; Santos, L. M.; Ribeiro, J. B. & Moreira, E. D. S. (2016). Sdp: A lightweight beaconing-based commercial services advertisement protocol for vehicular ad hoc network. Em Mitton, N.; Loscri, V. & Mouradian, A., editores, *Ad-hoc, Mobile, and Wireless Networks*, pp. 279–293, Cham. Springer International Publishing.
- [62] Uzcategui, R. A.; Sucre, A. J. D. & Acosta-Marum, G. (2009). Wave: A tutorial. *IEEE Communications Magazine*, 47(5):126–133. ISSN 0163-6804.
- [63] Wang, Y.; Burgener, D.; Kuzmanovic, A. & Maciá-Fernández, G. (2010). Analyzing content-level properties of the web adversphere. Em *Proceedings of the 19th International Conference on World Wide Web, WWW '10*, pp. 1201–1202, New York, NY, USA. ACM.
- [64] Yan, J.; Liu, N.; Wang, G.; Zhang, W.; Jiang, Y. & Chen, Z. (2009). How much can behavioral targeting help online advertising? Em *Proceedings of the 18th International Conference on World Wide Web, WWW '09*, pp. 261–270, New York, NY, USA. ACM.
- [65] Yokoyama, R. S.; Kimura, B. Y. L.; Jaimes, L. M. S. & Moreira, E. D. S. (2014). A beaconing-based opportunistic service discovery protocol for vehicular networks. Em *2014 28th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops*, pp. 498–503. ISSN .
- [66] Yuan, S.; Wang, J. & Zhao, X. (2013). Real-time bidding for online advertising: Measurement and analysis. Em *Proceedings of the Seventh International Workshop on Data Mining for Online Advertising, ADKDD '13*, pp. 3:1–3:8, New York, NY, USA. ACM.
- [67] Yuan, Y.; Wang, F.; Li, J. & Qin, R. (2014). A survey on real time bidding advertising. Em *Proceedings of 2014 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics*, pp. 418–423. ISSN .
- [68] Zhou, P.; Nadeem, T.; Kang, P.; Borcea, C. & Iftode, L. (2005). Ezcab: A cab booking application using short-range wireless communication. Em *Third IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications*, pp. 27–38.