

# Uma Revisão Sistemática sobre uso de *Fog Computing* em Redes Veiculares

Claudio Piccolo Fernandes<sup>1,2</sup>, Carlos Montez<sup>2</sup>, Daniel Domingos Adriano<sup>3</sup>,  
Michelle Silva Wangham<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário Estácio de Santa Catarina - São José, SC, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, Brasil

<sup>3</sup> Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI, São José, SC, Brasil

## Uma Revisão Sistemática sobre uso de *Fog Computing* em Redes Veiculares

**Abstract.** *Fog computing offers a smarter computing model that, when applied to vehicular networks, plays a significant role for applications and services because of its potential to meet essentials requirements for this type of network, such as low latency, reliability, and security. This paper aims to describe the results of a systematic literature review on how fog computing is contributing to vehicular network applications. A comparative analysis of the selected works is presented highlighting the approaches.*

**Resumo.** *A Computação em Névoa oferece um modelo de computação mais inteligente quando aplicada nas redes veiculares, pois desempenha um papel importante para aplicações e serviços devido ao seu potencial de satisfazer requisitos essenciais para este tipo de rede, tais como baixa latência, confiabilidade e segurança. Este trabalho tem como objetivo descrever os resultados de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre como a computação em névoa está contribuindo com as aplicações de redes veiculares, bem como uma análise comparativa dos trabalhos selecionados é apresentada.*

## 1. Introdução

As redes veiculares (VANETs) foram projetadas com o objetivo de melhorar a eficiência do tráfego utilizando-se da comunicação entre os veículos. Nas redes veiculares, atrasos reduzidos, eficiência, escalabilidade, confiabilidade e segurança são cruciais no desenvolvimento de aplicações que melhoram a segurança rodoviária, a eficiência no tráfego e o conforto dos passageiros e motoristas [Bitam et al. 2015].

Um dos grandes desafios enfrentados pelas aplicações veiculares diz respeito à disseminação dos dados na rede, visto que, devido a frequentes mudanças de topologias da rede, a variação da densidade dos veículos e o seu curto alcance, os protocolos de disseminação de mensagens precisam ser eficientes e confiáveis. Sem um desempenho computacional eficiente, várias aplicações e serviços para redes veiculares permanecerão na fase de conceito e protótipo e não poderão ser utilizados no dia-a-dia [Hou et al. 2016].

As soluções de Computação em Nuvem (*Cloud Computing*) fornecem oportunidades para diferentes áreas, oferecendo uma gama de serviços que trazem novos desafios decorrente dos requisitos exigidos nestas soluções. Para garantir requisitos como baixa latência, escalabilidade, confiabilidade e segurança, um novo paradigma, denominado

Computação em Névoa (*Fog Computing*), o qual estende os recursos computacionais distribuídos disponíveis na nuvem para a borda da rede, está despertando o interesse da academia e indústria. O objetivo deste trabalho é analisar trabalhos que descrevem aplicações ou soluções que foram implementadas usando Computação em Névoa no contexto de redes veiculares. Este artigo descreve os resultados obtidos de uma revisão sistemática da literatura (RSL), executada em setembro de 2018.

Este artigo está organizado da seguinte forma. Na Seção 2 são apresentados os conceitos e arquitetura da Computação em Névoa e seu uso em redes veiculares. A Seção 3 apresenta o método usado na RSL e uma análise de outras RSLs no contexto de VANETs. A descrição dos trabalhos selecionados na RSL são apresentados na Seção 4 e uma análise comparativa destes trabalhos na Seção 5. Por fim, na Seção 6, são apresentadas a conclusão e indicações de trabalhos futuros.

## 2. Computação em Névoa em Redes Veiculares

Soluções baseadas em nuvem têm sido uma abordagem predominante para a Internet das Coisas. Entretanto, visando atender requisitos como mobilidade, consciência de localização e baixa latência, algumas soluções estão estimulando uma importante mudança de um modelo centralizado para um descentralizado [Dastjerdi et al. 2016]. Para este fim, a Computação em Névoa surge com uma proposta para estender a computação em nuvem para a borda (*edge*) da rede, diminuindo a latência.

Conforme [Mahmud et al. 2018], a utilização de uma arquitetura distribuída como a Computação em Névoa evita que todos os dados gerados pelos dispositivos sejam enviados para uma camada centralizada (nuvem), provendo as seguintes vantagens: (1) redução do tráfego da rede, (2) baixa latência, e (3) escalabilidade. A utilização de uma arquitetura distribuída se torna interessante pelo fato de que alguns dispositivos finais possuem mais poder de processamento com custos mais baixos, o que possibilita a utilização de seus recursos para a execução de tarefas que eram majoritariamente funções da nuvem.

De acordo com [Tao et al. 2017], a Computação em Névoa oferece muitas vantagens para aplicações e serviços implementados em dispositivos instalados em equipamentos fixos ao longo das vias, chamados de RSUs (*Road-side Unit*), ou diretamente em veículos conectados. Em [Kai et al. 2016], os autores elencam quatro cenários de aplicações baseados em Computação em Névoa para redes veiculares:

- **Semáforos inteligentes e veículos conectados:** os semáforos inteligentes servem como dispositivos da Névoa para enviar avisos aos veículos que se aproximam, criando ondas verde nos semáforos para eliminar rodovias congestionadas.
- **Redes definidas por software (SDN – *Software defined networks*):** SDN em conjunto com a Computação em Névoa minimiza os principais problemas de conectividade encontradas nas VANETs, como colisões e perdas de pacotes;
- **Sistema de Estacionamento:** aplicação disponível na Névoa utilizada para encontrar um local vago em estacionamentos de centros urbanos.
- **Disseminação de Conteúdo:** servidores da Névoa nas proximidades de *shoppings* e postos de gasolina disseminam informações pertinentes aos seus negócios para os veículos, que por sua vez disseminam os anúncios para outros veículos.

### 3. Revisão Sistemática da Literatura

Segundo [Kitchenham and Charters 2007], são necessários quatro passos para conduzir uma revisão sistemática da literatura (RSL): (a) identificação dos recursos (questão de pesquisa, palavras chaves e fontes); (b) seleção dos estudos; (c) extração dos dados; e (d) análise dos dados. O estabelecimento das questões de pesquisa é a parte mais importante de uma revisão sistemática. O processo de revisão visa encontrar e analisar os estudos primários que são capazes de responder às questões de pesquisa formuladas. Para identificar e selecionar estes estudos, foi definido e executado um protocolo de busca.

A revisão sistemática foi executada em setembro de 2018 para responder à seguinte questão de pesquisa: Quais aplicações/soluções foram implementadas em um ambiente de névoa no contexto de redes veiculares? Como questões secundárias, definiu-se: (1) Quais os cenários de aplicações foram utilizados? (2) Como foi avaliada a solução proposta? Apenas os estudos publicados em língua inglesa foram considerados de acordo com a *string* de busca: (*"vehicular network"*OR *"vehicular ad hoc network"*OR *"vanet"*OR *"vehicular application"*OR *"connected vehicle"*) AND (*"fog computing"*OR *"edge computing"*OR *"fog"*). O protocolo de busca foi executado considerando cinco fontes: *ACM Digital Library*, *IEEE Explorer*, *ScienceDirect*, *Scopus* e *Springer Link*.

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos após a execução do protocolo de busca. Para extrair a primeira lista de trabalhos, executou-se a *string* de busca nas fontes citadas, considerando título e resumo e utilizou-se como filtro trabalhos publicados até o mês de setembro de 2018.

**Tabela 1. Resultados da Execução do Protocolo de Busca e Seleção de Trabalhos**

	ACM Digital	IEEE	Science Direct	Scopus	Springer	Total
Resultado da string	13	12	6	94	117	242
Trabalhos repetidos	0	0	0	36	0	36
Trabalhos analisados	4	7	2	12	4	29
Trabalhos selecionados	2	4	1	6	1	14

Os seguintes procedimentos foram adotados visando a inclusão ou exclusão dos trabalhos: (1) exclusão de publicações repetidas (foi mantida a mais recente); (2) após a leitura do título e resumo<sup>1</sup>, foram excluídos os trabalhos que não descreviam o uso de Computação em Névoa em redes veiculares; e (3) vinte e nove trabalhos foram incluídos na lista dos pré-selecionados. Após a leitura completa dos trabalhos, foram selecionados catorze artigos que responderam de fato às questões de pesquisa.

#### 3.1. Estudos Secundários e Relacionados

Com o objetivo de identificar trabalhos que descrevem revisões sistemáticas no contexto de redes veiculares e Computação em Névoa, outro protocolo de busca foi executado. Os trabalhos relacionados mais relevantes estão descritos na Tabela 2. Conforme pode ser constatado na tabela, as revisões sistemáticas encontradas não focam no uso de Computação em Névoa no ambiente de redes veiculares. Foram encontrados ainda *surveys* [Yi et al. 2015], [Kai et al. 2016], [Rasheed et al. 2017], [Hasrouny et al. 2017] [Hu et al. 2017], [Roman et al. 2018], [Mahmud et al. 2018], porém estes não apresentam de fato uma solução de Computação em Névoa em VANETs. Estas observações evidenciam o diferencial e relevância deste presente trabalho.

<sup>1</sup>Em caso de dúvida, a introdução do artigo foi lida

**Tabela 2. Estudos Secundários e Relacionados**

Autor	Assunto	Análise
[Goudarzi et al. 2013]	Protocolos de roteamento em redes veiculares	Vantagens, desvantagens, restrições e aplicações.
[Dua et al. 2014]	Segurança em redes veiculares	Propostas, problemas e soluções de segurança.
[Soleymani et al. 2015]	Principais desafios e requisitos para verificação de confiança em redes veiculares	Verificação de modelos de confiança.
[Jing et al. 2017a]	Controle adaptável de sinais de trânsito em ambientes de redes veiculares.	Vantagens e desvantagens dos diferentes métodos e/ou estratégias existentes.
[Patel et al. 2017]	Segurança e técnicas de verificação no compartilhamento de informações no trânsito	Diferentes técnicas de verificação de informações de tráfego em redes veiculares.
[Jing et al. 2017b]	Sistema de segurança com comunicação de carro-a pedestre em redes veiculares	Distância de transmissão, pacotes perdidos, entre outros.

#### 4. Descrição dos Trabalhos Selecionados (Estudos Primários)

Em [Luan et al. 2015], os autores apresentam uma aplicação com a arquitetura de computação em névoa, com uma rede de larga escala cujo objetivo é a disseminação e compartilhamento de conteúdos. São implementados servidores da névoa nas proximidades de lojas, contendo panfletos nos quais são disseminados aos veículos que passam nas proximidades destes servidores. Os panfletos também podem ser armazenados em outros servidores da Névoa localizados em diferentes locais, como por exemplo, paradas de ônibus e postos de gasolina. Avaliações de desempenho foram realizadas com simuladores para verificar a replicação das mensagens, os quais comprovaram a sua eficácia.

Em [Kim et al. 2015], os autores apresentam um sistema de estacionamento compartilhado em redes veiculares baseado na arquitetura de computação em névoa, com o objetivo de auxiliar os condutores a encontrar uma vaga disponível para estacionar, o que reduz desta forma os congestionamentos provocados pela procura de vagas e, consequentemente, uma redução de poluição. Servidores da névoa distribuídos em áreas específicas como bancos, *shopping*, restaurantes, etc. são responsáveis pelas informações das vagas disponíveis e/ou reservadas, e que por sua vez, entregam informações sobre os espaços vagos para as RSUs. A nuvem de beira de estrada (*Roadside Cloud*) no modelo proposto atua como uma camada intermediária entre as RSUs para troca de informações sobre as vagas de estacionamento. Simulações foram realizadas, visando avaliar a eficiência do sistema com associações das vagas de estacionamentos disponíveis.

Em [Truong et al. 2015], é proposta uma arquitetura SDN para redes veiculares utilizando a arquitetura de computação em névoa, visando aumentar a conectividade entre os veículos e os serviços sensíveis ao atraso e localização. Para os autores, a combinação da arquitetura baseada em SDN – a qual oferece flexibilidade, escalabilidade e capacidade de programação – com a computação em névoa – a qual provê recursos sensíveis a atrasos – torna-se uma solução atraente. Todos os dispositivos da Névoa que fazem parte do sistema são gerenciados por um controlador SDN, que possui uma visão do estado global da rede, e atribui tarefas em nível de serviço, visando a utilização com eficiência dos recursos limitados. O trabalho não apresenta resultados experimentais para sua validação.

Em [Roy et al. 2015], os autores propuseram um sistema inteligente de controle de violação de regras de suporte a decisão inteligente (DSS), baseado na arquitetura da computação em névoa. O trabalho tem como objetivo principal evitar que os motoristas utilizem dispositivos portáteis enquanto estão dirigindo. O sistema é formado por três camadas: inferior, intermediária e superior. A camada inferior é responsável por detectar o uso de dispositivos portáteis durante a condução, por meio de sensores, além de obter a placa do veículo e enviar as informações para o servidor de Névoa mais próximo. Na camada intermediária, o servidor de névoa confirma se o condutor está violando intenci-

onalmente as regras e repassa as informações de identificação do veículo ao servidor da nuvem. Por fim, na camada superior, o servidor da nuvem emite uma decisão de violação de tráfego e alerta as autoridades competentes. Os autores não apresentam em seu trabalho resultados experimentais de simulação.

Em [Brennand et al. 2016], é apresentado um mecanismo de gerenciamento de rotas em tempo real, denominado FOX (*Fast Offset XPath*), o qual emprega conceitos de computação em névoa na concepção de Sistemas de Transportes Inteligentes visando detectar e controlar o congestionamento nos centros urbanos. O mecanismo divide a cidade em regiões, na qual cada região corresponde a um servidor da névoa, sendo este responsável por detectar e controlar o congestionamento dentro de sua área de cobertura. Para cada Névoa existente, há o que os autores chamam de Área de Interesse (*AoI*), uma região do mapa que o mecanismo FOX tem conhecimento (estradas e suas condições). A área de cobertura das *AoI* é definida pelas névoas de maneira independente e dinâmica de acordo com a hora do dia e a densidade da região, melhorando, segundo os autores, o resultado da solução e o balanceamento de carga. Diferentes configurações, como raio de alcance das RSUs e *AoI*, foram testadas para avaliar a solução proposta e o impacto decorrente dessas mudanças.

Em [Wang et al. 2017], é proposto um sistema de navegação seguro e de preservação da privacidade, denominado SPNS (*Secure and Privacy-preserving Navigation Scheme*) Cada nó da névoa, distribuído ao longo das ruas, utiliza as informações repassadas pelos veículos para calcular, em tempo real, a melhor rota para o destino do condutor dentro da área de cobertura da névoa. Avaliações de custos de comunicação e computacionais também foram realizadas fazendo uma comparação com [Chim et al. 2014].

Em [Hou et al. 2016], propõe-se uma arquitetura denominada VFC (*Vehicular Fog Computing*), cujo objetivo é conectar os veículos em uma rede *ad-hoc* tornando-os conectados em uma plataforma de nuvem veicular distribuída. O trabalho considera dois tipos de cenários urbanos: veículos em movimento e veículos estacionados, dividindo os recursos computacionais e de comunicação de acordo com o seu uso. Por meio de uma avaliação empírica, os autores investigaram a comunicação e a capacidade computacional dos veículos, a fim de estudar os impactos decorrentes. As unidades de acostamentos são responsáveis pela comunicação entre a camada da nuvem e a camada de névoa. Os autores consideram apenas um único tipo de nó de névoa, os veículos, não havendo discussão no que tange a heterogeneidade destes nós. Nos experimentos descritos, não é avaliado o requisito de latência.

Em [Chen and Wang 2017], os autores apresentam uma arquitetura em camadas com o objetivo de melhorar a disseminação massiva de dados entre os veículos aplicando tecnologias da computação em névoa utilizando VCN (*Vehicular Cloud Network*). As camadas são divididas em três: a camada central da nuvem (CCL), formada por um grupo de servidores com grande poder computacional e de armazenamento; a camada de nuvem ao lado da rodovia (RCL), formada por servidores locais; e a camada de nuvem dos veículos (VCL), constituída por um grupo de veículos cooperados. Um método, o qual foi denominado pelos autores de álgebra de avaliação de desempenho, é aplicado aos algoritmos de escalonamento visando a análise de desempenho.

Em [Park and Yoo 2017], é proposto um método de gerenciamento do *status* da rede no contexto das redes veiculares, visando o aproveitamento da computação em névoa e a abordagem da arquitetura SDN. O trabalho utiliza de informações de mobilidade com o objetivo de reduzir a sobrecarga das mensagens de controle, ajustando o período das

mensagens de sinalização para oferecer suporte à recuperação eficiente a falhas. De acordo com a mobilidade, os nós são divididos em três classes: nós praticamente estacionários; nós que se movem em padrões arbitrários e nós que se movem em padrões previsíveis. A razão para categorizar os padrões de mobilidade, segundo os autores, deve-se ao fato do controlador, desta maneira, poder coordenar e gerenciar a rede de uma forma global. Com o objetivo de avaliar a solução proposta, simulações foram realizadas (controle de sobrecarga e análise de falhas no servidor).

Em [Lobo et al. 2017], os autores propõem um sistema de localização para redes veiculares utilizando a arquitetura de nuvem e computação em névoa denominado SoLVE. O *framework* aproveita as características da névoa e utiliza o reconhecimento do local das RSUs e dos semáforos inteligentes para estimar com precisão a posição do veículo dentro de uma arquitetura de computação em névoa. Periodicamente, cada veículo detecta a sua posição atual e compartilha com seus vizinhos (RSUs, semáforos inteligentes e outros veículos). Em contrapartida, os semáforos inteligentes trocam informação entre si, recebem informações dos veículos e enviam os dados para as RSUs. O sistema proposto pelos autores melhora efetivamente a precisão da localização dos veículos dentro da névoa, entretanto, não deixa claro a técnica utilizada para o cálculo da posição, apenas descrevem a utilização de um modelo de fusão de dados baseado em [Boukerche et al. 2008].

Em [Liu et al. 2018] são apresentadas duas técnicas para prover soluções seguras no controle de semáforos inteligentes em redes veiculares no contexto da computação em névoa. A primeira, utiliza criptografia baseada em localização (LBE) juntamente com o método de criptografia para troca de chaves *Diffie-Hellman* com o objetivo de preservar ataques de negação de serviços (DoS). Entretanto, nesta técnica a quantidade de *puzzles* gerados cresce linearmente à medida que o número de veículos aumenta, o que ocasiona um alto custo computacional e de comunicação. Na segunda técnica apresentada, nas quais os autores definem como uma técnica melhorada, o sistema é concebido utilizando *hash* de colisão *puzzle* no qual visa reduzir estes gastos computacionais e de comunicação. Essa redução ocorre uma vez que o semáforo precisa gerar um único *puzzle* para todos os veículos em determinado intervalo de tempo, independente do número de veículos. No trabalho, experimentos foram realizados visando mostrar a viabilidade apenas da segunda técnica na qual os algoritmos criptográficos foram implementados com o uso da biblioteca MIRACL. Embora, na proposta apresentada, as técnicas sejam eficientes para atender os ataques de negação de serviço, o anonimato não é considerado.

Em [Wang et al. 2018] é proposta uma arquitetura colaborativa baseada na computação em névoa, denominada *framework* CVEC. Esta arquitetura tem como objetivo gerenciar e controlar de forma eficiente os recursos para atender as demandas das redes veiculares, sendo que utiliza a tecnologia SDN para programar, operar e configurar a rede de maneira centralizada. Segundo os autores, a estrutura centralizada permite que as estruturas da névoa possam ser gerenciadas de maneira mais flexível visando atender as exigências de diversas aplicações. O trabalho proposto utiliza computação em névoa, computação em nuvem e computação local, visando obter benefícios das funcionalidades de cada arquitetura. Embora a arquitetura SDN utilizada oferece gerenciamento eficiente no *framework* CVEC, avaliações e simulações não foram realizadas no presente trabalho.

Em [Wei et al. 2018] os autores apresentam um método de preservação de privacidade utilizando a computação em névoa, com o objetivo de melhorar a segurança das redes veiculares (negação de serviço, privacidade e anonimato). Conta com servidores disponibilizados na nuvem, na qual os dados são armazenados para uso posterior. Os dis-

positivos de névoa são utilizados visando evitar a latência e o custo de largura de banda dos dados enviados pelos sensores dos veículos sendo processados na FOG e posteriormente enviados a nuvem. O anonimato é garantido, segundo os autores, pelo uso de uma chave simétrica compartilhada entre a RSU e o veículo, sendo esta chave de conhecimento apenas destes. No que tange a privacidade, o atacante não é capaz de rastrear as sessões de autenticação do veículo, uma vez que o veículo atualiza em cada sessão seu *hash*. Simulações foram realizadas, como análise de segurança e desempenho, nos quais pelos resultados apresentados comprovam a eficiência do sistema proposto. Entretanto, o sistema não preocupa-se com os requisitos de segurança da comunicação entre as RSUs e a nuvem, apenas dos dados gerados pelos veículos e enviados as RSUs.

Em [Yaqoob et al. 2018] é apresentado um sistema que auxilia a prevenção de congestionamento e a distribuição de mensagens de maneira eficiente, visando uma boa comunicação, denominado disseminação de mensagens eficientes (E2MD). O sistema é baseado na computação em névoa o que permite processar localmente os dados e distribuí-los de forma eficiente. Os autores consideram 3 tipos de veículos: 1) veículos inteligentes (Iv) no qual detectam obstáculos bem como a velocidade dos veículos e os transmitem aos servidores de névoa. 2) Smart Veículo (Sv) que possuem sensores para fornecer informações ao motorista via *smartphone*. 3) Veículo Básico (Bv) que apenas tem a função de retransmitir os dados recebidos. Simulações em NS2.35 foram realizadas para provar a eficiência do sistema proposto e *scripts* em PERL foram usados para extrair seus resultados.

## 5. Análises dos Trabalhos

A Tabela 3 apresenta os trabalhos selecionados encontrados na RSL sintetizando algumas informações como cenário/aplicação na qual está inserido, juntamente com o simulador utilizado e objetivos.

Diferentes propostas foram apresentadas em diferentes cenários e aplicações no ambiente de Computação em Névoa para redes veiculares. Em [Truong et al. 2015], [Park and Yoo 2017] e [Wang et al. 2018], os autores utilizam a Computação em Névoa aplicada à arquitetura SDN pelo fato de minimizar os problemas fundamentais das redes veiculares como conectividade intermitente, alta taxa de perda de pacotes e colisões. Os trabalhos [Brennand et al. 2016], [Hou et al. 2016], [Chen and Wang 2017] e [Wang et al. 2017] desenvolveram sistemas para os cenários de aplicação de veículos conectados, conforme classificação definida em [Kai et al. 2016], objetivando minimizar os congestionamentos e a troca de dados eficiente entre os veículos. Em [Kim et al. 2015], também existe o propósito de reduzir o congestionamento, entretanto, aqueles decorrentes pela procura de vagas disponíveis para estacionamento. Aplicações de segurança [Roy et al. 2015] e [Wang et al. 2018], disseminação de conteúdos [Luan et al. 2015], [Yaqoob et al. 2018] e semáforos inteligentes [Lobo et al. 2017] e [Liu et al. 2018] são também temas de interesse, visando dentro de seu contexto, melhorar o conforto para os passageiros, bem como auxiliar os condutores a trafegar com mais eficiência nas rodovias e centros urbanos.

Nos artigos analisados, as métricas mais utilizadas nas avaliações de desempenho foram: eficiência nas disseminações de mensagens; recursos de preservação de confidencialidade e privacidade; capacidade computacional e de comunicação dos veículos; controle de sobrecarga e recuperação de falhas.

**Tabela 3. Comparação dos trabalhos selecionados**

Autor	Cenário/Aplicação	Simulador	Avaliação Desempenho	Objetivo
Luan et al. 2015	Disseminação de Conteúdo	OMNeT++	Sim	Replicação de Mensagens
Kim et al. 2015	Sistema de Estacionamento	Python	Sim	Congestionamento
Truong et al. 2015	SDN	*	Não	Conectividade dos Veículos
Roy et al. 2015	Aplicação de Segurança	*	Não	Segurança no Trânsito
Brennand et al. 2016	Veículos Conectados	OMNeT++	Sim	Congestionamento
Hou et al. 2016	Veículos Conectados (VFC)	Cenário Real	Sim	Conectividade dos Veículos
Chen and Wang 2017	Veículos Conectados (VFC)	PEPA	Sim	Replicação de Mensagens
Park and Yoo 2017	SDN	SUMO	Sim	Replicação de Mensagens
Lobo et al. 2017	Semáforos Inteligentes	*	Não	Conectividade dos Veículos
Wang et al. 2017	Veículos Conectados	Avaliação Comparativa	Sim	Privacidade e Confidencialidade
Liu et al. 2018	Semáforos Inteligentes	Algoritmos Criptográficos	Sim	Segurança Ataque DoS
Wang et al. 2018	SDN	*	Não	Recursos Computacionais
Wei et al. 2018	Aplicação de Segurança	Protocolos Baseados Chave Pública	Sim	Privacidade
Yaqoob et al. 2018	Disseminação de Conteúdo	NS2.35	Sim	Replicação de Mensagens

## 6. Conclusão

Os estudos secundários (trabalhos relacionados) que descrevem revisões sistemáticas sobre redes veiculares, não tratam especificamente de Computação em Névoa, o que evidencia a importância do estudo sistemático feito neste artigo.

Neste trabalho, realizou-se uma pesquisa sistemática com o objetivo de identificar e analisar estudos recentes os quais utilizam a arquitetura de Computação em Névoa em ambiente de redes veiculares. Como resultado, foi possível verificar os diferentes cenários e aplicações utilizados, apresentando como tendência o uso de redes definidas por *software* (SDN) e também, em razão do enorme potencial de melhoria na comunicação e na capacidade computacional, os cenários dos veículos conectados. Constatou-se também que um dos maiores problemas para implantação de aplicações em redes veiculares é encontrar soluções ótimas que visam tomadas de decisões mais eficientes. Um número elevado de trabalhos foram excluídos no retorno do protocolo de busca decorrente de apenas citarem em seus textos os termos Computação em Névoa e redes veiculares, não apresentando nenhuma implementação ou solução.

Por fim, conclui-se que diversos desafios ainda permanecem, como questões relacionadas a segurança e a minimização do uso de recursos. Como trabalhos futuros, sugere-se a execução de simulações que permitam avaliar o desempenho de requisitos como latência e comunicação nos diferentes tipos de aplicações veiculares estudados, a fim de comparar a eficiência das soluções que utilizam Computação em Névoa.

## Referências

Bitam, S., Mellouk, A., and Zeadally, S. (2015). Vanet-cloud: a generic cloud computing model for vehicular ad hoc networks. *IEEE Wireless Communications*, 22(1):96–102.



- Boukerche, A., Oliveira, H. A., Nakamura, E. F., and Loureiro, A. A. (2008). Vehicular ad hoc networks: A new challenge for localization-based systems. *Computer communications*, 31(12):2838–2849.
- Brennand, C. A., da Cunha, F. D., Maia, G., Cerqueira, E., Loureiro, A. A., and Villas, L. A. (2016). Fox: A traffic management system of computer-based vehicles fog. In *Computers and Communication (ISCC), 2016 IEEE Symposium on*, pages 982–987. IEEE.
- Chen, X. and Wang, L. (2017). Exploring fog computing-based adaptive vehicular data scheduling policies through a compositional formal method—pepa. *IEEE Communications Letters*, 21(4):745–748.
- Chim, T. W., Yiu, S.-M., Hui, L. C., and Li, V. O. (2014). Vspn: Vanet-based secure and privacy-preserving navigation. *IEEE Transactions on Computers*, 63(2):510–524.
- Dastjerdi, A. V., Gupta, H., Calheiros, R. N., Ghosh, S. K., and Buyya, R. (2016). Fog computing: Principles, architectures, and applications. In *Internet of Things*, pages 61–75. Elsevier.
- Dua, A., Kumar, N., and Bawa, S. (2014). A systematic review on routing protocols for vehicular ad hoc networks. *Vehicular Communications*, 1(1):33–52.
- Goudarzi, S., Abdullah, A. H., Mandala, S., Soleymani, S. A., Bae, M. A. R., Anisi, M. H., and Aliyu, M. S. (2013). A systematic review of security in vehicular ad hoc network. In *Proc. 2nd Symp. WSCN*, pages 1–10.
- Hasrouny, H., Samhat, A. E., Bassil, C., and Laouiti, A. (2017). Vanet security challenges and solutions: A survey. *Vehicular Communications*, 7:7–20.
- Hou, X., Li, Y., Chen, M., Wu, D., Jin, D., and Chen, S. (2016). Vehicular fog computing: A viewpoint of vehicles as the infrastructures. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 65(6):3860–3873.
- Hu, P., Dhelim, S., Ning, H., and Qiu, T. (2017). Survey on fog computing: architecture, key technologies, applications and open issues. *Journal of Network and Computer Applications*.
- Jing, P., Huang, H., and Chen, L. (2017a). An adaptive traffic signal control in a connected vehicle environment: A systematic review. *Information*, 8(3):101.
- Jing, P., Huang, W., and Chen, L. (2017b). Car-to-pedestrian communication safety system based on the vehicular ad-hoc network environment: A systematic review. *Information*, 8(4):127.
- Kai, K., Cong, W., and Tao, L. (2016). Fog computing for vehicular ad-hoc networks: paradigms, scenarios, and issues. *the journal of China Universities of Posts and Telecommunications*, 23(2):56–96.
- Kim, O. T. T., Tri, N. D., Tran, N. H., Hong, C. S., et al. (2015). A shared parking model in vehicular network using fog and cloud environment. In *Network Operations and Management Symposium (APNOMS), 2015 17th Asia-Pacific*, pages 321–326. IEEE.
- Kitchenham, B. and Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering.
- Liu, J., Li, J., Zhang, L., Dai, F., Zhang, Y., Meng, X., and Shen, J. (2018). Secure intelligent traffic light control using fog computing. *Future Generation Computer Systems*, 78:817–824.

- Lobo, F. L., Lima, M., Oliveira, H., El-Khatib, K., and Harrington, J. (2017). Solve: A localization system framework for vanets using the cloud and fog computing. In *Proceedings of the 6th ACM Symposium on Development and Analysis of Intelligent Vehicular Networks and Applications*, pages 17–22. ACM.
- Luan, T. H., Gao, L., Li, Z., Xiang, Y., Wei, G., and Sun, L. (2015). Fog computing: Focusing on mobile users at the edge. *arXiv preprint arXiv:1502.01815*.
- Mahmud, R., Kotagiri, R., and Buyya, R. (2018). Fog computing: A taxonomy, survey and future directions. In *Internet of Everything*, pages 103–130. Springer.
- Park, S. and Yoo, Y. (2017). Network intelligence based on network state information for connected vehicles utilizing fog computing. *Mobile Information Systems*, 2017.
- Patel, B., Khatiwala, F., and Reshamwala, V. (2017). Traffic information verification techniques in vanet: A review. In *Trends in Electronics and Informatics (ICEI), 2017 International Conference on*, pages 551–553. IEEE.
- Rasheed, A., Gillani, S., Ajmal, S., and Qayyum, A. (2017). Vehicular ad hoc network (vanet): A survey, challenges, and applications. In *Vehicular Ad-Hoc Networks for Smart Cities*, pages 39–51. Springer.
- Roman, R., Lopez, J., and Mambo, M. (2018). Mobile edge computing, fog et al.: A survey and analysis of security threats and challenges. *Future Generation Computer Systems*, 78:680–698.
- Roy, S., Bose, R., and Sarddar, D. (2015). A fog-based dss model for driving rule violation monitoring framework on the internet of things. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 82:23–32.
- Soleymani, S. A., Abdullah, A. H., Hassan, W. H., Anisi, M. H., Goudarzi, S., Bae, M. A. R., and Mandala, S. (2015). Trust management in vehicular ad hoc network: a systematic review. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2015(1):146.
- Tao, M., Ota, K., and Dong, M. (2017). Foud: integrating fog and cloud for 5g-enabled v2g networks. *IEEE Network*, 31(2):8–13.
- Truong, N. B., Lee, G. M., and Ghamri-Doudane, Y. (2015). Software defined networking-based vehicular adhoc network with fog computing. In *Integrated Network Management (IM), 2015 IFIP/IEEE International Symposium on*, pages 1202–1207. IEEE.
- Wang, K., Yin, H., Quan, W., and Min, G. (2018). Enabling collaborative edge computing for software defined vehicular networks. *IEEE Network*.
- Wang, L., Liu, G., and Sun, L. (2017). A secure and privacy-preserving navigation scheme using spatial crowdsourcing in fog-based vanets. *Sensors*, 17(4):668.
- Wei, J., Wang, X., Li, N., Yang, G., and Mu, Y. (2018). A privacy-preserving fog computing framework for vehicular crowdsensing networks. *IEEE Access*, 6:43776–43784.
- Yaqoob, S., Ullah, A., Akbar, M., Imran, M., and Guizani, M. (2018). Fog-assisted congestion avoidance scheme for internet of vehicles. In *2018 14th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC)*, pages 618–622. IEEE.
- Yi, S., Li, C., and Li, Q. (2015). A survey of fog computing: concepts, applications and issues. In *Proceedings of the 2015 Workshop on Mobile Big Data*, pages 37–42. ACM.