

# Uma abordagem para auxiliar a escolha de melhor rota em Redes Veiculares utilizando Teoria dos Grafos

Aluno: Diego Fernando de Sousa Lima (CPF: 061.637.323-67)  
E-mail: diegofernando5672@gmail.com; Período da Graduação: VII  
Orientador: Francisco das Chagas Imperes Filho

16 de junho de 2017

## Resumo

Contexto: Redes veiculares (VANETS<sup>1</sup>) são um tipo especial de redes *Ad hoc* Móveis (MANETs<sup>2</sup>), em que veículos equipados com capacidade de processamento e comunicação sem fio criam uma rede ao estarem em movimento, com o intuito de transmitir dados. No tipo *Vehicle to Infrastructure* (V2I), especialmente, os veículos se comunicam com infraestruturas a margem das vias, assim permitindo a troca de pacotes entre as entidades.

Problema: Informações relativas ao melhor caminho podem ser relevantes e muitas das vezes, ao traçar uma rota de viagem, o condutor de um automóvel se baseia no caminho mais curto. Porém, este conhecimento prévio pode ser falho uma vez que o caminho eleito pode não ser a melhor alternativa, por exemplo, se a rota a ser seguida estiver bastante esburacada ou houver congestionamento.

Proposta: O presente pré-projeto planeja desenvolver um modelo capaz de auxiliar no processo de tomada de decisão para encontrar a melhor rota para alcançar um destino específico. Serão avaliadas métricas, tais como: satisfação do condutor, tempo de viagem, velocidade média e gasto de combustível.

**Palavras-chaves:** Redes Veiculares, melhor caminho, VANETS, Teoria dos Grafos.

## 1 Introdução

As Redes de Computadores trouxeram muitas vantagens para a sociedade. É impossível falar sobre redes de computadores sem citar, por exemplo, o advento da Internet, que nada mais é que, a grande rede mundial de computadores.

Atualmente é possível encontrar o vestígio da operabilidade das redes de computadores nos mais diversos lugares, como nas redes de telefonia móvel, redes acesso sem fio, caixas de supermercados, sistemas de geolocalização, e etc.

---

<sup>1</sup> *Vehicular ad hoc networks*

<sup>2</sup> *Mobile ad-hoc networks*

Podemos notar, então, que a humanidade se projeta para que o mundo esteja cada vez mais conectado. Onde tarefas que talvez demorassem maior tempo, se tornam mais rápidas e práticas.

"O crescimento das Redes de Computadores também gera um impacto econômico. As redes de dados têm disponibilizado novas formas de comunicação entre os indivíduos e já mudaram a comunicação no mundo dos negócios."(COMER, 2016)

Num conceito amplo, as Redes de Computadores permitem que entidades se comuniquem através de um intermédio, a fim da troca de informações.

Para Forouzan (2009), a comunicação de dados representam as trocas de dados entre dois dispositivos feito por algum meio de transmissão e para que as comunicações de dados ocorram, os dispositivos de comunicação devem integrar um sistema de comunicações, constituído por uma combinação de *hardware* e *software*.

Neste contexto de comunicação de dados, muitas tecnologias se encontram em ascensão. Dentre elas estão as Redes Veiculares.

As Redes Veiculares trocam dados, tanto de carro para carro (V2V)<sup>3</sup>, como de carro para infraestruturas a margem das redes viárias (V2I). Para este pré-projeto, serão usadas redes veiculares no seu modo V2I.

## 1.1 Contexto e Problema

Através das transmissões de pacotes pelas VANETs, o condutor poderá ter acesso a dados úteis sobre a rede viária na qual se encontra. Informações sobre o planejamento de rotas são úteis em diversas situações.

A descoberta de rotas otimizadas tem sido uma área bastante estudada por conta das variáveis que contemplam a complexidade no momento da execução da ferramenta.

"O tema busca em espaço de estados teve origem mais ou menos em sua forma atual nos primórdios da IA. O trabalho de Newell e Simon sobre a Logic Theorist (1957) e o GPS (1961) levou ao estabelecimento dos algoritmos de busca como as armas fundamentais do arsenal dos pesquisadores de IA da década de 1960 e ao estabelecimento da resolução de problemas como tarefa canônica da IA. O trabalho em pesquisa operacional por Richard Bellman (1957) mostrou a importância dos custos de caminho aditivo na simplificação dos algoritmos de otimização."(RUSSELL; NORVIG, 2013)

No que abrange a Inteligência Computacional<sup>4</sup>, muitos algoritmos e abordagens foram criados a fim de resolver o problema de custo, dentre eles estão: Funções heurísticas, Best-first, Busca gulosa, Algoritmo A\*, como também suas respectivas variações. (RUSSELL; NORVIG, 2013)

Os custos de rota também estão inteiramente relacionados com a Teoria dos Grafos, uma vez que Grafos auxiliam no estudo de representações dos mapas. Neste caso o conceito usado é planaridade.

---

<sup>3</sup> *Vehicle-to-vehicle*

<sup>4</sup> De acordo com Camponogara (2006), inteligência computacional é o estudo e projeto de agentes inteligentes. Um agente é alguma coisa que atua no ambiente

Segundo [Bisognin, Franco e Bisognin \(2016\)](#), "o conceito de planaridade de um grafo está ligado ao traçado de mapas de cidades. Considerando-se o mapa de uma cidade, a ele pode estar associado a cada esquina um nó e a cada trecho de rua entre duas esquinas um arco."

Algo que as abordagens acima citadas tem em comum, é que eles sempre tentarão encontrar a menor rota entre dois pontos, pois em todos eles, o cálculo é baseado nos pesos das arestas.

Tomando distâncias entre as cidades como pesos, é inviável otimizar o menor custo por conta que, apesar do conhecimento da distância dos pontos, nem sempre o estado da estrada é conhecido.

Sabendo que, no Brasil, apenas 12,8% das rodovias são pavimentadas e 58,2% apresentam algum tipo de problema, no traçado ou na sinalização<sup>5</sup>, planejar uma rota eficiente pode não ser uma tarefa simples.

## 1.2 Objetivos Gerais e Específicos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma abordagem baseada na Teoria dos Grafos capaz de calcular o melhor caminho de uma cidade a outra considerando duas métricas: as avaliações dos condutores (satisfação) e as informações de custo das viagens (tempo de viagem, velocidade média e gasto de combustível).

Este trabalho tem como objetivos específicos:

1. Investigar viabilidade do uso da técnica abordada em Redes Veiculares;
2. Sugerir estratégia de busca do melhor caminho;
3. Pesquisar simuladores que atuam com VANETS para a abordagem de testes;
4. Desenvolver um modelo baseado na Teoria dos Grafos apto a estimar a melhor rota baseada nas avaliações dos usuários e nas informações de custo das viagens.

## 2 Referencial Teórico

Este pré-projeto aborda o composto de tecnologias já bem disseminadas no meio da computação, como as redes de computadores e teoria dos grafos, com tecnologias que estão em fase de crescimento, como as redes veiculares.

Para um melhor entendimento das redes veiculares, é importante compreender as redes de computadores.

Já o estudo dos grafos se faz necessário por ser o meio de estudo das redes veiculares, assim como também será de suma importância para a contextualização do problema.

As Redes Veiculares, especialmente em sua arquitetura V2I, podem ser facilmente estudadas pela Teoria dos Grafos, uma vez que os vértices podem ser representadas pelas infraestruturas alocadas em cada cidade e as arestas representadas pelas rotas de uma cidade à outra ([MACEDO et al., 2013](#)).

---

<sup>5</sup> Maior parte das estradas do país tem problemas de pavimento e sinalização. ([G1, 2016](#))

Neste tópico serão abordados todos as seções que servem de apoio teórico para o presente trabalho.

## 2.1 Redes de computadores

Desde o início das principais conquistas tecnológicas, houve o desejo do homem sobre a aquisição da distribuição de informações entre vários dispositivos conectados. Com o crescimento dos meios de comunicação, como, telefone, rádio e televisão, ficava cada vez mais evidente, também, a ascensão dos sistemas computacionalmente comunicáveis.

Durante as duas primeiras décadas de sua existência, os sistemas computacionais eram altamente centralizados, em geral instalados em uma grande sala, muitas vezes com paredes de vidro, através das quais os visitantes poderiam se contemplar embevecidos, aquela grande maravilha eletrônica. (WETHERALL; TANENBAUM, 2011)

As redes de computadores são, em sua fórmula mais básica um conjunto de computadores que estão conectados entre si e que são capazes de compartilhar informações. Elas significam um dos maiores avanços em termos computacionais, por conta da possibilidade da disponibilidade de recursos entre as máquinas conectadas.

Em termos um pouco mais genéricos, as redes de computadores possibilitam o compartilhamento de recursos. O objetivo é deixar todos os programas, equipamentos e, especialmente, dados ao alcance de todas as pessoas na rede, independente da localização física do recurso ou do usuário. (WETHERALL; TANENBAUM, 2011)

Atualmente, as redes de computadores se fazem extremamente presentes no nosso cotidiano, seja nas casas, empresas ou instituições. Esta tecnologia é responsável por manter um mundo mais interconectado se relevando, também, importantes para a sociedade.

Segundo Kurose e Ross (2010), as redes de computadores podem ser classificadas em:

- LAN (*Local Area Network*) – Estão são conhecidas pela menor dispersão geográfica dos computadores interligados. Geralmente, os dispositivos ficam na mesma sala, prédio ou campus com a finalidade do compartilhamento dos entre si.
- MAN (*Metropolitan Area Network*) – Estas representam máquinas interconectadas em uma região de uma cidade, chegando, às vezes, a interligar até computadores de cidades próximas. São usadas para interligar computadores dispersos numa área onde não é possível ser interligadas usando as redes locais..
- WAN (*Wide Area Network*) – Tem a característica de usarem linhas de comunicação das empresas de telecomunicação. Estas redes são usadas para interligar máquinas localizadas em diferentes cidades, estados ou países. Um bom exemplo de rede WAN é a *Internet*.

Ainda para Kurose e Ross (2010), existem outros dois tipos de redes não tão usuais:

- CAN (*Campus Area Network*) – São delimitadas por uma área geográfica, tais como campus universitários ou bases militares.

- HAN (*Home Area Network*) – São objetos conectados através de dispositivos digitais pessoais em uma residência.

## 2.2 Redes veiculares

Os veículos automotores evoluem constantemente em diversos aspectos, seja no design, na potencia do motor, no consumo de combustível otimizado ou até mesmo na tecnologia a bordo. Temos como exemplo disso, os chamados carros conceitos, que, apesar de um pouco distante da realidade da maioria das pessoas, costumam despertar a atenção pela novidade tecnológica inserida.

O conceito das redes veiculares tem ganhado notoriedade pela possibilidade de comunicação envolvendo veículos e estruturas com finalidade de melhorar a segurança rodoviária e o conforto através de Sistemas de Transportes Inteligentes (ITS) (HÄRRI; FILALI; BONNET, 2009).

Com base nos ITS é possível propor mecanismos que permitam não somente aumentar a segurança e o conforto dos usuários. A garantia de trocar de informações entre as entidades envolvidas possibilita, por exemplo, a tomada de decisão por parte do condutor na escolha de uma rota entre uma origem e um destino.

Atualmente as redes veiculares são denominadas como redes *ad hoc* móveis, ou VANETS, que por sua vez é um tipo de MANET (*Mobile Ad Hoc Networks*). Estes tipos caracterizam os nós da estruturas (veículos) como não sendo necessariamente fixos (HAFI; MERNIS, 2015).

As redes veiculares sintetizam o compartilhamento de informação entre nós móveis representados pelos automóveis. Geralmente o campo de atuação da tecnologia são as redes viárias das cidades.

Segundo Alves et al. (2009), “as redes veiculares se diferenciam de outras redes sem-fio principalmente pela natureza dos nós, que são compostos por automóveis, caminhões, ônibus etc., com interfaces de comunicação sem-fio, e por equipamentos fixos no entorno das vias. Os nós destas redes apresentam alta mobilidade e trajetórias que acompanham os limites das vias públicas de acesso.”

Há na literatura, um apanhado de maneiras de classificação das redes veiculares. A maneira mais genérica consiste em classificá-las em V2V (*Vehicle-To-Vehicle*) e V2I. Estes termos separam as VANETS quanto ao seu contexto de comunicação.

As redes veiculares podem ter dois tipos de paradigmas de comunicação: V2V e V2I. Na V2V, as informações são trocadas de carro para carro e na V2I a o envio e recebimento de dados fica entre o carro e uma infraestrutura alocada a margem da pista (ZHENG et al., 2015).

As infraestruturas fixas nas quais os nós podem se comunicar são chamados de RSUs (*Road Side Units*). Estes ficam as margens das vias e interagem com os nós *ad hoc*.(SOUSA, 2017)

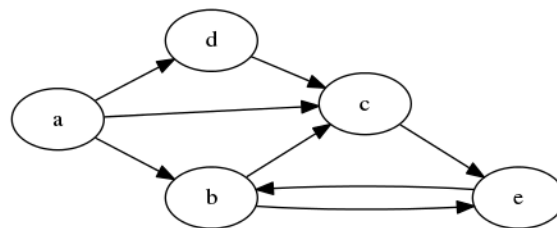
De acordo com SOUSA (2017), existem três principais arquiteturas de redes veiculares:

- *ad hoc* puro: Nesta, a comunicação se dá apenas de veículo para veículo (V2V), sua principal vantagem é o baixo custo, já que não é necessário gastar com infraestruturas externas. O ponto negativo desta arquitetura é que sua conectividade que é afetada pela mobilidade dos veículos.
- Infra estruturada: As arquiteturas infra estruturadas são caracterizadas por manter uma comunicação entre veículo e infraestruturas que se localizam as margens das vias. Neste tipo, ao contrário do *ad hoc* puro, há uma maior conectividade da rede, tendo em vista que os RSU (*Road Side Units*), são nós estacionados que trocam informações com os veículos. A desvantagem é o custo para implementação.
- Híbrida: Na arquitetura híbrida, há os dois tipos de comunicação (Comumente chamado de V2X). Neste a comunicação tenta mesclar as duas arquiteturas para obter o melhor. Assim, uma quantidade mínima de RSUs fica fixada para aumentar a conectividade da rede sem elevar o seu custo.

## 2.3 Grafos

Em ciência da computação, a teoria dos grafos é o estudo dos grafos, uma estrutura matemática usada para modelagem de relações entre pares de objetos de uma certa coleção. Sendo assim, um grafo refere-se a uma coleção de vértices conetados por arestas. (RIAZ; ALI, 2011)

Figura 1 – Exemplo de grafo.



Existem atualmente na literatura, várias maneiras para se representar um grafo. As duas mais usadas são usando linhas e círculo, como na Figura 1 (2.3), ou ainda usando uma matriz que contenha todos os vértices e os pesos, como na Figura 2 (2.3).

Figura 2 – Exemplo de grafo representado por matriz de pesos.

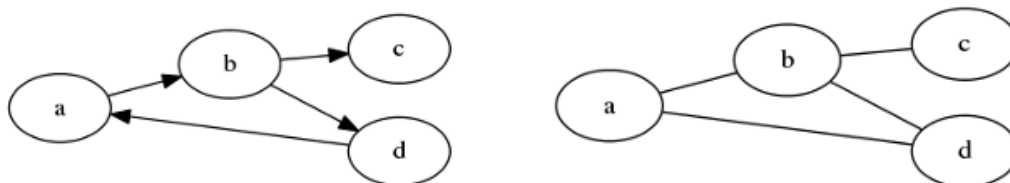
	a	b	c	d	e
a	0	5	9	5	0
b	0	0	4	0	10
c	0	0	0	3	4
d	0	0	0	0	4
e	0	10	0	0	0

Segundo, Riaz e Ali (2011), existem ainda dois tipos de representações em matrizes: matriz de incidência e matriz de adjacência. Na matriz de incidência, o grafo é representado por uma matriz onde é verificada a participação dos vértices em tais arestas, enquanto que na matriz de adjacência, são examinados a quando tais vértices formam grafos.

Os grafos também podem ser classificados quanto aos seus vários tipos.

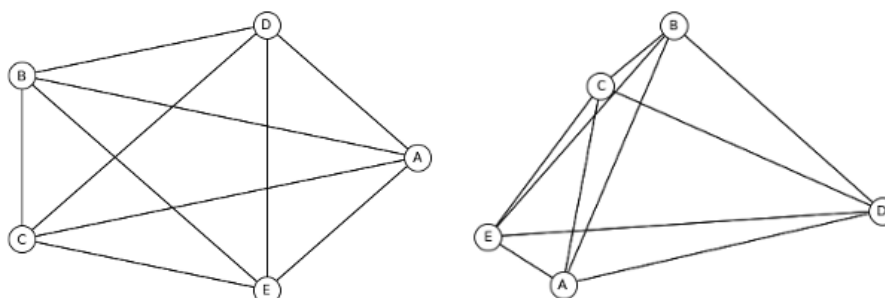
Como está representado na Figura 3 (2.3), um grafo pode conter arestas nos quais um vértice  $V1$  pode ser ligado a  $V2$ , porém  $V2$  não é ligado a  $V1$ . Nestas ocasiões, podemos classificá-lo como grafo orientado. Já quando um vértice  $V1$  forma uma aresta com  $V2$  e vice-versa este grafo é não orientado.

Figura 3 – Grafo orientado (à esquerda) e não orientado (à direita)



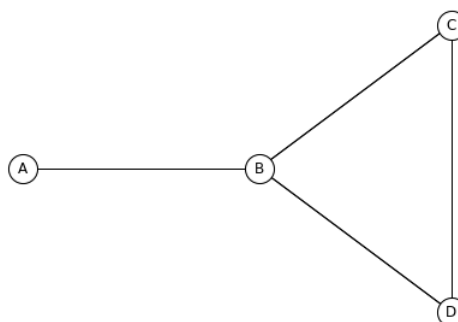
Por mais que dois grafos tem representações gráficas distintas, há como provar que estes são iguais quando se tem  $V1 = V2$  e  $E1 = E2$ , e que são isomorfos sempre que preservar a adjacência entre os vértices, assim como representado na Figura 4 (2.3).

Figura 4 – Grafos isomorfos



Além de classificação por níveis de equidade, os grafos também podem ser classificados pela sua simetria e completeza, como representado na Figura 5 (2.3).

Figura 5 – Grafo simétrico



Para Netto (2006), um grafo  $G = (V, E)$  será *simétrico* se a relação associada a  $E$  for *simétrica*, se:

$$(v, w) \in E \Leftrightarrow (w, v) \in E \quad \forall v, w \in V$$

Já o mesmo grafo será *anti-simétrico* se a relação associada a  $E$  for *anti-simétrica*, ou seja:

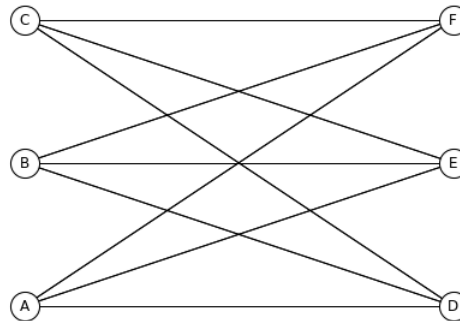
$$(v, w) \in E \Leftrightarrow (w, v) \notin E \quad \forall v, w \in V$$

Ainda para Netto (2006), sobre completeza, “um grafo pode ser completo, se houver pelo menos uma ligação associada a cada par de vértice. No caso não orientado, isso significa exatamente uma ligação e , portanto, o grafo possuirá todas as arestas possíveis, em número  $C_{n,2} = n(n-1)/2$  - ou seja, corresponderá a  $G = (V, P_2(V))$ .”

Há ocasiões em que os grafos podem ser divididos em duas partes em que os vértices de uma parte formam arestas com os vértices da outra parte, de forma geral estes grafos podem ser denominados como bipartidos, mostrado na Figura 6 (2.3).

"Um grafo  $G = (N, M)$  é dito bipartido quando seu conjunto de vértice  $N$  pode ser dividido em dois conjuntos  $N_1$  e  $N_2$  tais que  $N_1 \cap N_2 = \emptyset$  e  $N_1 \cup N_2 = N$  e somente existem arestas em  $G$  ligando algum vértice de  $N_1$  com algum vértice de  $N_2$  e vice-versa."(GOLDBARG; GOLDBARG, 2012)

Figura 6 – Grafo bipartido



Por fim, quando um grafo respeita a propriedade de que é possível ir de um vértice qualquer para outro vértice qualquer de um grafo usando apenas as arestas, este grafo pode ser considerado conexo.

"Um grafo é conexo se, para qualquer par  $(v, w)$  de seus vértices, existe um caminho com extremos  $v$  e  $w$ ."(FEOFILOFF; KOHAYAKAWA; WAKABAYASHI, 2011)

Para Goldbarg e Goldbarg (2012), a conexidade traduz uma ligação de um grafo e, assim, adquire aspectos diferentes dependendo se o grafo é orientado ou não orientado. Tal ideia de passagem está relacionada a de atingibilidade.



## 2.4 Problemas com grafos

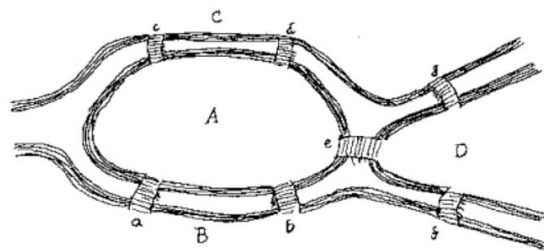
A teoria dos grafos podem ser utilizadas em muitas áreas de pesquisa como *data mining*, segmentação de imagens, *clusterização*, capturas de imagens, diagnóstico de falhas em redes de computadores. (RIAZ; ALI, 2011)

Ao longo do tempo, a teoria dos grafos serviram para contextualizar contexto de vários problemas matemáticos. Ainda hoje, muitos problemas ainda não foram resolvidos com soluções ótimas.

Segundo Riaz e Ali (2011), o papel principal da teoria de grafos em aplicações computacionais é o desenvolvimento de algoritmos de grafos. Muitos algoritmos são usados para resolver problemas que são modelados na forma de grafos. Estes algoritmos são indicados para resolver os conceitos teóricos dos grafos, que por sua vez, são usados para resolver os problemas correspondentes as aplicações de ciência da computação.

Há vestígios que um dos primeiros exemplos de utilização da teoria dos grafos no mundo real teria surgindo devido as Pontes de Königsberg em 1736. O problema consistia em sete pontes que cruzavam o rio Pregel ligando duas ilhas, como representado na Figura 7 (2.4).

Figura 7 – Pontes de Königsberg



Fonte: Slave (2013).

Foram criadas pontes devido a dificuldade do transporte de cargas através de embarcações. Com o passar do tempo, alguns moradores daquela localidade começaram a se perguntar se existia a possibilidade passar por todas as pontes apenas uma vez e voltar ao estagio inicial.

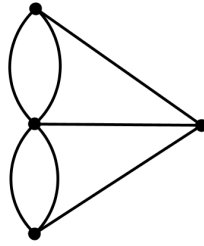
Com o intuito de resolver o problema, um matemático suíço chamado Leonhard Euler (1707-1783) criou um diagrama representando o mapa da localidade, representado na Figura 8 (5).

Por fim, Euler constatou que seria impossível realizar um percurso como os moradores queriam por que existiam vértices com pelo menos três arestas incidentes.

Outro problema bastante conhecido na literatura é o problema de caixeiro viajante (TSP). Segundo Ilavarasi e Joseph (2014), tal problema é do tipo NP-difícil e é imensamente estudado na área computacional.

Para RUSSELL e NORVIG (2013), "o problema do caixeiro-viajante (TSP) é um problema de roteiro de viagem em que cada cidade deve ser visitada exatamente uma vez. O objetivo é encontrar o percurso mais curto. O problema é conhecido por ser NA-difícil, mas um grande esforço

Figura 8 – Solução de Euler para as pontes de Königsberg



Fonte: [Neale \(2015\)](#).

tem sido empregado para melhorar os recursos de algoritmos de TSP. Além de planejar viagens para caixeiros-viajantes, esses algoritmos são usados para tarefas como planejar movimentos de máquinas automáticas para perfuração de placas de circuitos e de máquinas industriais em fábricas."

Muitos algoritmos envolvendo grafos ainda se fazem populares nos dias atuais. Para [Riaz e Ali \(2011\)](#), alguns exemplos são:

1. Algoritmos de buscas caminho mais curto;
2. Busca por Árvore Geradora Mínima (AGM);
3. Planaridade de um grafo;
4. Algoritmos para encontrar matrizes de adjacência;
5. Algoritmos para encontrar conectividade entre grafos;
6. Algoritmos para encontrar caminho hamiltoniano e ciclos em grafos;
7. Pesquisas por elementos em grafos;
8. Problema do "chinês carteiro".

Diante do exposto, é possível constatar que a utilização de algoritmos que implementam o conceito da Teoria dos Grafos é bastante promissor para resolução de vários problemas matemáticos e computacionais existentes, inclusive o proposto neste trabalho.

### 3 Trabalhos Relacionados

A Tabela 1 representa as contribuições dos trabalhos mais relevantes relacionados a este pré-projeto. Os trabalhos estão ordenados crescentemente por ano de publicação (de 2014 a 2017). Para fator de comparação foram usadas quatro métricas: Objetivo, algoritmo usado, tecnologia usada, meio de teste. Cada uma estará comentada logo abaixo:

- **Objetivo** - Neste aspecto é demonstrado a principal finalidade dos trabalhos. Muitos dos trabalhos relacionados ao atual pré-projeto tem como objetivo, o planejamento de rotas otimizadas de um ponto ao outro em redes viárias, dentre eles [Ruan, Luo e Wu \(2014\)](#), [Braga et al. \(2014\)](#), [Xu, Hu e Li \(2016\)](#), [Jayasheelan e Jane \(2016\)](#),

Bazzan e Grunitzki (2016), Miao et al. (2016), Mouchine, Mansourim e Mohamed (2016), Barreira (2016) e Lingxin et al. (2016).

Brito, Tostes e Duarte-Figueiredo (2014) faz em seu trabalho detecções de congestionamento por meio de análise e coleta de dados.

Braga (2016) posteriormente fez análises de algoritmos na literatura que são usados em ITS para o mesmo problema.

Por último, Ding et al. (2017) trouxe uma abordagem de recomendação de rotas baseada em índices de quantidade de combustível dos veículos.

Uma das principais características, que não foi vista nos trabalhos e existe no atual pré-projeto é a possibilidade da escalabilidade geográfica dos pontos que podem ser calculados para se chegar num planejamento bom para a rota. Porém, a habilidade da escalabilidade poderá afetar na mobilidade, já que o processamento é feito nas infraestruturas alocadas nas cidades.

- **Metodologia** - Este tópico é relacionado a principal característica de como os autores fizeram para resolver os objetivos tratados em seus trabalhos.

Diferentemente do aspecto "Objetivo", na métrica "Metodologia" os trabalhos relacionados têm maior divergência entre si. Apenas alguns deles abordam a mesma metodologia, fazendo uso de algoritmos em mapas já preestabelecidos pelas respectivas abordagens.

Dos que se diferem entre si, temos:

Ruan, Luo e Wu (2014) propuseram melhorias no sistema de computador de bordo de um veículo para otimização de rotas com o clássico algoritmo de Dijkstra, usando mapas na própria aplicação interativa do automóvel.

Brito, Tostes e Duarte-Figueiredo (2014) usou as redes veiculares como auxílio na disseminação da informação entre veículos na detecção de congestionamentos.

Bazzan e Grunitzki (2016) otimizou as rotas através do aprendizado com multiagentes.

Xu, Hu e Li (2016) fez uso de métodos para recomendação de rota com base em preferências pessoais.

Miao et al. (2016) assim como Brito, Tostes e Duarte-Figueiredo (2014), usou redes veiculares como contexto, porém focou a otimização de rotas como objetivo principal.

Já Ding et al. (2017) usou como metodologia, dados da saúde do veículo para auxílio na recomendação de rotas.

A abordagem utilizada neste pré-projeto permite ao condutor fazer o planejamento da rota sem que precise de algum meio externo de comunicação ou posicionamento, como por exemplo a rede 3G, wifi ou GPS graças ao tipo de comunicação envolvida, V2I.

A ideia é que o calculo do planejamento das viagens sejam feitos nos pontos estratégicos das redes viárias de cada cidades.

- **Algoritmo(s)/Ferramenta(s)** - Esse aspecto compara quais são os algoritmos ou ferramentas usadas em cada trabalho.

Modelos baseados nos algoritmos de Dijkstra, ARA\*, ITS-ARA\* e Colônia de formigas foram os mais usados no contexto geral.

Para o presente pré-projeto será usado um modelo capaz de efetuar o calculo da melhor rota baseado em experiências dos outros condutores.

- **Cenário** - É destacado neste aspecto, onde são realizados os testes dos trabalhos relacionados.

Em sua grande maioria, testes são feitos por meio de simulação.

Tabela 1 – Trabalhos relacionados

Trabalho relacionado	Objetivo	Metodologia	Algoritmo(s)/ Ferramenta(s)	Cenário
Ruan, Luo e Wo (2014)	Planejamento de caminho otimizado.	Sistema onboard (veículo) melhorado	Dijkstra	Real
Braga et al. (2014)	Planejamento de caminho otimizado.	Algoritmo aplicado em mapa	ARA*, ITS-ARA*, Dijkstra	Real
Brito et al. (2014)	Deteção de congestionamento.	Redes Veiculares	Método da árvore, Método da árvore (próprio)	Simulação
Bazzan e Grunitzki (2016)	Planejamento de caminho otimizado.	Aprendizado multiagente	Algoritmo próprio	Simulação
Braga (2016)	Análise de algoritmos para ITS.	Algoritmo aplicado em mapa	ITS-ARA*	Simulação
Mouchine et al. (2016)	Planejamento de caminho otimizado.	Algoritmo aplicado em mapa	Ant Colony Optmization	Simulação
Xu, Hu e Li (2016)	Planejamento de caminho otimizado.	Algoritmo de recomendação de rota	IPRR	Simulação
Jayasheelan e Jane (2016)	Planejamento de caminho otimizado.	Abordagem sobre rede viária	Multi Constraint	-
Miao et al. (2016)	Planejamento de caminho otimizado.	Redes veiculares	Otimização Lyaponov	Simulação
Barreira (2016)	Planejamento de caminho otimizado.	Abordagem em real-time	Dijkstra	Simulação
Lingxin et al. (2016)	Planejamento de caminho otimizado.	Algoritmo aplicado em dados	Ant Colony Optmization	Simulação
Ding et al. (2017)	Recomendação de rotas econômicas	Análise da saúde do veículo	-	Experimental
Atual pré-projeto (2017)	Planejamento de melhor rota	Redes veiculares	Abordagem própria	Simulação

## 4 Proposta

Nesta sessão será descrita a proposta do presente pré-projeto argumentando sua importância para a comunidade científica.

Atualmente, os sistemas de entretenimento dos veículos dependem muito das comunicações externas, eles podem se comunicar pela rede através de dispositivos ou até mesmo pela Internet, como os carros autônomos<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> "Há várias coisas que terão de ser feitas para permitir a condução autónoma. Em primeiro lugar a