

# PROPOSTA DE ROTEAMENTO PARA REDES VEICULARES NO NORTE DO TOCANTINS

Rafyze Uchoa da Silva<sup>1</sup>, Hylceffem Monteiro Albuquerque<sup>1</sup>,  
Márcia Maria Savoine<sup>2</sup>

As inovações e crescentes avanços na computação móvel e na comunicação sem fio levaram ao desenvolvimento do Sistema Inteligente de Transporte, onde se podem destacar as Redes Veiculares ad-hoc (VANETs); estas são compostas por dispositivos móveis de comunicação sem fio embarcados em automóveis para auxiliar os condutores nas rodovias. Nas VANETs, o roteamento apresenta-se como uma tarefa desafiadora devido à alta mobilidade dos nós, à instabilidade dos enlaces sem fio e a diversidade de cenários. Este trabalho apresenta uma proposta de algoritmo de roteamento que visa diminuir o alto índice de congestionamento em determinadas áreas do cenário estudado, propondo rotas alternativas aos usuários.

**Palavras-Chave:** Algoritmo de Roteamento. Mobilidade. Redes Veiculares.

Innovations and recent advances in mobile computing and wireless communication have led to the development of Intelligent Transportation Systems, and one of the most highlighted is the Vehicular ad-hoc Networks (VANETs); they are composed of mobile wireless communication embedded in cars to assist drivers on the highways. In VANETs, routing presents itself as a challenging task due to the high nodes mobility, the wireless instability links and the scenarios diversity. This work proposes a routing algorithm that aims at reducing the high levels of Traffic congestion in certain areas of the studied scenario, proposing alternative routes to the users.

**Keywords:** Routing Algorithm. Mobility. Vehicular Networks.

---

<sup>1</sup> Discentes do Curso de Sistemas de Informação da FAHESA/ITPAC - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos - ITPAC/FAHESA; Av. Filadélfia, 568; Setor Oeste; CEP: 77.816-540; Araguaína - TO. E-mail: uchoa.rafyze@gmail.com hylcephhem@gmail.com.

<sup>2</sup> Orientadora, Docente do curso de Sistemas de Informação da FAHESA/ITPAC - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos - Av. Filadélfia, 568; Setor Oeste; CEP: 77.816-540; Araguaína - TO. E-mail: savoine@gmail.com.

## 1. INTRODUÇÃO

Constituídas por veículos equipados com dispositivos de comunicação sem fio e pontos de acesso fixos, as Redes Veiculares ou *Vehicular Ad-hoc NETWORK* - VANETs, apresentam um eficiente desempenho no suporte aos sistemas inteligentes de transporte, estes são capazes de integrar diferentes veículos e possibilitar que aplicações com diferentes requisitos sejam atendidas satisfatoriamente.

Para que as conexões entre os veículos pudessem ser realizadas, grandes avanços nas tecnologias sem fio foram necessários, principalmente no padrão IEEE 802.11 que teve seu processo de padronização para redes veiculares, com o desenvolvimento do padrão 802.11p WAVE - *Wireless Access in the Vehicular Environment*, que tem como objetivo prover a Comunicação entre Veículos - V2V e entre Veículos e Infraestrutura - V2I.

Segundo Faezipour, et al., (2012): as conexões entre os nós da VANET podem ser do tipo veículo a veículo, veículo a ponto de acesso ou híbrido.

As VANETs possuem como requisitos nós com alta mobilidade para vários tipos de aplicações diferentes, que interferem nas arquiteturas e infraestruturas dos sistemas de comunicação. Por isso, necessitam de aperfeiçoamento significativo no sistema de roteamento disponível em redes móveis ad hoc.

Já as MANETs - *Mobile Ad Hoc Networks*, têm como meta manter a conectividade em uma comunicação fim-a-fim, mesmo com o alto grau de mobilidade dos nós, já que os veículos se comunicam via conexões sem fio, podem utilizar protocolos como: IEEE 802.11p; *bluetooth*; redes móveis de celular (GSM /GPSR - *Global System for Mobile Communications*) e 3G.

Com o auxílio da internet, a infraestrutura advinda destas redes permite

maior conectividade entre os mais diversos veículos em diferentes rodovias, o que facilita a disseminação das informações sobre tráfego, tais como: gerenciamento de transporte coletivo e de serviços de emergência, controle de tráfego urbano, rastreamento de frotas de veículos de carga e, também, fornecimento de informações atuais e dinâmicas que dão alternativas aos usuários em suas decisões.

Contudo, é um desafio transmitir de maneira robusta e eficaz informações em VANETs. A alta mobilidade e as variações de velocidade dos veículos ocasionam frequentes desconexões, fragmentações da rede e atrasos na entrega de pacotes (Sofra, et al., 2011).

Denomina-se formação veicular a união dinâmica de uma rede veicular e uma rede de comunicação sem fio, através da movimentação dos veículos independentemente da sua localização. Para que sua aplicação ocorra de forma confiável, a comunicação deve passar garantias de que as mensagens serão de fato encaminhadas e recebidas nos seus destinos, e de que estas mensagens serão recebidas em prazos limitados. Estas garantias são imprescindíveis para que a formação veicular sirva de fato como um serviço de comunicação, já que as informações devem ser trocadas entre os agentes veiculares evitando tomadas de decisões de forma errada ou em tempo incerto.

Para o melhor uso destas formações utilizam-se os protocolos de roteamento que são responsáveis por estabelecer os caminhos utilizáveis para que duas entidades se comuniquem.

Existem duas principais abordagens dos protocolos de roteamento aplicáveis em VANETs, sendo os protocolos de caminho único e os de multicaminhos, mas diversos protocolos de comunicação para redes veiculares têm sido apresentados, e estão em

desenvolvimento; o que, facilita o processo de roteamento e aumenta o alcance de comunicação de seus dispositivos sem fio.

Corroboram Karagiannis, *et al.*, (2011), Willke, *et al.*, (2009), Kakarla, *et al.*, (2011), onde afirmam que: estes protocolos têm o objetivo de prover a construção de uma rede de comunicação dinâmica, *ad hoc*, entre os veículos VANET - *Vehicular Ad Hoc Network*.

Este trabalho apresenta um algoritmo de roteamento veicular baseado no protocolo de posicionamento GPSR e no conceito de cartas náuticas vetorizadas, dentro de um ambiente real, monitorado, de uma área geográfica da cidade de Araguaína, estado do Tocantins, de aproximadamente 161Km, apresentando como velocidade média de locomoção de 7Km/h na região central e 9Km/h na região periférica; e uma aceleração média entre 10km/h a 12km/h em ambas as regiões citadas, com vistas a propor alternativas às problemáticas do tráfego veicular da cidade.

Este artigo está organizado da seguinte forma: além desta seção introdutória, a seção 2 apresenta conceitos de roteamento em redes veiculares. A seção 3 traz uma proposta de algoritmo de roteamento aplicável e, na seção 4 apresenta-se a conclusão do trabalho.

## 2. ROTEAMENTO DE REDES VEICULARES

Devido às semelhanças entre as redes móveis *ad hoc* e as redes veiculares, várias foram às tentativas de solucionar o desafio do roteamento nas redes veiculares utilizando protocolos de roteamento típicos das redes móveis *ad hoc*. Grande parte desses protocolos de roteamento foi proposta recentemente *ao Internet Engineering Task Force (IETF)* (Taleb, et al. 2007).

Os protocolos de roteamento são classificados em pró-ativos, reativos e híbridos, onde cada protocolo se diferencia por uma determinada função quanto aos nós.

Os pró-ativos têm como principal característica manter constantemente atualizadas as informações sobre a topologia, para isso, é necessário um envio periódico de mensagens de controle, numa rede de mudança frequente. Por serem de característica dinâmica, essa atualização sobrecarrega a rede, mostrando como diferencial destes protocolos o fato de não sofrerem com problemas de atraso inicial ao estabelecer novas rotas, estes são os preferidos ao realizar roteamento em uma rede dinâmica, onde os nós têm poucas rotas ativas.

Ao contrário dos pró-ativos, os protocolos de roteamento reativos criam as rotas sob demanda, assim, quando um dado nó deseja se comunicar com outro, inicia-se um procedimento de busca global, com o uso de um mecanismo de inundação da rede para disseminar as mensagens de requisição de rota por toda parte.

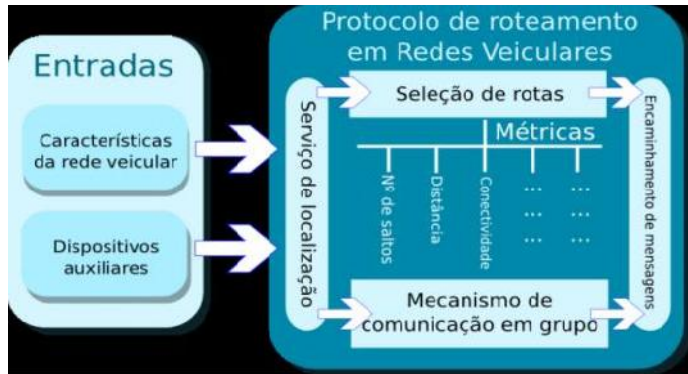
Os protocolos reativos não levam em consideração parâmetros de mobilidade durante a descoberta de rotas, ao aplicar esses protocolos em cenários altamente dinâmicos como as redes veiculares, espera-se a ocorrência frequente de caminhos quebrados, o que geraria excessivas mensagens de difusão que, conseqüentemente, sobrecarregariam a rede. (Taleb, *et al.*, 2007)

Já, os protocolos de roteamento híbrido combinam as duas abordagens citadas anteriormente: pró-ativa e reativa. Tendo como funções básicas a descoberta de rotas, encaminhamento de mensagens e manutenção de rotas, a complexidade de um protocolo de roteamento varia dependendo do tipo de rede que será utilizado.

Nas redes veiculares, alguns fatores são imprescindíveis para que o roteamento seja eficiente, como mostrado na Figura 1. O fator primordial são as entradas de um protocolo

para redes veiculares, que determinam a caracterização da rede e dos dispositivos auxiliares, destacando o tipo de cenário em urbano, rural ou rodovia.

Figura 1. Visão geral do funcionamento de um protocolo de roteamento para redes veiculares.



Fonte: Guoqing, et al., 2008. – Adaptado.

O que une os principais protocolos é a utilização dos parâmetros de mobilidade nas métricas de seleção das melhores rotas e, percebe-se que estes parâmetros são os que determinam o comportamento da mobilidade dos nós. Sendo eles: o jitter, tido como variação estatística do atraso na entrega de pacotes; a Taxa de Perda de Pacotes ou TPP, que representa o resultado da divisão entre a quantidade de pacotes perdidos e o número total de pacotes transmitidos. Dessa forma, quando um protocolo utiliza informações como velocidade, posição do nó ou mesmo a direção do movimento de um nó, o protocolo pode ser chamado de baseado em posição ou geográfico.

Uma carta pode ser considerada como uma representação dos aspectos artificiais e naturais da Terra, feita para fins práticos da atividade humana sendo capaz de permitir avaliações precisas de distâncias, direções, áreas, detalhes e localizações (OLIVEIRA, 1996).

Para a aplicação de cartas náuticas eletrônicas, os dados são vetorizados, ou seja,

transformados em uma informação digital e georreferenciada, possibilitando a extração de pontos com as respectivas informações de profundidade para toda a região utilizada no estudo.

Considerando a seleção de rotas no contexto geográfico, o uso de cartas náuticas vetoriais, apresentam sua parte gráfica armazenada em forma de coordenadas vetoriais, e seus atributos não gráficos são guardados em uma base de dados.

Bernsen & Manivannan (2008) afirmam que: outra estratégia que pode ser utilizada para realizar a seleção de rotas é o uso de um mecanismo de agrupamento baseado na posição geográfica, como, por exemplo, o Geocast

No Geocast o destino são os nós posicionados em uma região geográfica específica, que pode ser relativa à origem, estratégia recomendada quando o propósito é a comunicação com nós de uma região específica, que encaminha a mensagem ao destino assim que finalizada a etapa de seleção.

Segundo Hein, et al., (2001) *apud* Alves, et al., (2009): grande parcela dos algoritmos de roteamento é baseado em posicionamento.

Neste tipo de algoritmo de roteamento o objetivo principal é garantir escalabilidade em ambientes de alta mobilidade, onde com todos os nós presentes em redes que os utilizam, deve existir algum tipo de dispositivo para definir sua localização atual podendo ser um GPS - *Global Positioning System*, ou outros.

Os protocolos baseados em posicionamento funcionam numa sequência, onde um nó fonte envia os pacotes de dados em direção à localização do destinatário por múltiplos saltos. Para tanto, o nó precisa conhecer a posição de seus vizinhos, normalmente por sondas enviadas periodicamente, e a posição do destinatário, em geral utilizando

um serviço de localização (Kasemann, et al., 2002 *apud* Alves, et al., 2009).

Um dos protocolos baseados em posicionamento utilizados em redes veiculares é o Greedy Perimeter Stateless Routing - GPSR, neste os pacotes de localização são enviados por cada veículo, que formam uma lista de vizinhos. Para realizar o encaminhamento é usado um algoritmo no qual cada nó emprega a função de repassar os pacotes de dados já formados para um vizinho que esteja mais próximo do destino final.

Todos os pacotes enviados utilizando o GPSR funcionam em dois modos. O primeiro modo é o modo guloso que é um modo mais simples de roteamento; este funciona como se fosse um vetor geográfico de distância. Ao receber um pacote, o nó reenvia esse pacote para o vizinho mais próximo do destino; no entanto, isso pode levar o pacote a locais sem saída, ou seja, nós mais próximos do destino, mas que não tenham vizinhos. (Karp & Kung, 2000).

Por outro lado, o GPSR também apresenta como modo de funcionamento, o modo perímetro, que tem como objetivo contornar regiões onde não existem nós mais próximos do destino que o nó corrente. Nestas situações, o pacote deve se afastar do destino até encontrar uma nova rota.

Muitos destes protocolos utilizam informações do ambiente e da aplicação em suas decisões, como por exemplo, a distância entre os veículos, a velocidade e direção dos veículos, condições de vizinhança, a capacidade do sinal de comunicação, entre outros, para definir o modo de transmissão de suas mensagens fim-a-fim e prover alguma confiança na entrega e nos prazos desejados (Karagiannis, et al.,

2011, Willke, et al., 2009, Sichitiu & Kihl, 2008).

### 3. PROPOSTA DO ALGORITMO DE ROTEAMENTO

Após rastrear o tráfego veicular nas principais vias de acesso na cidade de Araguaína, estado do Tocantins, que segundo o Censo de 2010 (IBGE, 2011), possui aproximadamente 150 mil habitantes, fez-se um monitoramento da mobilidade veicular, os horários e dias de maior e menor tráfego; assim como, a quantidade de enlaces de redes 802.11 (sendo padrão B, g ou n) em toda a região metropolitana; que influência diretamente na conectividade do usuário ajudando-o a manter sua rota atualizada em tempo real, ou seja, as ruas com maior número de *hotspot* que apresentam possibilidade de uma conexão melhor.

O cenário citado apresentou uma série de problemáticas, entre elas: duplicidade nos nomes das ruas, onde várias ruas tinham a mesma nomenclatura em diferentes bairros da cidade, o que dificultou a identificação e codificação destas; a manutenção das ruas percorridas mostrando péssimo estado de conservação; e, a desigualdade entre a extensão que ocasionou o acúmulo de redes (nós) em determinadas áreas do rastreo.

A partir dessas informações pode-se desenvolver um algoritmo baseado em posicionamento por multicaminhos e classificado como pró-ativo, pois faz leituras periódicas a fim de manter atualizadas as informações sobre sua topologia, ideal para roteamento em redes dinâmicas. Este algoritmo deve apresentar um vetor principal bidimensional que aumenta a precisão e a confiabilidade dos dados, fazendo assim de uma estrutura de ponto a ponto x e y (coluna e linha) uma estrutura com funcionamento parecido ao do GPS, que também se baseia em protocolos de roteamento.

Utilizou-se também, o conceito de cartas náuticas vetorizadas, que apresentam uma trajetória ótima de interceptação de um alvo móvel em ambientes com diversos obstáculos geográficos, como apresentado na cidade de Araguaína.

Considerando-se, o protocolo GPSR - Greedy Perimeter Stateless Routing e, o conceito de cartas náuticas vetorizadas, o algoritmo proposto é centrado na localização dentro da área de redes veiculares que realiza a leitura dos nós destino, calcula a quantidade de caminhos entre os nós, a fim de estabilizar a rede na presença de múltiplas rotas; onde um nó fonte envia os pacotes de dados em direção à localização do destinatário, para isso ele se agrega aos múltiplos nós vizinhos a ele, essa estrutura de funcionamento é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1. Algoritmo faz a leitura dos vetores e inicia a busca do trajeto escolhido pelo usuário.

```

inicio
vetor rua[r,n]; vetor pesquisa; vetor trajeto; int
origem;
int destino logico para leia origem leia destino
1. | repetir (enquanto nao encontrar
destino){
2. | para<-FALSO
3. | repetir (quantos nó tem em vetor) {
4. | Se(no é igual a vetor P)
5. | {para<- VERDADEIRO
6. | }
7. | Senão
8. | {para=falso
9. | r<-n
10. | }
11. | repetir (quantos elementos no vetor n){
12. | para<-falso
13. | repetir (quantos elementos no
vetor RUA){
14. | Se( vetor RUA for igual a vetor n){
15. | para<-verdadeiro
16. | }
17. | }
18. | Senão (para=Falso){
19. | r<- n
20. | }
21. | Se (destino=Rua,n){
22. | PARA REPETIÇÃO
23. | }

```

```

24. | }
25. | trajeto[0]==destino
26. | int e<-0
27. | repetir(quantidade de r){
28. | para<-falso
29. | repetir (quantidade de n){
30. | Se (Trajeto[e]==rua[r,n]){
31. | para<=verdadeiro
32. | }
33. | }
34. | Se ( para==verdadeiro){
35. | e<-e+1
36. | TRAJETO[e]<- RUA[r,n]
37. | }
38. | }
39. | repetir (quantidade de elementos em
trajeto){
40. | escreva(trajeto[elementos])
41. | }
42. | }
43. Fim

```

O algoritmo apresentado na Tabela 1 expõe tomadas de decisões que visam definir uma rota final a ser usada pelo usuário; além de considerar diversos aspectos da situação como: locais de ponto de acesso e extensão dos nós.

Pode-se perceber que ao receber a mensagem de solicitação de roteamento, o algoritmo inicia lendo seus vetores, apresentando as variáveis e identificando seu ponto de origem; observa-se estas instruções da linha 1 a 10 que, após feita a solicitação de busca, dá-se início as repetições do algoritmo, começando pela origem e percorrendo todos seus nós, se não encontrando é dado continuidade a leitura do código.

Entre as linhas 11 a 20 mostra-se a verificação de quantos elementos tem no vetor [n] e repete a quantidade de elementos que tem o vetor [rua], jogado na tomada de decisão, se verdadeiro o vetor rua [r] se iguala ao vetor rua [n] e o algoritmo sai da segunda estrutura de decisão; se falso, a variável [r] recebe o valor de [n] evitando possíveis loops.

Na terceira estrutura de decisão localizada entre as linhas 21 a 24, é feita a comparação se o destino é compatível com a rua; assim, o vetor solicita uma parada, isto porque, foi encontrado o destino final.

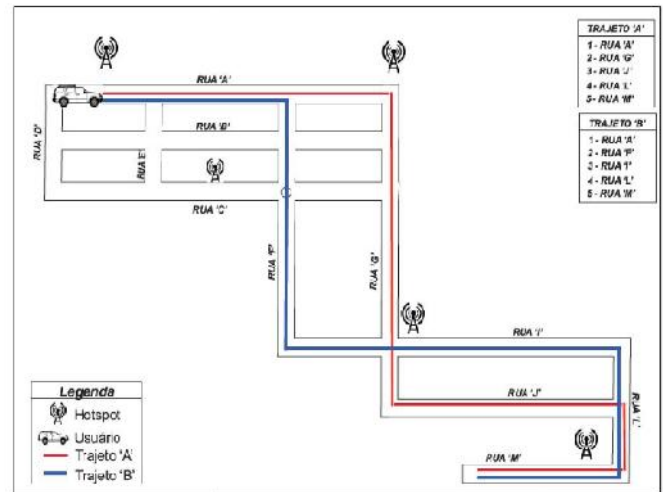
Já na linha 25 a variável “trajeto” em sua posição inicial, recebe o valor da variável “destino”, dando início a quarta repetição que funciona em sentido de pilha; onde os valores finais são colocados numa estrutura de organização decrescente, posicionando o último valor em primeira opção, a variável [r] possui todas as ruas que foram rastreadas pelo algoritmo. Nota-se que, a linha 28 recebe uma parada como falso, para que seja dado início a repetição lógica; caso contrário, apenas a primeira estrutura de repetição terá êxito, o restante mostrará erro devido à procura constante do algoritmo por um dado inexistente, neste caso, uma rua não percorrida.

A quinta repetição encontra-se embutida na sua sucessora, fazendo com que repita a quantidade de nós já lidos dentro desta. Posteriormente, é verificado se o valor da variável trajeto na posição representada pela variável [e] é igual ao vetor da rua na posição [r,n], se for apresentado como falso, a estrutura percorre toda quantidade de nó já lidos, caso seja verdadeiro, é dado continuidade à formação do trajeto em si.

A partir da linha 34, verifica se a variável [para] é verdadeira; caso seja, a variável [e] recebe o seu valor já calculado e, se agrega a mais 1, e o vetor trajeto na posição [e] recebe o valor do vetor na posição [r,n]; formando assim, o trajeto final, dando como resultado os valores contidos no vetor trajeto consequentemente o caminho a ser percorrido.

Repassando a mensagem do algoritmo mostrado, na Figura 2, ilustra-se seu funcionamento, iniciando desde a solicitação do usuário marcando o trajeto a ser percorrido até o ponto final da rota.

Figura 2. Cenário simulado para demonstração da busca de rota.



Nesta Figura 2, o nó precisa descobrir os múltiplos caminhos possíveis que leve o usuário da rua “A” até a rua “M”, para que isso aconteça os pontos de acesso ou hotspot fazem a leitura dos nós presentes nas ruas e formulam um trajeto a ser percorrido.

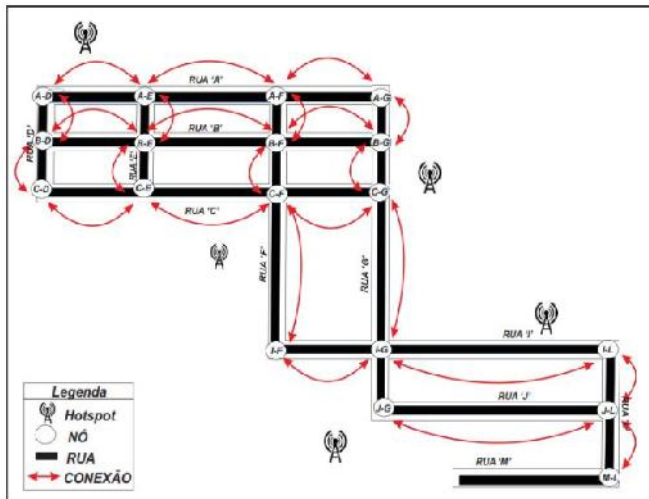
Na primeira execução do algoritmo o caminho percorrido será as ruas A – G – J – L e M respectivamente, como é demonstrado no trajeto A, o usuário faz a solicitação indicando de ponto de origem e seu destino final. E, no trajeto B, ocorre o mesmo procedimento; porém, leva-se em consideração que as solicitações tenham sido feitas ao mesmo período de tempo, o algoritmo identifica a primeira rota como de possível tráfego intenso, identificando assim uma rota alternativa, indicando ao usuário prosseguir pelo caminho A – F – I – L – M.

Considerando ainda a Figura 2, percebe-se que os nós não podem realizar saltos sem agregar-se ao nó vizinho, isto porque, para que seja formada uma rota, é necessária uma sequência de nós, que somente é completa se cada nó conhecer a localização e a nomenclatura de seu nó mais próximo para assim, manterem conexão. Ressaltando ainda que, conhecer a posição do nó destinatário é imprescindível para que o



nó receptor consiga mapear o trajeto a ser feito, neste sentido, a Figura 3 mostra o processo de mapeamento das rotas e suas limitações.

Figura 3. Cenário do mapeamento das rotas.



De acordo com a Figura 3, e considerando sua legenda, os trechos retilíneos expostos em preto representam as ruas mapeadas; as setas em vermelho, as formações dos nós, onde em cada rua forma-se um nó específico lido pelo algoritmo que realiza a função de comunicação entre os pontos. Nesta posição do cenário, a regra básica da busca de rota, consiste em que cada nó, se agregue ao nó mais próximo; formando um novo nó, não havendo possibilidades de saltos entre os nós, pois cada um armazena somente as características e a localização de seu vizinho.

Exemplificando esta condição, tem-se a "rua A" (Figura 3), que tem os nós AD, AE, AF e AG; supondo que o usuário queira chegar na rua G, ele percorreria respectivamente os nós AD, AE, AF.

O algoritmo deste trabalho foi planejado exclusivamente para trabalhar com redes dinâmicas de alta mobilidade, avaliando parâmetros como: *jitter*, retardo de entrega e taxa de perda de pacotes; isso para que seja evitado ao máximo erros no

mapeamento e na criação das rotas ao usuário. Apesar de trabalhar baseado em posicionamento como GPSR, o algoritmo proposto faz uma leitura detalhada de cada nó presente na área rastreada, assim, não tendo opção de apresentar rotas inexistentes ou não trafegáveis.

#### 4. CONCLUSÃO

Diante das características de qualquer rede veicular, tais como a dinamicidade e conectividade da rede, além da mobilidade dos nós; o roteamento torna-se um trabalho desafiador. Neste contexto, o principal objetivo deste trabalho foi apresentar uma proposta de algoritmo de roteamento, tomando-se por referencial o algoritmo GPSR e conceito de cartas náuticas vetorizadas, pois essas possuem alta precisão no repasse de dados de rotas e rastreamento.

Diante das características apresentadas pela cidade de Araguaína, estado do Tocantins, que tem uma população de mais 150 mil habitantes (segundo o censo do IBGE de 2010); conta com uma média de 85.312 veículos locomovendo-se na cidade (segundo dados do DETRAN-TO de Julho de 2013) e, por outro lado, apesar de ser uma cidade de médio porte apresenta sérias falhas no seu plano diretor. O que impulsionou a elaboração deste trabalho foi o interesse de propor uma ferramenta capaz de auxiliar os condutores de veículos na cidade, a encontrarem rotas alternativas de acesso às suas principais ruas e avenidas.

Pretende-se como continuidade deste trabalho, a partir das informações coletas e do algoritmo desenvolvido, elaborar uma ferramenta que trabalhe em tempo real mostrando o tráfego onde o usuário se encontra na cidade, e que também, apontará ao motorista, possíveis rotas alternativas, para assim, auxiliá-lo na escolha de novas rotas,



evitando transtornos de engarrafamentos no trânsito.

## 5. REFERÊNCIAS

- Guoqing, Z., Dejun, M., Zhong, X., Weili, Y., and Xiaoyan, C. (2008). A survey on the routing schemes of urban vehicular ad hoc networks. In 27th Chinese Control Conference (CCC), 2008.
- Hein, G. W., Godet, J., Issler, J.-L., Martin, J.-C., Erhard, P., Lucas- Rodriguez, R. e Pratt, T. (2002). Status of galileo frequency and signal design. Em International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation ION GPS, páginas 266-277.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010: Características da População e dos Domicílios - Resultados do Universo. ISSN 0104-3145. Rio de Janeiro, 2011.
- Kakarla, J., Sathya, S. S., Laxmiand, B. G., and B, R. B. (2011). A survey on routing protocols and its issues in vanet. International Journal of Computer Applications, 28(4):38-44. Published by Foundation of Computer Science, New York, USA.
- Karagiannis, G., Altintas, O., Ekici, E., Heijenk, G., Jarupan, B., Lin, K., and Weil, T. (2011). Vehicular networking: A survey and tutorial on requirements, architectures, challenges, standards and solutions. Communications Surveys&Tutorials, IEEE, (99):1-33.
- Karp, B. e Kung, H. (2000). GPSR: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks, em: ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom), p.243-254.
- Kasemann, M., Füler, H., Hartenstein, H. e Mauve, M. (2002). A reactive location service for mobile ad hoc networks. Relatório Técnico TR-2002- 014, Department of Computer Science, University of Mannheim.
- Oliveira, Cleomar M. M., Cartas Náuticas Eletrônicas: Operações e Estruturas de Dados. (1996). 110p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) - UNICAMP, Campinas.
- Sofra, N., Gkelias, A., and Leung, K. (2011). Route construction for long lifetime in vanets. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 60(7):3450 - 3461.
- Taleb, T., Sakhaee, E., Jamalipour, A., Hashimoto, K., Kato, N., and Nemoto, Y. (2007). A stable routing protocol to support its services in vanet networks. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 56(6):3337\_3347.
- Willke, T., Tientrakool, P., and Maxemchuk, N. (2009). A survey of inter-vehicle communication protocols and their applications. Communications Surveys & Tutorials, IEEE, 11(2):3-20.