

UMA ABORDAGEM EVOLUTIVA PARA POSICIONAMENTO DE PONTOS DE DISSEMINAÇÃO EM VANETS

Evellyn S. Cavalcante

DCC, UFMG, Belo Horizonte, MG
evellyn@dcc.ufmg.br

Larissa P. A. Cavalcante

IC, UFAL, Maceió, AL
larissa.peixoto.2011@gmail.com

Andre L. L. Aquino

IC, UFAL, Maceió, AL
alla@ic.ufal.br

Gisele L. Pappa

DCC, UFMG, Belo Horizonte, MG
glpappa@dcc.ufmg.br

Antonio A. F. Loureiro

DCC, UFMG, Belo Horizonte, MG
loureiro@dcc.ufmg.br

RESUMO

O presente trabalho estuda o processo de implantar uma infraestrutura em Vanets, utilizando pontos de acesso, que em conjunto com os veículos, permitem a difusão de informação nas estradas. O maior desafio é posicionar os pontos de acesso de modo a maximizar o número de veículos que receberão a informação. Modelamos esse problema como um Problema de Máxima Cobertura com Limite de Tempo (PMCLT) e aplicamos a ele uma heurística baseada em algoritmos genéticos. O algoritmo é avaliado com dados reais e comparado com uma abordagem gulosa que representa a melhor solução da literatura para o problema. Os resultados mostram que nossa abordagem tem melhores resultados que a abordagem gulosa em todos os cenários, com um ganho de até 11 pontos percentuais.

PALAVRAS CHAVE. Redes Veiculares, Algoritmos Genéticos, Redes de Sensores Sem Fio

MH – Metaheurísticas

ABSTRACT

This paper studies a relevant problem in VANETs, known as the deployment of Roadside Units (RSUs). A RSU is an access point, used together with the vehicles, to allow information dissemination in the roads. Knowing where to place these RSUs so that a maximum number of vehicles circulating is covered is a challenge. We model the problem as a Maximum Coverage with Time Threshold Problem (MCTTP), and use a genetic algorithm to solve it. The algorithm is tested with real-world datasets, and compared to a greedy approach previously proposed in the literature. The results show that our approach finds better results than the greedy one in all scenarios, with gains up to 11 percentage points.

KEYWORDS. Vehicular Networks, Genetic Algorithms, Wireless Sensor Networks

MH – Metaheuristics

1. Introdução

Vehicular ad-hoc network (Vanet) (Yousefi et al., 2006; Li e Wang, 2007; Hartenstein e Laberteaux, 2008) é uma rede *ad-hoc* dinâmica composta por um conjunto de veículos que utilizam comunicação sem fio para trocar informações com os elementos da rede durante o seu deslocamento. Nessas redes, existem dois paradigmas principais de comunicação: veículo para veículo (V2V) e veículo para infraestrutura (V2I), quando um veículo troca informação com um ponto de acesso, chamado de ponto de disseminação (PD), que geralmente está localizado ao longo da estrada.

Vanets são capazes de coletar dados em tempo real sobre as condições das estradas e do tráfego que são úteis para uma ampla gama de aplicações: sistema de alerta de segurança, de assistência ao motorista e roteamento de tráfego (Toor et al., 2008). Além disso, esses dados podem ser usados para criar um sistema de tráfego inteligente, que pode automaticamente atualizar os ciclos dos semáforos, indicar prováveis zonas de pedágio, estudar a quantidade diária de veículos nas estradas etc.

Alguns cenários em que Vanets podem surgir são ilustrados na figura 1 (Macedo et al., 2012). O primeiro cenário representa uma área com a presença de poucos veículos, como por exemplo as rodovias. Nesse caso, a informação é transmitida quando dois veículos estão dentro de suas faixas de transmissão. O segundo e terceiro cenário ilustram áreas urbanas que eventualmente possuem uma maior quantidade de veículos, e já apresentam uma infraestrutura de comunicação consolidada que pode ser utilizada pelos veículos.

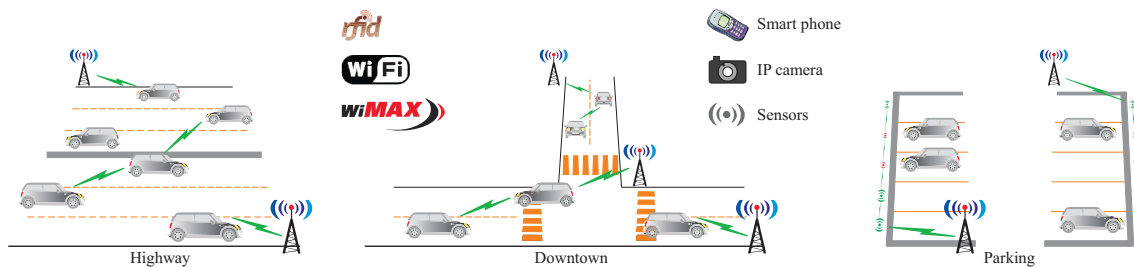


Figura 1: Sistema de transporte inteligente (Macedo et al., 2012)

Nos cenários mostrados na figura 1, a disseminação de informação é um aspecto crucial. Além dos veículos, os principais agentes de disseminação de informações são os PDs, já que eles ajudam a superar limitações de comunicação nas Vanets, tais como: perda de dados em veículos com alta mobilidade; constante reconstrução da infraestrutura de roteamento devido ao dinamismo da topologia; e latência, presente em várias aplicações móveis sem fio. No nosso caso, o grande desafio é definir quantos PDs são necessários e onde eles serão posicionados de tal forma que a quantidade de veículos cobertos seja maximizada.

O objetivo desse trabalho é, dado um número k de PDs disponíveis, descobrir como posicioná-los de forma a obter a máxima cobertura possível da região a ser considerada e, conseqüentemente, dos veículos. No trabalho aqui desenvolvido, esse problema é modelado como um Problema da Máxima Cobertura com Limite de Tempo (PMCLT) e utiliza-se da busca global provida pelos Algoritmos Genéticos (AGs) para encontrar as posições dos PDs. Os resultados são comparados com os obtidos por uma abordagem gulosa proposta por Trullols et al. (2010), que alcançou resultados satisfatórios.

O método proposto foi aplicado em quatro cenários com topologias reais de estradas na Suíça considerando um modelo de mobilidade veicular realista (Naumov et al., 2006) com

duração de uma hora e meia. Os quatro cenários estão dentro de uma área de 100 km^2 , e apresentam diferentes características de tráfego: o centro da cidade de Zurique e Winterthur foram utilizados para representar o tráfego denso; as áreas rurais de Baden e Baar para caracterizar o tráfego esparsos.

Os resultados mostraram que o AG, com um método de inicialização otimizado que explora algumas das soluções encontradas pela abordagem gulosa, apresenta resultados até 11 pontos percentuais melhores do que a abordagem gulosa. Nesse caso particular, o percentual de veículos cobertos aumentou de 76,2% para 87,77%. Outros resultados em que houve variação do número de PDs posicionados também mostrou que o AG sempre supera a abordagem gulosa.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma. A seção 2 apresenta trabalhos relacionados à implantação de infraestrutura em Vanets. A seção 3 discute o PMCLT, enquanto a seção 4 mostra o algoritmo evolutivo proposto. A seção 5 apresenta os resultados da simulação, e as conclusões e trabalhos futuros são descritos na seção 6.

2. Trabalhos Relacionados

Para o estudo de distribuição de PDs em Vanets, inicialmente, consideramos as abordagens para o problema de cobertura e conectividade em redes de sensores sem fio (RSSFs). Nesse contexto, vários autores propuseram diferentes soluções baseadas em uma variedade de métodos (Meguerdichian et al., 2001; Li et al., 2003; Rosi et al., 2008; Lochert et al., 2008). Os primeiros trabalhos visitados, consideram a cobertura como uma métrica de qualidade de comunicação. Nesse sentido, Huang e Tseng (2003) formulam o problema de cobertura como um problema de decisão, em que é dado um número k e o objetivo é determinar se uma área é coberta por pelo menos k sensores que fazem parte da RSSF. Eles propõem algoritmos de tempo polinomial, em termos de número de sensores.

Outro trabalho interessante, proposto por Habib e Safar (2007), modela o problema de posicionamento de nós para melhorar a cobertura em RSSFs como dois sub-problemas: planejamento da planta e posicionamento, análoga a solução para construir placas de circuito integrados. Neste caso, a área é dividida em células geométricas bem definidas (problema de planejamento) e os dispositivos sensores devem ser atribuídos em um conjunto de células (problema de posicionamento). Os autores solucionam esses sub-problemas como um único problema de otimização, utilizando uma abordagem evolucionária.

Ainda nesta direção, o objetivo em Jia et al. (2008) é ativar somente os sensores necessários num determinado momento para ter cobertura total de uma área com uma RSSF densa cujos sensores foram depositados aleatoriamente, para economizar energia e aumentar o tempo de vida da rede. A solução proposta pelos autores é baseada na seleção de conjuntos de cobertura e utiliza um algoritmo de busca baseado em algoritmo genético de ordenação não dominante.

Apesar de apresentarem boas soluções para o problema de cobertura, características inerentes a Vanets, como por exemplo, a alta mobilidade dos elementos e a possibilidade para a utilização de uma infraestrutura, inviabilizam a aplicação das soluções para RSSFs nos cenários voltados a Vanets.

Buscando por abordagens para o problema de cobertura em Vanets, encontramos o trabalho proposto por Kchiche e Kamoun (2009) que é uma abordagem gulosa baseada na centralidade de grupo para selecionar a melhor disposição dos PDs a fim de prover comunicação mais estável e regular entre os veículos. Eles buscaram alcançar o melhor desempenho possível em termos de atraso e sobrecarga de comunicação. Num trabalho posterior, Kchiche e Kamoun (2010) mostram por intermédio de simulações que o uso de

PDs pode otimizar o desempenho de uma Vanet, especialmente em áreas esparsas e em casos de comunicação de longa distância. Além disso, propuseram estratégias para deposição de PDs baseadas em centralidade e equidistância e mostraram que essas características são importantes para melhorar a qualidade de serviço.

Outra abordagem interessante é proposta por Sou (2010) que estuda um modelo de posicionamento de PDs para reduzir o consumo desnecessário de energia. Ele considera que os PDs devem ser dispostos separados pela mesma distância ao longo de uma estrada e devem alternar entre os modos ativo e inativo. O objetivo do trabalho foi escolher quais e quantos PDs deveriam entrar em modo ativo de forma a maximizar a economia de energia para satisfazer os critérios de conectividade.

Por fim, Trullols et al. (2010) apresenta três maneiras diferentes de modelar o problema de deposição de PDs: como um Problema da Máxima Cobertura, Problema da Mochila ou um PMCLT. Para cada modelo, eles provêm uma solução gulosa e uma dividir para conquistar. Para o PMCLT a solução gulosa alcança os melhores resultados. Com base nestes resultados, o trabalho aqui apresentado modela o problema de cobertura como um PMCLT, propõe uma abordagem com AGs e compara o método proposto com a solução gulosa.

3. Problema da Máxima Cobertura com Limite de Tempo

Sejam um cruzamento entre duas ou mais estradas, chamado interseção i ; a área limitada pelo alcance de transmissão R do PD (assumindo que seja colocado no centro do cruzamento); o conjunto de veículos S_i que passam na interseção i e cada veículo, $v_j \in S_i$, que possui um peso representando seu tempo de permanência na interseção. Existem v veículos circulando durante o período de observação, e τ é o tempo mínimo necessário para um veículo receber a informação com sucesso. A transmissão não precisa ser realizada por um único PD, um deles pode começar a transmissão e outros podem terminá-la, desde que o veículo permaneça em suas áreas de alcance durante o tempo mínimo exigido. Busca-se implantar k PDs com alcance de transmissão R em uma topologia de estrada urbana de área A e n interseções.

Formalmente, seja $V = \{v_1, \dots, v_v\}$ o conjunto de veículos que passam pela região considerada e $S_i \subseteq V$ um subconjunto dos veículos que entram na interseção i . O objetivo é escolher k conjuntos, a fim de maximizar a cardinalidade de $S_1 \cup S_2 \cup \dots \cup S_k$. Considere $T_{n,v}$ a matriz interseção \times veículo, onde $T_{i,j} \geq 0$ representa o tempo total que o veículo j permanece na interseção i . Assim, o PMCLT (Trullols et al., 2010) pode ser formulado como abaixo:

$$\max \sum_{j=1}^v \min \left(\tau, \sum_{i=1}^n T_{i,j} y_i \right), \quad (1)$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n y_i \leq k, \quad (2)$$

$$y_i \in \{0, 1\} \forall i, \quad (3)$$

em que y_i indica se há um PD na interseção i . A função objetivo na eq. 1 representa o PMCLT. A restrição descrita na eq. 2 assegura que no máximo k interseções são selecionadas, ao passo que a restrição na eq. 3 indica se existe um PD na interseção i .

A abordagem gulosa para este problema (Trullols et al., 2010), descrita no algoritmo 1, otimiza o tempo de cobertura dos veículos nos PDs. Dadas k interseções para serem posicionadas, o conjunto S de interseções, a matriz T , que indica o tempo no qual o veículo permaneceu na interseção, e o tempo mínimo τ para a transmissão de dados.

Algoritmo 1 Abordagem gulosa para o PMCLT

Require: k, T, τ, S
Ensure: S'
1: $S' \leftarrow \emptyset$
2: $t_j \leftarrow 0, j = \{1, \dots, v\}$
3: **repeat**
4: $W_i \leftarrow \sum_{j=1}^v \min(\tau - t_j, T_{ij}), i = \{1, \dots, n\}$
5: Selecionar $S_i \in S$ que maximiza W_i
6: $t_j \leftarrow \min(\tau, t_j + T_{ij}), j = \{1, \dots, v\}$
7: $S' \leftarrow S' \cup S_i$
8: $S \leftarrow S \setminus S_i$
9: $k \leftarrow k - 1$
10: **until** $k = 0$ ou $S = \emptyset$

Para cada interseção i , W_i ($i = 1, \dots, n$) denota o tempo de cobertura dos veículos nos PDs (linha 4), que é obtido somando-se o tempo em que cada veículo permanece na interseção. Ademais, quando o tempo de um veículo na interseção ultrapassa τ , o excesso é ignorado, uma vez que a transmissão é completada no tempo τ . Por outro lado, se o tempo de permanência do veículo na interseção não for suficiente para a transmissão, ele é salvo no vetor t_j (linha 6), e então na iteração seguinte o tempo necessário para completar a transmissão é calculado ($\tau - t_j$, linha 4).

Dados os valores de W_i , a interseção S_i que oferece o maior tempo de cobertura é selecionada, inserida no subconjunto S' (linha 7), e em seguida removida do conjunto S (linha 8). Este procedimento é executado até que k interseções sejam selecionadas ou S esteja vazio.

4. Abordagem Evolutiva

Considerando as características do PMCLT, as abordagens evolutivas com pesquisa global e tolerância a ruído funcionam bem para solucioná-lo. A versão do AG utilizada nesse trabalho difere do tradicional (Mitchell, 1998) devido ao fato de conter um esquema otimizado para inicialização da população, a fim de acelerar o processo de encontrar resultados aceitáveis.

Dado um mapa da topologia de estradas de uma região com n interseções e k PDs a serem implantados, cada indivíduo é representado por

$$\mathbf{I} = \{G_1, G_2, \dots, G_k\},$$

em que $G_j \in \mathbb{N}^+, 0 \leq G_j < n$. Por exemplo, um cenário com $n = 10$ interseções para posicionar $k = 4$ PDs, um indivíduo válido é $\mathbf{I} = \{0, 4, 8, 9\}$, ou seja, os PDs serão colocados nas interseções de número 0, 4, 8 e 9.

O algoritmo 2 apresenta o AG implementado. As linhas 1 e 2 representam a inicialização da população, que será discutida posteriormente. Depois que a população é inicializada, indivíduos são avaliados e selecionados por torneio e então submetidos a cruzamento de um ponto e operação de mutação de um ponto. Um procedimento elitista mantém os melhores indivíduos na população seguinte, que é completada com os indivíduos produzidos pelos cruzamentos e operações de mutação. Este processo é realizado até que um número máximo de gerações seja atingido.

Algoritmo 2 Algoritmo genético para o PMCLT

Require: k, T, τ, S

Ensure: S'

- 1: $P_{1,p/2} \leftarrow$ indivíduos aleatórios
 - 2: $P_{p/2,p} \leftarrow$ indivíduos gerados pelo algoritmo guloso (alg. 1) modificado
 - 3: $best \leftarrow \max(0, f_i), i = \{1, \dots, p\}$
 - 4: **repeat**
 - 5: Avalia os indivíduos de acordo com a *fitness*
 - 6: Realiza a seleção por torneio
 - 7: Executa cruzamento de um ponto com probabilidade p_{cruz}
 - 8: Executa mutação de um ponto com probabilidade p_{mut}
 - 9: Inserção elitista na nova população P'
 - 10: Inserir novos indivíduos em P'
 - 11: $melhor \leftarrow \max(melhor, f_i), i = \{1, \dots, p\}$
 - 12: **until** atingir número máximo de gerações
 - 13: $S' \leftarrow I_i$
-

Além da representação do indivíduo, dois outros componentes no algoritmo proposto são dependentes do problema: a *fitness* e o procedimento de inicialização da população. A *fitness* de um indivíduo é definida como a porcentagem de veículos cobertos na área considerada

$$f_i = \frac{|\widehat{V}|}{v},$$

onde $\widehat{V} \subseteq V$ e $\widehat{v}_i = \sum_{j=1}^n T_{i,j} \geq \tau$.

O procedimento de inicialização da população foi modificado após a análise dos primeiros resultados, a fim de tornar o processo evolutivo mais rápido: soluções geradas pela abordagem gulosa foram inseridas na população inicial. A outra metade da população foi gerada aleatoriamente, a fim de evitar a introdução de vieses da solução gulosa.

Ao invés de inserir somente a solução final da busca gulosa para a população inicial, o algoritmo guloso foi modificado de modo que, em cada iteração, não só a melhor interseção (a única com cobertura máxima) fosse selecionada, mas uma escolha aleatória entre as 10 melhores. Isso foi introduzido por intermédio da modificação da linha 5 do algoritmo 1 como se segue:

Selecione $S_i \in S$, onde $i = rand(1:10)$ é o i -ésimo que maximiza W_i ,

Este algoritmo é executado até obtermos a metade da população inicial, uma vez que, a outra metade é formada por soluções geradas aleatoriamente.

5. Resultados e Discussão

O AG proposto foi avaliado usando quatro conjuntos de dados extraídos de um registro de mobilidade veicular simulada, coletados durante 1 h e 30 min, a partir de uma rede rodoviária urbana da Suíça (Nagel, 2012). Os conjuntos de dados correspondem a quatro regiões diferentes, localizadas dentro de uma área de 100 km²: centradas nas cidades de Zurique e Winterthur, que caracterizam o tráfego pesado, e nas áreas rurais de Baden e Baar, que caracterizam o tráfego leve. Cada região tem sua própria topologia e densidade, tal como descrito na tabela 1.

Tabela 1: características do cenário

	Zurich	Winterthur	Baden	Baar
Interseções	83	43	38	46
Veículos	70.537	13.578	11.632	9.876

As interseções e os veículos, que transitam na região por pelo menos 60 s durante o período de observação, são identificados por um número inteiro. Esta informação é usada para gerar a matriz T , com dimensões $n \times v$. Cada elemento $T_{i,j}$ em T é a diferença entre os tempos inicial e final correspondentes a entrada e a saída do veículo i na fronteira da interseção j .

O desempenho do AG é comparado com a solução gulosa proposta por Trullols et al. (2010). A fim de tornar as comparações entre as duas abordagens o mais justa possível, o valor de k (número de PDs) foi fixado em 30% do número de interseções no cenário considerado, e o limite do tempo τ de transmissão de informação, foi definido em 30 s.

Os parâmetros do AG, como tamanho da população, número de gerações, taxas de mutação e cruzamento, e o tamanho do torneio foram definidas em experimentos preliminares, nos quais o tempo de evolução, convergência e melhor *fitness* dos algoritmos foram analisados. Apesar desses valores não serem ótimos, eles apresentaram os melhores resultados quando comparados com outras configurações de parâmetros durante a fase de ajuste do algoritmo. O torneio com tamanho 2 mostrou melhores resultados em todos os cenários, bem como 100 gerações. A tabela 2 mostra os valores finais obtidos para o número de PDs, tamanho da população, e probabilidades de cruzamento e mutação em cada cenário.

Tabela 2: Configurações do algoritmo

	# PDs	Tamanho da população	Cruzamento	Mutação
Zurich	25	400	0,95	0,10
Winterthur	13	200	0,95	0,01
Baden	11	200	0,90	0,10
Baar	14	200	0,80	0,10

As próximas subseções relatam os experimentos realizados para avaliar o AG nos quatro cenários mencionados. Eles foram divididos em duas fases: primeiro, compara-se o comportamento quando a população é inicializada aleatoriamente e após a adição de informações sobre o problema com a abordagem gulosa. Em seguida, mostra-se o efeito na cobertura de veículos quando há uma variação no número PDs posicionados.

5.1. Inicialização da população

Nos primeiros testes, percebeu-se que o AG demorou um longo tempo para encontrar boas soluções para o problema. A fim de reduzir este tempo de exploração, a inicialização aleatória da população foi substituída por uma mais otimizada. No entanto, como a metade da população ainda é gerada aleatoriamente, o risco da abordagem gulosa influenciar as soluções é baixa. Quatro variações do procedimento de inicialização da população foram testados, como mostrado na figura 2.

No primeiro caso (rotulado **A** no gráfico), a inicialização é puramente aleatória. No segundo caso (rotulado **A+Gu**), a solução gulosa foi inserida na população inicial. No terceiro caso (rotulado **A+GuM**), a população inicial é metade aleatória e metade gerada pela versão modificada do algoritmo guloso 1, descrito na seção 4. Finalmente, no último caso (rotulado **A+Gu+GuM**), as três variações anteriores são combinadas.

É importante destacar que foram executadas cinco replicações do AG com diferentes sementes de inicialização. Esta quantidade de repetições foi considerada suficiente pois a variação dos resultados para cada experimento é baixa e, além disso, o custo computacional desses experimentos é alto. Os gráficos da figura 2 mostram a média da *fitness* dos melhores indivíduos para cada uma das cinco repetições, e seus respectivos desvios

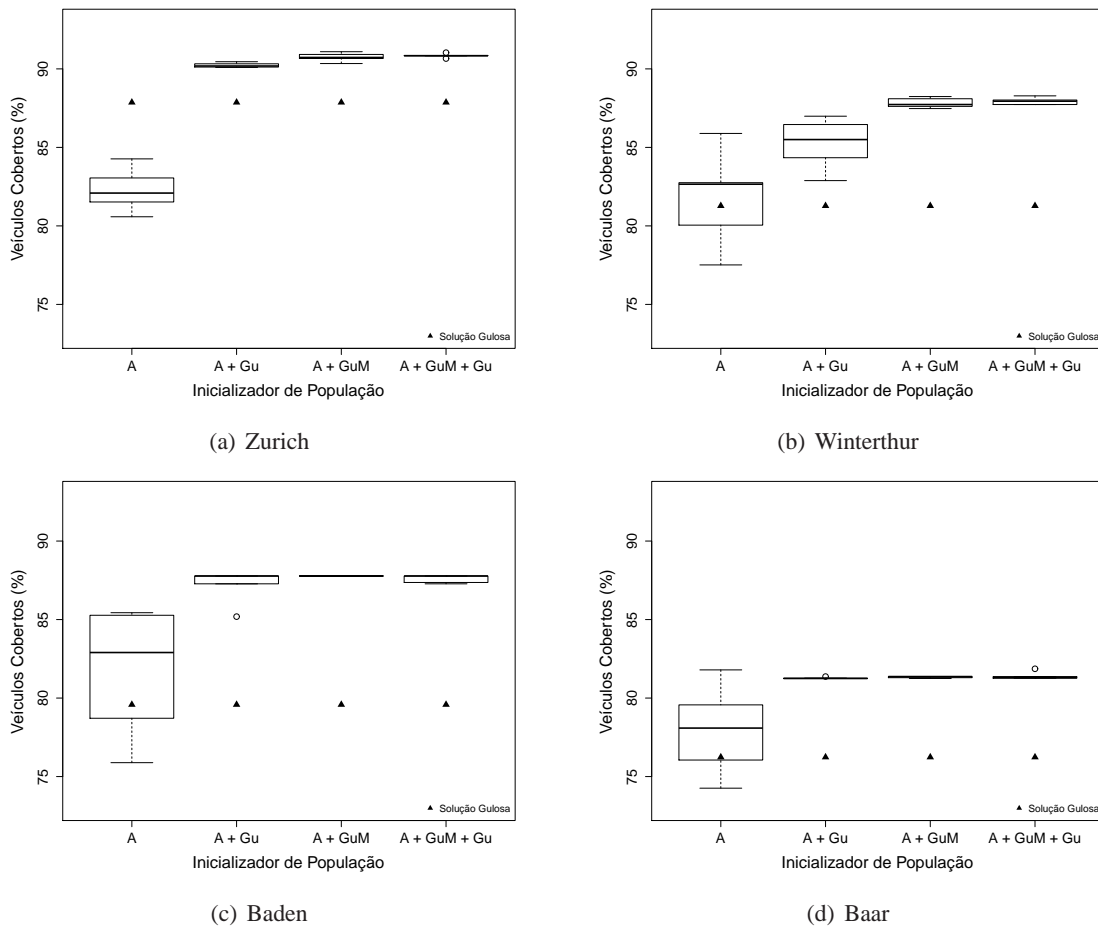


Figura 2: Inicialização de população por cenários: **A** é utilizado para população aleatória, **Gu** para população que contém a solução gulosa e **GuM** para população que contém as soluções geradas pela versão modificada do algoritmo guloso.

padrão. Complementando a figura 2, a tabela 3 mostra os valores associados com a porcentagem da cobertura dos veículos dos quatro cenários, e compara os resultados obtidos com a abordagem gulosa.

A figura 2 mostra que a inicialização da população aleatória (A) apresenta os maiores desvios padrões entre todas as abordagens. Além disso, uma análise da evolução do AG e da *fitness* média dos indivíduos nas últimas gerações mostram que ainda há muita diversidade. Como demonstrado pelos resultados (tabela 3), as soluções são melhoradas quando utilizamos a abordagem otimizada com a inicialização baseada numa solução gulosa.

Para o cenário de Zurique, os melhores resultados obtidos pelo AG ocorrem quando a população é inicializada usando qualquer abordagem, menos a aleatória (A+Gu, A+GuM e A+Gu+GuM não são diferentes estatisticamente). Neste caso, o A+GuM atinge 90,46% de cobertura, enquanto o guloso obtém 87,86%. Este resultado é estatisticamente inferior em comparação ao obtido pelo AG de acordo com o *t*-teste pareado, com confiança de 99%. O único método de inicialização da população estatisticamente pior que a abordagem gulosa é o aleatório. Note que o conjunto de dados de Zurique apresenta a maior área (83 interseções) e o tráfego mais denso (70.537) entre os quatro cenários considerados, isso o torna o mais difícil de resolver e destaca a escalabilidade de nossa abordagem.

Tabela 3: Resultados obtidos por diferentes abordagens de inicialização da população

Cenário	Algoritmo	Inicialização da população				Ganho
		A	A+Gu	A+GuM	A+GuM+Gu	
Zurich	Melhor AG Guloso (%)	84,2688	90,4566	91,0947	91,0333 87,8667	3,1666
Winterthur	Melhor AG Guloso (%)	85,8889	86,9863	88,2383	88,2825 81,2785	7,0040
Baden	Melhor AG Guloso (%)	85,4367	87,7751	87,7751	87,7751 79,5822	8,1929
Baar	Melhor AG Guloso (%)	81,7943	81,3690	81,3690	81,8651 76,2353	5,6298

Ao analisar os demais resultados identificamos que todas as abordagens de inicialização apresentam resultados melhores do que os obtidos pela abordagem gulosa. Isso ocorre pelas características dos cenários, como o menor número de interseções e o tráfego leve. No entanto, a inicialização que possui parte da sua população inicial gerada a partir do algoritmo guloso apresenta os melhores resultados, quando comparados com os demais.

Os melhores resultados obtidos para cada cenário são apresentados em negrito na tabela 3. Note que nós melhoramos a cobertura em 3, 7, 8 e 11 pontos percentuais para os cenários de Zurique, Winterthur, Baden e Baar, respectivamente. Em suma, considerando a inicialização que utiliza o algoritmo guloso podemos melhorar significativamente os resultados obtidos pelo AG.

5.2. Variações no número de PDs

Nesta seção apresentamos uma análise na variação do número de PDs. Nos cenários anteriores eram utilizados apenas 30% do número de cruzamentos. Aqui variamos esse número de 5 a 25 em intervalos de 5 unidades. A figura 3 e a tabela 4 sintetizam os resultados.

Tabela 4: Resultados de cobertura para a variação no número de PDs

Cenário	Algoritmo	<i>k</i>				
		5	10	15	20	25
Zurich	Melhor AG Guloso (%)	40,0753 30,7887	59,9603 56,1232	73,3779 68,2419	83,9360 80,1635	91,0947 87,8667
Winterthur	Melhor AG Guloso (%)	57,8436 40,8602	81,2564 74,6870	91,4052 85,9847	96,6784 93,6441	98,0704 95,9051
Baden	Melhor AG Guloso (%)	67,9849 50,8339	85,4367 74,5272	94,4464 92,5808	98,7620 98,0227	99,3982 99,2779
Baar	Melhor AG Guloso (%)	48,6533 43,1045	72,3167 62,9101	83,8295 78,0275	92,5375 88,7404	96,9421 93,7019

Como esperado, com o aumento do número de PDs, o percentual de áreas cobertas também aumenta. Note-se que, em todos os gráficos, o R+GuM sempre obtém melhores resultados que a busca gulosa. Para o conjunto de Zurique, em particular, quando o número máximo de PDs é implantado, não há alteração em relação ao cenário apresentado na seção anterior (o número máximo de PDs implantados não muda). No entanto, para os outros três conjuntos de dados, o número de sensores foi aumentado consideravelmente. Para Winterthur, onde 43 interseções estão disponíveis, 25 PDs correspondem a cerca de 60% das interseções cobertas. Neste caso, o número de veículos cobertos aumentou de 88,28% para 98,1%. Para Baden, a abrangência é ainda maior, 65% das interseções possuem PDs, e

o número de veículos cobertos foi para 99,4%. Finalmente, para Baar, 55% das interseções foram equipadas com sensores, levando a 96,7% de cobertura.

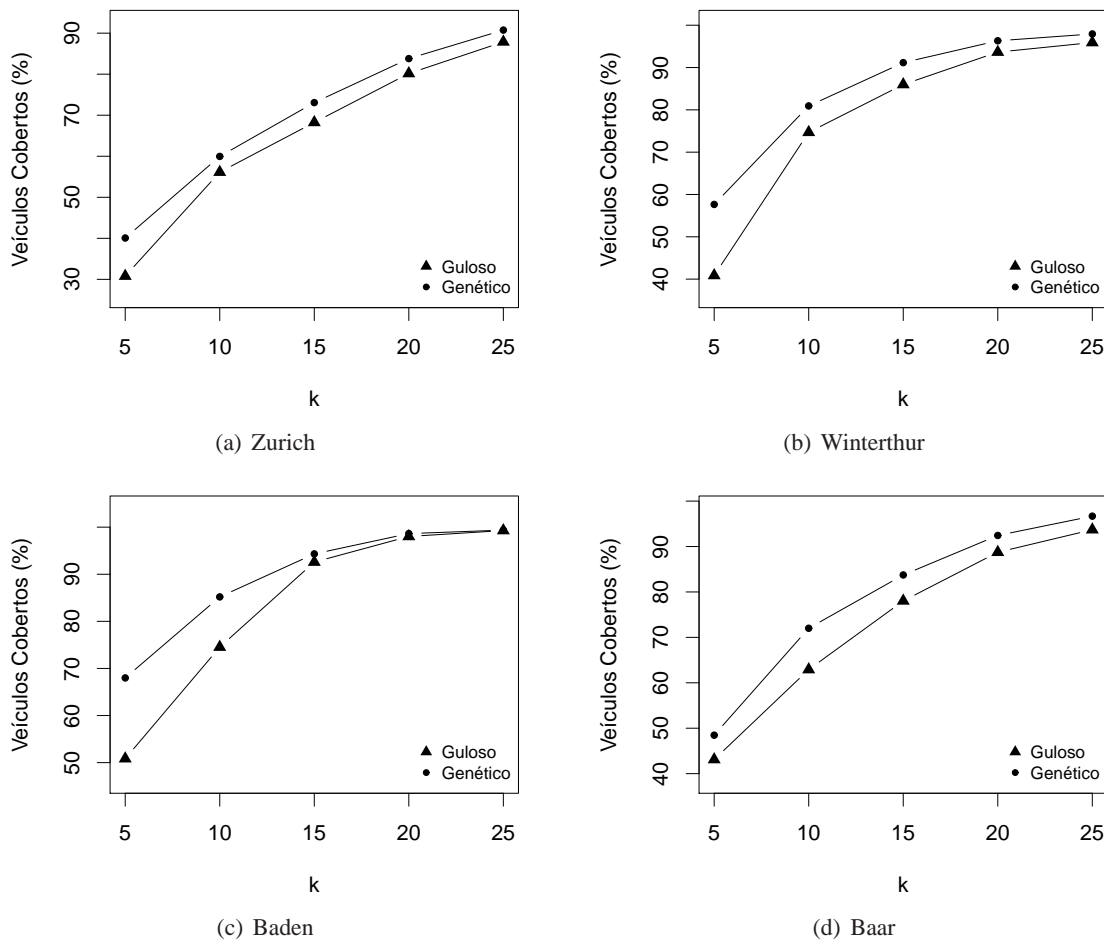


Figura 3: Variações do número de RSUs para cada cenário.

Entre os resultados apresentados, Baar apresenta a cobertura de veículos mais baixa, embora 55% das suas interseções disponham de um PD. Isto pode ser explicado pelas características deste cenário, que possui tráfego leve. Observando os gráficos da figura 4 e os dados da tabela 4, nota-se que o percentual de veículos que circulam é altamente correlacionado com as densidades das regiões. Como esperado, é mais fácil cobrir veículos em regiões mais densas do que com tráfegos leves. Assim, atingir o máximo de cobertura em Zurique é mais fácil do que fazer o mesmo em Baar, embora a área de Zurique seja maior. Observando a figura 4(b), Baar tem muitos veículos concentrados em algumas estradas, enquanto esta distribuição é mais suave no cenário de Zurique (figura 4(b)).

6. Conclusão e trabalhos futuros

Este trabalho apresentou uma abordagem baseada em AG para o problema de posicionamento de PDs em Vanets. PDs são componentes fundamentais para ajudar a disseminação de informações em Vanets. Dentre as aplicações dessas redes, destacamos o sistema de gestão inteligente de tráfego para indicar zonas de pedágio urbanos ou facilitar os estudos sobre a quantidade de veículos diária em determinadas regiões.

O problema de deposição de PDs foi modelado utilizando uma variação do problema de cobertura de conjunto, PMCLT. Um AG foi proposto para o problema, e seu procedi-

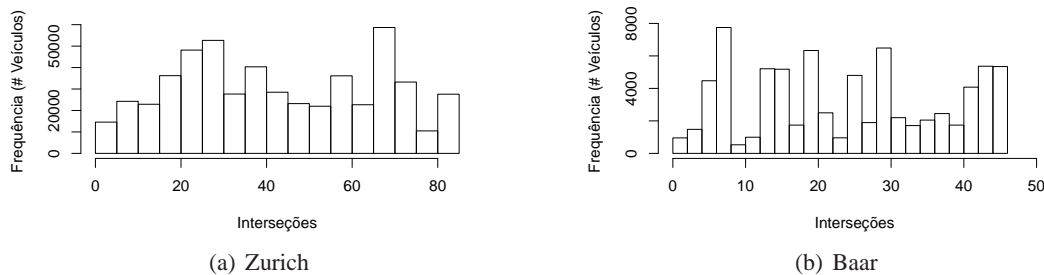


Figura 4: Frequência de veículos que passaram pelos cenários de interseção de Zurich (4(a)) e Baar (4(b))

mento de inicialização foi melhorado com dados provenientes de uma busca gulosa. Nós mostramos que, tomando vantagem da pesquisa global, encontramos posições de PDs que levam a uma melhor cobertura de veículos do que os obtidos pela abordagem gulosa. Os resultados mostraram que o AG obtido teve ganhos de até 11 pontos percentuais.

Como trabalho futuro, pretendemos personalizar o algoritmo genético para esta aplicação particular, propondo novos operadores ou funções multi-objetivos. Além disso, faz-se necessário utilizar outras soluções propostas na literatura para comparar com os resultados obtidos. Pretende-se também testar cenários diferentes, em que o número de PDs desejados, podem ser minimizados. Outro aspecto interessante a ser estudado é o paralelismo da solução, aumentando o desempenho do algoritmo. Em adicional, desejamos aplicar o AG para cenários maiores, como a cidade de São Paulo.

Referências

- Habib, S. e Safar, M.** (2007), Sensitivity study of sensors' coverage within wireless sensor networks, in 'Proceedings of 16th International Conference on Computer Communications and Networks', pp. 876–881.
- Hartenstein, H. e Laberteaux, K. P.** (2008), 'A tutorial survey on vehicular ad hoc networks', *IEEE Communications Magazine* **46**(6), 164–171.
- Huang, C.-F. e Tseng, Y.-C.** (2003), The coverage problem in a wireless sensor network, in 'Proceedings of the 2nd ACM international conference on Wireless sensor networks and applications', WSNA '03, ACM, New York, NY, USA, pp. 115–121.
- Jia, J., Chen, J., Chang, G.-R. e Wen, Y.-Y.** (2008), 'Efficient cover set selection in wireless sensor networks', *Acta Automatica Sinica* **34**(9), 1157–1162.
- Kchiche, A. e Kamoun, F.** (2009), Access-points deployment for vehicular networks based on group centrality, in '3rd International Conference on New Technologies, Mobility and Security', Cairo, Egypt, pp. 207–2012.
- Kchiche, A. e Kamoun, F.** (2010), Centrality-based access-points deployment for vehicular networks, in '17th International Conference on Telecommunications (ICT)', IEEE, pp. 700–706.
- Li, F. e Wang, Y.** (2007), 'Routing in vehicular ad hoc networks: A survey', *IEEE Vehicular Technology Magazine* **2**(2), 12–22.

- Li, X.-Y., Wan, P.-J. e Frieder, O.** (2003), 'Coverage in wireless ad hoc sensor networks', *IEEE Transactions on Computers* **52**(6), 753–763.
- Lochert, C., Scheuermann, B., Wewetzer, C., Luebke, A. e Mauve, M.** (2008), Data aggregation and roadside unit placement for a vanet traffic information system, in '5th ACM International Workshop on Vehicular Inter-NETworking', San Francisco, California, USA.
- Macedo, D. F., de Oliveira, S., Teixeira, F. A., Aquino, A. L. L. e Oliveira, R. R.** (2012), (CIA)²-ITS: Interconnecting mobile and ubiquitous devices for intelligent transportation systems, in 'IEEE Pervasive Computing and Communication', Lugano, Switzerland.
- Meguerdichian, S., Koushanfar, F., Potkonjak, M. e Srivastava, M.** (2001), Coverage problems in wireless ad-hoc sensor networks, in 'Proceedings of Twentieth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies', Vol. 3 of *INFOCOM 2001*, IEEE, pp. 1380–1387.
- Mitchell, M.** (1998), *An Introduction to Genetic Algorithms*, MIT Press, Cambridge, MA, USA.
- Nagel, K.** (2012), 'Eth zurich traces', On line: <http://www.lst.inf.ethz.ch/research/ad-hoc/car-traces>.
- Naumov, V., Baumann, R. e Gross, T.** (2006), An evaluation of inter-vehicle ad hoc networks based on realistic vehicular traces, in '7th ACM international symposium on Mobile ad hoc networking and computing', Florence, Italy.
- Rosi, U., Hyder, C. e hoon Kim, T.** (2008), A novel approach for infrastructure deployment for vanet, in 'Second International Conference on Future Generation Communication and Networking', Vol. 1 of *FGCN '08*, pp. 234–238.
- Sou, S. L.** (2010), 'A power-saving model for roadside unit deployment in vehicular networks', *IEEE Communications Letters* **14**(7), 623–625.
- Toor, Y., Muhlethaler, P. e Laouiti, A.** (2008), 'Vehicle ad hoc networks: applications and related technical issues', *IEEE Communications Surveys & Tutorials* **10**(3), 74–88.
- Trullols, O., Fiore, M., Casetti, C., Chiasserini, C. e Ordinas, J. B.** (2010), 'Planning roadside infrastructure for information dissemination in intelligent transportation systems', *Computer Communications* **33**(4), 432 – 442.
- Yousefi, S., Mousavi, M. e Fathy, M.** (2006), Vehicular ad hoc networks (VANETs): Challenges and perspectives, in '6th International Conference on ITS Telecommunications Proceedings', Chengdu, China, pp. 761–766.