

## **SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ALGORITMOS PARA RECOMENDAÇÃO DE ROTAS EM CENTROS URBANOS**

**WILLIAM D. DE SOUZA<sup>1</sup>; THAINAN B. REMBOSKI<sup>2</sup>; CARLA S. G. PIRES<sup>3</sup>;  
MARILTON S. DE AGUIAR<sup>4</sup>; PAULO R. FERREIRA JR.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [wddsouza@inf.ufpel.edu.br](mailto:wddsouza@inf.ufpel.edu.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [tbremboski@inf.ufpel.edu.br](mailto:tbremboski@inf.ufpel.edu.br)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [cpires@inf.ufpel.edu.br](mailto:cpires@inf.ufpel.edu.br)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – [marilton@inf.ufpel.edu.br](mailto:marilton@inf.ufpel.edu.br)

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas – [paulo@inf.ufpel.edu.br](mailto:paulo@inf.ufpel.edu.br)

### **1. INTRODUÇÃO**

De acordo com MACIEL (2009), a venda de veículos pessoais novos aumentou consideravelmente nos últimos anos, grande parte disto, é decorrente da pouca eficiência do transporte público no Brasil, contribuindo significativamente para o aumento de tráfego nas vias urbanas. Consequentemente surgem outros transtornos, tais como congestionamentos, falta de segurança, improdutividade, atrasos e danos ao meio-ambiente (VIEIRA; CALDAS; SALGADO, 2011).

O tempo médio de resposta de veículos de emergência aos usuários é de extrema importância, pois a demora no atendimento pode significar a vida ou a morte de uma pessoa. Com o aumento do tráfego, esse tempo de resposta pode vir a ser muito alto em horários de maior movimentação. Para evitar tais atrasos, é necessário conhecer rotas alternativas que desviem destes engarrafamentos.

Existem atualmente, Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) que se mostram como alternativas para diminuição dos congestionamentos e melhoria da mobilidade nas cidades. Porém, tais sistemas fazem uso de informações estáticas sobre o trânsito, não levando em consideração acontecimentos dinâmicos como congestionamentos esporádicos, acidentes ou alagamentos (LIMA; MAGALHÃES; TITO; SANTOS; RISTAR; SANTOS; VIEIRA; SALGADO, 2012).

A ideia deste trabalho é simular e avaliar diversos algoritmos baseados em técnicas de Inteligência Artificial para recomendação de rotas, levando em consideração a situação atual do trânsito.

Este trabalho está sendo realizado no contexto do Projeto PRONEX – RSSOC (Rede Estadual de Simulação Social) em desenvolvimento no grupo de pesquisa, cujo escopo de aplicação estão condutores de veículos de emergência. Logo, a partir destas avaliações, pretende-se descobrir ou propor um algoritmo mais apropriado a ser aplicado no contexto dos veículos de emergência, tais como as ambulâncias, na intenção de auxiliar na diminuição do tempo de resposta destes veículos.

### **2. METODOLOGIA**

Para a realização das simulações foi criada uma ferramenta que faz uso de um ambiente de simulação de Sistemas Multiagente (SMA) chamado NetLogo. SMA é uma subárea da Inteligência Artificial, que se interessa pelo estudo de agentes autônomos em um universo Multiagente. O objetivo de um SMA é garantir que agentes, interagindo entre si, sejam capazes de solucionar um determinado problema que fora apresentado ao sistema (ALVARES; SICHMAN, 1997).

Existem basicamente 2 (dois) tipos de SMA, os cognitivos e os reativos. Em SMA cognitivos, há a representação explícita do ambiente e dos outros agentes, ou seja, cada agente conhece todo o ambiente em que está, assim como

todos os outros agentes que estão neste mesmo ambiente. Já em SMA reativos, todo o conhecimento é implícito, um agente só conhece os outros agentes a partir de interações diretas com eles, e todo comportamento é baseado em fatores que ele percebe a cada instante, sem manter um histórico de outras ações. Neste trabalho, devido a natureza do sistema de tráfego, foram abordados os SMA reativos, uma vez que os veículos em trânsito desconhecem os outros veículos que estão fora do seu alcance de visão.

O NetLogo é um ambiente de simulação e de desenvolvimento de Sistemas Multiagente, que permite modelar e programar ambientes a partir de uma linguagem própria (TISUE; WILENSKY, 2004). Utilizando o conceito de agentes (*turtles*) e atuando sobre um grid (*patches*) de agentes estacionários é possível gerar mundos extremamente complexos.

No estágio atual deste trabalho, foram desenvolvidos dois algoritmos para cálculo de rotas em um cenário urbano hipotético (o cenário será apresentado na Seção seguinte). O primeiro algoritmo desenvolvido foi o A\*, que é um algoritmo de busca em árvores, que procura diminuir o custo de encontrar a melhor rota através de uma heurística pré-definida que leva em consideração o custo de percorrer a rota na posição corrente acrescido ao custo da rota que ainda resta para chegar à posição final (RUSSELL; NORVIG, 1995).

O segundo método desenvolvido, é uma variação do primeiro, adicionando ao custo da heurística o conceito de feromônio, que é resultado da aplicação da Inteligência de Enxames (*Swarm Intelligence*), mais especificamente, de uma versão simplificada da técnica de Otimização por Colônia de Formigas (*Ant Colony Optimization*).

A Otimização por Colônia de Formigas se baseia no comportamento de formigas reais em busca de alimento, onde cada formiga que caminha por uma trilha deposita nessa uma quantidade de feromônio, com isso, as próximas formigas seguirão pelo caminho com uma probabilidade proporcional à quantidade de feromônio presente nesse caminho e, assim, reforçando o feromônio atual com o seu próprio depositado (MULATI; CONSTANTINO; DA SILVA, 2013).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ambiente desenvolvido até o momento simula uma pequena área urbana, hipotético, contendo 9 (nove) ruas verticais e 9 (nove) ruas horizontais, com 2 (duas) avenidas centrais, uma horizontal e outra vertical, conforme pode ser observado na Figura 1.

Na geração do cenário, as intersecções entre as ruas possuem uma probabilidade arbitrária (neste trabalho correspondendo 66,6%) de possuírem um semáforo, com exceção dos cruzamentos das avenidas que possuem semáforo sempre.

O ambiente permite a parametrização da quantidade de carros, que andam aleatoriamente pelas ruas, decidindo seu trajeto a cada momento em que encontra um cruzamento. Estes carros, depositam uma quantidade arbitrária de feromônios (também parametrizável), representadas pela coloração da via com um tom alaranjado, e com o passar do tempo essa quantidade de feromônios se esvai até chegar a 0 (zero), descolorindo novamente a via. Estas taxas de depósito ou evaporação de feromônios também são parametrizáveis na ferramenta.

Além destes carros, há outros 2 (dois) carros, considerados “inteligentes”, que executam os algoritmos de recomendação de rotas. Eles iniciam e terminam

seu trajeto em pontos fixos, porém um carro calcula sua rota utilizando o primeiro algoritmo ( $A^*$  sem o uso dos feromônios) e outro calcula utilizando o segundo método ( $A^*$  com feromônios). A simulação possui um tempo pré-definido de duração, neste período os carros “inteligentes” percorrem a rota calculada e no momento em que chegam ao seu destino o agente é morto e criado um novo no ponto de partida.

Até o momento, foi verificado que na maioria dos casos utilizando o segundo algoritmo desenvolvido ( $A^*$  com feromônios), o tempo médio para percorrer a rota nas vias é menor que o tempo médio utilizando o primeiro algoritmo ( $A^*$ ). Por esse motivo, o veículo que calcula rotas com o  $A^*$ +feromônios executa mais viagens durante a execução total da simulação.

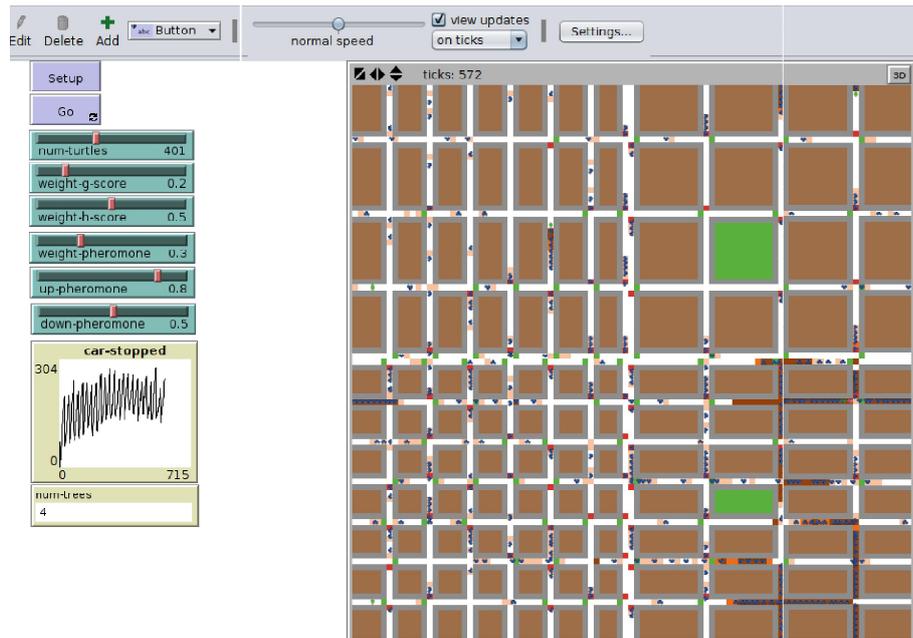


Figura 1. Representação do ambiente simulado na ferramenta NetLogo.

Ainda, foram criadas situações artificiais de engarrafamento, com ocorrências de acidentes onde uma árvore cai no meio da rua, bloqueando o trajeto e impedindo a movimentação dos veículos. Nestas situações, são gerados engarrafamentos, pois os carros não têm a opção de retornar pela rua, visto que várias destas vias são de mão única. Os carros que possuem movimentação não-determinística têm a opção de decidir novamente por qual caminho seguir se demorar muito tempo em uma esquina sem poder continuar pelo caminho inicialmente determinado.

#### 4. CONCLUSÕES

Este trabalho ainda está em fase de desenvolvimento, onde é esperado, em momentos futuros, a implementação de novos algoritmos além dos citados para cálculos de rotas, assim como o aprimoramento do ambiente para uma maior proximidade da realidade. Em paralelo a este trabalho, há outros dois que pertencem ao mesmo Projeto em desenvolvimento no grupo de pesquisa. Um deles visa a implementação de um aplicativo para dispositivos móveis, que monitore o deslocamento dos veículos e que, ao ser solicitado, permita auxiliar aos veículos de emergência recomendando rotas com menor tráfego,

aumentando a eficácia do atendimento. O outro trabalho busca o desenvolvimento de novos algoritmos de recomendação de rotas, utilizando Sistemas de Informação Inteligentes.

Assim, é esperada a descoberta de um algoritmo eficiente capaz de ajudar não apenas os veículos de emergência, como a todos os motoristas e, portanto, diminuir significativamente o nível de tráfego das ruas urbanas.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERGS (PRONEX, processo nr. 10/0049-7) pelo auxílio em forma de bolsa.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, L.O.; SICHMAN, J. Introdução aos Sistemas Multiagente. In: **Jornada de Atualização em Informática**, 16.; CONGRESSO DA SBC, 17., Brasília, 1997. Anais... Brasília: SBC, 1997. p.1-38.

LIMA, V. G. de; MAGALHÃES, F. M. R.; TITO, A. O.; SANTOS, R. A. dos; RISTAR, A. R. R.; SANTOS, L. M. dos; VIEIRA, V.; SALGADO, A. C. UbibusRoute: Usando Informações Contextuais de Redes Sociais para Sugestão de Rotas de Ônibus. In: **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia – IX Workshop de Trabalhos de Iniciação Científica (WTIC)**. São Paulo: [s.n.], 2012;

MACIEL, V.F. Problemas e desafios do transporte público urbano. **Jornal Mundo Jovem**. Porto Alegre, ed.402, p.20, 2009.

MULATI, M.H.; CONSTANTINO, A.A.; DA SILVA, A.F. Otimização por Colônia de Formigas. In: LOPES, H. S.; RODRIGUES, L. C. A.; STEINER, M. T. A. **Meta-Heurísticas em Pesquisa Operacional**. Curitiba: Omnipax, 2013. Cap. 4, p.53-68.

RUSSELL, S.J.; NORVIG, P. Informed Search Methods. In: RUSSELL, S.J.; NORVIG, P. **Artificial Intelligence A Modern Approach**. New Jersey: Prentice Hall, 1995, Cap.4, p.92-121.

TISUE, S.; WILENSKY, U. NetLogo: Design and implementation of a multi-agent modeling environment. **Proceedings of the Agent 2004 Conference on Social Dynamics: Interaction, Reflexivity and Emergence**. Chicago, 2004.

VIEIRA, V.; CALDAS, L.; SALGADO, A.; Towards an Ubiquitous and Context Sensitive Public Transportation System. In: **4th International Conference on Ubi-Media Computing (U-MEDIA)**, 2011, 4, São Paulo, 2011. Anais... [S.l.: s.n], 2011. p.174 – 179.