

# Desenvolvimento de um Sistema Livre para Simulação de Tráfego Baseada em Modelos Microscópicos\*

Gustavo K. Andriotti, Ana L.C. Bazzan, Paulo R. Ferreira Junior, Filipe Lopes, Denise de Oliveira, Thiago M. Papageorgiou, Bruno Castro da Silva†

<sup>1</sup>Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Caixa Postal 15064 – 90501-970 Porto Alegre, RS

{fgka,bazzan,prferreira,j,filipe,edenise,tmpapageorgiou,bcs}@inf.ufrgs.br

**Abstract.** *This paper describes a tool for traffic simulation – both urban and highway – which is based on a microscopic simulation model. The project is under development and is licensed as free software. Moreover, it is the basis for a driver information system and will be freely available for traffic engineers and urban planning experts.*

**Resumo.** *Este artigo descreve uma ferramenta para simulação de tráfego – urbano e em autoestradas – baseado em modelo microscópico de movimentação. O projeto está sendo desenvolvido com base em software livre e é a base de um sistema de informação para motoristas. Além disso, será disponibilizado livremente para usuários da área de engenharia de tráfego e de planejamento urbano.*

## 1. Introdução

Problemas relacionados ao trânsito são uma constante nas grandes cidades do mundo inteiro e tendem a agravar-se com o crescente aumento da demanda por mobilidade. As ações adotadas para minimizar o problema visam a melhoria da malha viária através da construção de novas vias ou da otimização do fluxo de tráfego na malha existente. Esta última opção, além de economicamente mais viável, também é a alternativa preferida por sociedades nas quais o fator meio-ambiente é uma questão chave.

Os sistemas computacionais que atualmente tentam resolver problemas de tráfego são, em geral, isolados, podendo ser considerados “caixas-pretas” devido à inacessibilidade ao seu código fonte. Isso inviabiliza modificações, extensões e a integração com outros sistemas de logística e planejamento urbano. Além disso, outra questão relevante é a do custo destes sistemas, geralmente na ordem de milhares de dólares. Estes problemas se tornam ainda mais críticos no momento em que passamos a considerar a utilização destes softwares em universidades e órgãos públicos voltados para as áreas de circulação e transportes, como secretarias municipais de transporte, órgãos de planejamento urbano e de engenharia de tráfego.

Por todos esses motivos, decidiu-se desenvolver um simulador de tráfego dentro do projeto SISCOT (Sistema Integrado de Simulação, Controle e Otimização de Tráfego, iniciado em 1999), através do qual se busca atacar a falta de ferramentas livres e fornecer alternativas economicamente viáveis aos softwares comerciais disponíveis, como o Paramics, EMME2, VISIM e Dracula.

Além de resolver o problema do custo, o desenvolvimento baseado em software livre permite que o simulador possa ser modificado pelos integrantes das equipes de pesquisa que compõe

---

\*Projeto parcialmente apoiado pelo CNPq

† Autores parcialmente apoiados pelo CNPq

o projeto: físicos, como fornecedores do modelo de movimentação dos veículos; cientistas da computação, como fornecedores dos modelos de motoristas e desenvolvedores da ferramenta; e engenheiros de tráfego, como usuários desta.

O presente projeto objetiva, em resumo, a construção de um software para simulação e otimização de tráfego urbano e em auto-estradas que seja livre e de código aberto.

## 2. Simulação de Tráfego

O simulador desenvolvido no projeto é baseado em um modelo microscópico de movimentação física<sup>1</sup>. Este tipo de modelo leva em consideração veículos individualmente e é relativamente mais complexo que um modelo macroscópico. Uma exceção é o modelo de Nagel-Schreckenberg [Nagel and Schreckenberg, 1992], baseado em um autômato celular, o qual divide um trecho qualquer de uma via em partes elementares de comprimento fixo (células) e executa simulações em passos discretos de tempo (iterações). Neste modelo, cada veículo possui uma velocidade  $v$  e se movimenta de acordo com relações bastante simples, envolvendo principalmente a sua velocidade e a posição relativa entre os carros ( $gap$ ). O modelo utilizado no SISCOT é baseado no autômato de Nagel-Schreckenberg, mas inclui algumas extensões ao modelo original, as quais são detalhadas em [Bazzan et al., 1999, Andriotti and Bazzan, 2002].

As quatro regras principais que guiam a movimentação física de cada veículo, neste modelo microscópico, são:

1. aceleração: incrementa  $v$  de uma unidade, caso  $v$  seja menor que  $gap$ ;
2. interação: decrementa  $v$  de um unidade caso o veículo vizinho esteja muito próximo;
3. randomização: decrementa  $v$  de uma unidade com probabilidade  $p$ ;
4. movimentação: atualiza a posição de cada veículo, fazendo-o avançar  $v$  células.

Com estas regras é possível simular situações clássicas como acidentes e outras perturbações sobre a via, bem como o que atualmente é conhecida como a causa mais freqüente de congestionamentos que surgem sem um motivo aparente: o fato de que, seguindo-se uma desaceleração randômica (alguém que observa a paisagem, telefona ao volante, etc.), ocorre uma reação em cadeia de desacelerações, cada uma mais forte que a que a causou, de modo que em pouco tempo se forma um congestionamento de grandes proporções.

## 3. Descrição do Projeto

No projeto do sistema estão previstos os seguintes módulos:

- aquisição de dados
- simulação microscópica
- visualização

### 3.1. Aquisição de dados

O módulo de aquisição e manutenção de dados se baseia em uma interface gráfica acessada via *web*, a qual interage com um banco de dados remoto. Este banco de dados armazena informações relativas à topologia das malhas viárias, dados dos semáforos e informações dinâmicas, como contagens de fluxo de veículos. As tecnologias envolvidas são todas baseadas em software livre: PHP e servidores Apache e Postgres rodando em máquinas Linux com Debian.

---

<sup>1</sup>A escolha de um modelo microscópico se justifica devido a sua eficiência computacional, indispensável devido à necessidade de se produzir uma predição do estado das vias em um horizonte de tempo da ordem de 15 a 30 minutos

Os dados utilizados para a tarefa de gerência de tráfego urbano provêm de diversas fontes (ex: EPTC/SMT), e atualmente são coletados de forma *offline*. Entre estes dados incluem-se informações a respeito da sinalização, volume de tráfego e dados topológicos.

Adicionalmente às funcionalidades básicas da interface e do banco de dados, estão sendo desenvolvidas ferramentas para geração de estatísticas e geração automatizada de dados para os demais módulos, assim como algoritmos de sumarização de dados.

### 3.2. Módulo de simulação

Este módulo é implementado em C++ e é o responsável por gerar os dados relativos à simulação de determinada malha viária. As informações a respeito da topologia são oriundas do banco de dados, e a saída pode assumir vários formatos, dependendo da necessidade do usuário. Entre estes formatos, os mais usados são o mapa de células e taxa de ocupação por via.

O modelo utilizado no módulo de simulação é uma extensão do autômato de Nagel-Schreckenberg, na qual a tomada de decisão dos motoristas ocorre em duas etapas. A movimentação dos carros na malha viária é função tanto da decisão do respectivo motorista quanto das limitações e restrições do veículo e do cenário sendo simulado.

Foram implementados vários mecanismos de ajuste do funcionamento da topologia, tais como *sources* e *sinks* (elementos que inserem e removem carros da simulação, de acordo com taxas constantes ou variáveis), semáforos, etc. Além disso, o simulador prevê o funcionamento de vários tipos de sensores, que são elementos passivos cuja função é coletar certos tipos de dados da simulação. Estes dados podem ser analisados *offline* ou utilizados para realimentar o simulador de forma a otimizar o tráfego, como poderá ser visto na seção 4.

### 3.3. Visualização

Este módulo ainda está em fase de implementação. A visualização dos resultados pode se ocorrer tanto em modo gráfico quanto em modo textual, e pode ser disponibilizada via *web* (visualização simplificada) ou localmente (visualização detalhada).

O visualizador gráfico disponibilizado via *web* foi implementado em Java e apresenta os dados de forma 2D, tanto em escala de veículo quanto em nível estatístico (macroscópico). O visualizador local, por sua vez, foi desenvolvido em C/C++ e utiliza a biblioteca gráfica OpenGL. Desta maneira, visualizações bem mais realistas e detalhadas são possíveis, as quais incluem a possibilidade de navegação 3D na topologia.

## 4. Cenário testado

Um exemplo da utilização do SISCOT é apresentado em [Oliveira et al., 2004], e corresponde a uma tentativa de reduzir os congestionamentos através da sincronização de semáforos em uma abordagem baseada em insetos sociais. Ao tratar cada semáforo como um inseto submetido a estímulos, é possível evitar a necessidade de um controle de tráfego centralizado e estático, possibilitando com que a escolha de planos semaforicos ocorra de forma automática e auto-ajustável.

O cenário utilizado foi um trecho da rede viária de Porto Alegre (vide figura 1), sendo que foram simulados os fluxos de veículos na via principal e nas secundárias em diferentes situações: sem nenhuma sincronização entre os semáforos; com coordenação fixa; e com a abordagem inspirada nos insetos sociais. Os resultados mostraram que a abordagem inspirada em insetos sociais é mais flexível e que os semáforos se adaptam ao fluxo corrente selecionando o plano semaforico mais apropriado. Desta forma, é possível reduzir a densidade e os congestionamentos na via principal de forma automática e descentralizada.

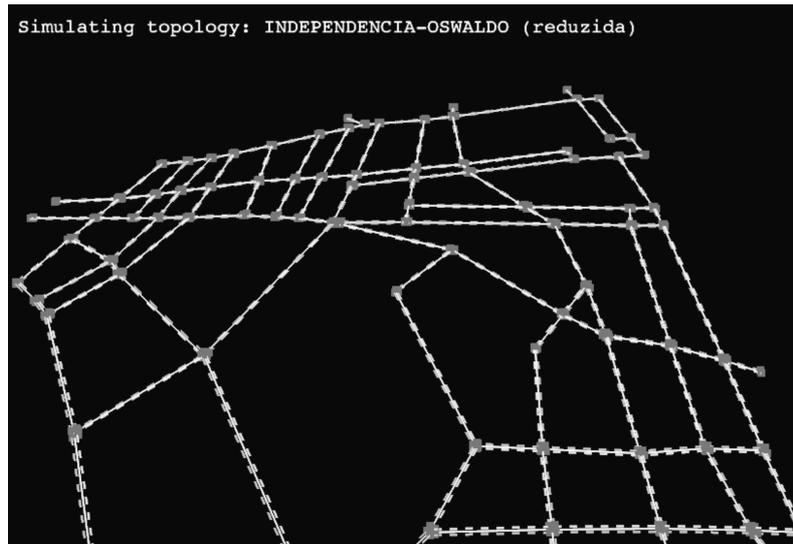


Figura 1: Visualização 3D de uma simulação de tráfego

## 5. Conclusões

Do ponto de vista prático, o principal resultado obtido com o projeto foi a implementação de um protótipo para análise, simulação e controle do tráfego para a cidade de Porto Alegre. Este protótipo foi licenciado pela GNU/GPL, constituindo uma alternativa livre e gratuita aos softwares proprietários que atualmente dominam o mercado. Além disso, o SISCOT permite o rompimento da dependência tecnológica e o não comprometimento de recursos financeiros na compra de softwares comerciais. Isso é especialmente importante tendo em vista que o SISCOT poderá ser usado por órgãos governamentais de planejamento e de pesquisa, diretamente em benefício da população.

Espera-se que, a partir dos resultados obtidos, seja possível alcançar uma melhora no gerenciamento de semáforos e no planejamento e otimização de tráfego. Adicionalmente, deverá ser oferecido um serviço de divulgação via internet ou rádio das condições do trânsito, o que terá impacto sócio-econômico direto para motoristas e usuários em geral do transporte urbano na cidade. Com isso, será possível diminuir o tempo de viagens e atrasos, e conseqüentemente melhorar a qualidade de vida da população.

## Referências

- Andriotti, G. K. and Bazzan, A. L. C. (2002). An object-oriented microscopic traffic simulator. In *Proceedings of the XXVIII Latin-American Conference on Informatics (CLEI 2002)*, Montevideo, Uruguay.
- Bazzan, A. L. C., Wahle, J., and Klügl, F. (1999). Agents in traffic modelling – from reactive to social behaviour. In *Advances in Artificial Intelligence*, number 1701 in LNAI, Berlin/Heidelberg. Springer. Also appeared as Proc. of the U.K. Special Interest Group on Multi-Agent Systems (UKMAS), Bristol, UK.
- Nagel, K. and Schreckenberg, M. (1992). A cellular automaton model for freeway traffic. *J. Phys. I France*, 2:2221.
- Oliveira, D., Ferreira, P., and Bazzan, A. (2004). Reducing traffic jams with a swarm-based approach for selection of signal plans. In *Proceedings of Fourth International Workshop on Ant Colony Optimization and Swarm Intelligence - ANTS 2004.*, Bruxelas, Bélgica.