

Gerenciamento de semáforos e Dispersão de Poluentes utilizando o simulador SUMO: Estudo de caso do Centro de Rio Grande/RS

Míriam Blank Born¹, Diana F. Adamatti¹, Marilton Sanchotene de Aguiar², Weslen Schiavon de Souza²

¹Centro de Ciências Computacionais (C3) – Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

Campus Carreiros, Av. Itália km 8 – Rio Grande – RS – Brazil

²Programa de Pós-Graduação em Computação (PPGC) – Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

Campus Porto, Rua Gomes Carneiro 1, 96010-610 – Pelotas – RS - Brazil

{miriamborn,dianaada}@gmail.com, {marilton,wsdsouza}@inf.ufpel.edu.br

Abstract. *This work presents a proposal based on agents to apply Genetic Algorithms (GA) for the optimal control of traffic lights in vehicular traffic in the city of Rio Grande / RS, as well as an analysis of the dispersion of pollutants in this scenario using the urban mobility simulator, called SUMO (Simulation of Urban Mobility).*

Resumo. *Este trabalho apresenta uma proposta, com abordagem baseada em agentes, de aplicação dos Algoritmos Genéticos (AG) para o controle otimizado de semáforos no tráfego de veículos na cidade de Rio Grande/RS, bem como uma análise da dispersão de poluentes, utilizando o simulador de mobilidade urbana SUMO (Simulation of Urban Mobility).*

1. Introdução

Atualmente, o aumento da frota de veículos nos grandes centros urbanos cresce a cada ano, causando problemas de tráfego para motoristas, pedestres e para o meio ambiente.

Segundo o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) estima-se um crescimento de aproximadamente 140% em 20 anos desta frota [DENATRAN 2014]. Neste contexto, o gerenciamento de semáforos torna-se imprescindível, sendo que os controladores de semáforos convencionais mudam de forma constante, o sistema calcula o tempo de ciclo com base na carga média de tráfego, desconsiderando a dinâmica natural do mesmo, agravando problemas de congestionamento e contribuindo para a dispersão de poluentes na atmosfera. Desta forma, o monitoramento e controle de tráfego e da dispersão de poluentes torna-se um desafio para as autoridades de transporte no mundo todo [AHMAD, *et al.* 2009].

Neste trabalho, foi utilizado como base o artigo de Ahmad, *et al.* (2009), no qual é proposto um controle otimizado de semáforo utilizando Algoritmos Genéticos (AGs) em quatro vias, uma junção e uma travessia de pedestre. Os Algoritmos Genéticos foram introduzidos neste contexto de controle de trânsito com intuito de fornecer uma resposta inteligente de intervalo verde (tempo em que os semáforos permanecem no estado verde) baseado em dados de carga de tráfego dinâmico, buscando superar os

diversos problemas dos controles convencionais de tráfego de veículos [AHMAD, *et al.* 2009].

A proposta deste artigo será desenvolver um algoritmo genético a partir da ideia de Ahmad, et al. (2009) que simule, primeiramente, duas junções hipotéticas de trânsito, requisito mínimo para os cenários de testes; e, logo após 10 (dez) junções do centro da cidade de Rio Grande/RS, onde o tráfego de veículos é intenso, buscando com este conjunto de semáforos uma aproximação da realidade de tráfego nesta região, visando a redução da emissão de poluentes. A ferramenta SUMO será utilizada para o desenvolvimento destas simulações, e também para análise da dispersão de poluentes nesta área específica. Desta forma, o principal objetivo deste trabalho é encontrar, a partir de Algoritmos Genéticos, a melhor configuração de semáforos para o estudo de caso proposto, onde tem-se a redução da poluição.

O trabalho encontra-se em andamento e no presente momento está sendo desenvolvido o algoritmo genético e a integração dos dados de simulação do SUMO, para os possíveis cenários de simulações e análises.

O presente artigo foi estruturado nas seguintes seções: A seção 2 descreve as vantagens da aplicação dos AGs; posteriormente, na seção 3 são apresentadas algumas características do simulador SUMO e da Dispersão de Poluentes utilizada pela mesmo; e na seção 4 é descrita a proposta desenvolvida neste artigo. Na seção 5 estão as considerações finais do artigo.

2. Algoritmos Genéticos

Os Algoritmos Genéticos foram fundamentados por John Henry Holland e inspirados na Teoria da Evolução de Charles Darwin (1809-1882) os quais representam técnicas de busca baseadas nesta teoria. Nos AGs as variáveis de determinado problema são representadas como genes em um cromossomo, também pode ser denominado indivíduo [GUIMARÃES, RAMALHO 2012].

Dentre algumas características dos AGs, enquanto paradigmas da Computação Evolutiva pode-se destacar:

- Apresentam resultados satisfatórios com relação à precisão e recursos empregados, podem ser implantados em computadores domésticos, para diversos problemas de difícil solução;
- São bastante flexíveis e permitem fácil hibridização com diversas técnicas não relacionadas à Computação Evolutiva, sendo o paradigma mais utilizado e mais completo nesta área;
- Exigem menor conhecimento do problema específico para seu funcionamento, se comparados com outros paradigmas da Computação Evolutiva, estas características os tornam versáteis.

3. SUMO e Dispersão de Poluentes

O SUMO (*Simulation of Urban MObility*) é um simulador microscópico de trânsito, que foi desenvolvido em 2001 pelo Centro Aeroespacial Alemão (DLR), com o intuito de

auxiliar a comunidade de pesquisa de tráfego com uma ferramenta onde algoritmos pudessem ser implementados e avaliados, sem a necessidade de obter um tráfego completo de simulação.

Possui código aberto, é portátil e projetado para simular modelagens de redes rodoviárias de grande e pequeno porte, onde cada veículo pode ser considerado um agente, aos quais buscam minimizar a dispersão de poluentes a partir da organização dos semáforos. Por estas razões o simulador foi escolhido para o desenvolvimento deste trabalho [SUMO 2012].

Dentre as principais características de SUMO destacam-se: possui todas as aplicações necessárias para simular uma rede de tráfego; diferentes tipos de veículos com movimentos em espaço contínuo e tempo discreto; ruas com múltiplas faixas e mudança de faixa; interface gráfica para os usuários; e interoperabilidade com demais aplicações em tempo de execução.

O simulador possui em sua configuração definições tais como: fundo de ambiente, ruas, nodos, veículos, entre outros. A partir das definições de veículos com relação às cores destes, é possível selecionar como definição para a simulação, por exemplo, emissões de CO₂, CO, NO_x e outros [BEHRISCH, *et. al.* 2011]. Desta forma, os veículos mudam as cores, nas quais pode-se caracterizar como emissão de poluentes para simular uma determinada rede de estradas, no caso deste trabalho uma parte do centro da cidade de Rio Grande e medir qual a emissão de poluentes de determinado número de veículos em um tempo específico.

Por padrão, o SUMO é capaz de simular as emissões de poluentes veiculares com base no banco de dados da HBEFA (*Handbook Emission Factors for Road Transport*). Este órgão fornece fatores de emissão de poluentes para todas as categorias de veículos. Os poluentes escolhidos para serem implementados neste simulador são: CO₂, CO, HC, NO_x, PM_x e Consumo de combustível [HBEFA 2008]. A Figura 1 representa a tela inicial do simulador SUMO e os poluentes inseridos na ferramenta.

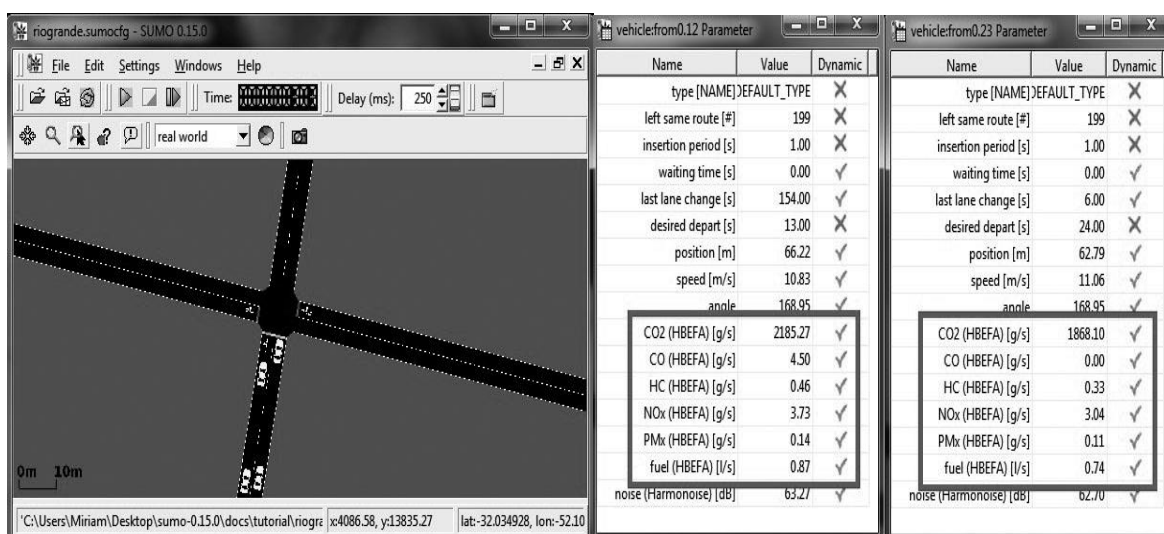


Figura 1. Representação de junção com semáforo e poluentes no SUMO

4. Proposta

A proposta do presente artigo, tomando como base o trabalho Ahmad et al. (2009), propõe estender a aplicação do algoritmo, em um primeiro momento, para duas junções de tráfego, como apresentado na Figura 2, e posteriormente para os demais semáforos do centro da cidade de Rio Grande/RS. Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se o modelo do algoritmo do trabalho referenciado, sendo que a linguagem definida para a implementação foi *Java*, visto que dentre as suas diversas características, a independência de plataforma e a portabilidade são requisitos interessantes no auxílio do problema em questão.

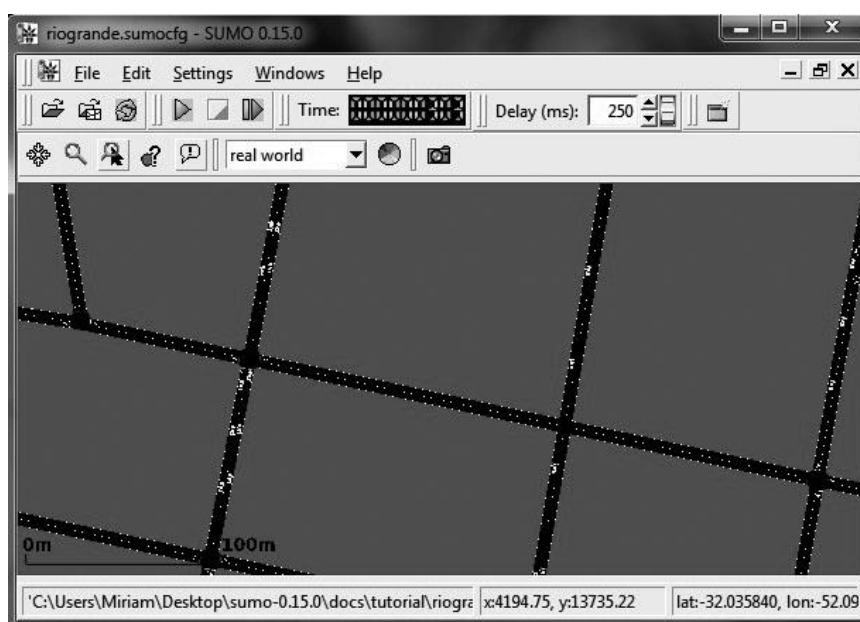


Figura 2. Modelagem no SUMO de parte das ruas do centro de Rio Grande

A Figura 5 apresenta o fluxograma da proposta deste trabalho. Todo o fluxo é dividido em três etapas principais: i) geração do dados no SUMO e implementação do Algoritmo Genético; ii) simulações; e, iii) análise de resultados.

A primeira etapa, *geração de dados no SUMO e implementação do Algoritmo Genético*, subdivide-se em quatro blocos:

- **Gerar simulação no SUMO:** a partir do mapa da cidade de Rio Grande/RS, gerada através da ferramenta *OpenStreetMap* na linguagem XML (*Extensible Markup Language*), com ambiente previamente configurado de tempos dos semáforos é realizada a execução das simulações.

A Figura 3 representa parte do arquivo, gerado pela simulação no SUMO com configuração para duzentos (veículos) e cem (100) interações, os valores de cada um dos poluentes definidos pela ferramenta a cada passo de tempo. Este arquivo portanto, é a entrada do Algoritmo Genético desenvolvido para este trabalho.

```

<timestep time="1.00">
  <vehicle id="from0.0" eclass="HBEFA2/P_7_7" CO2="601.69" CO="6.37" H
  <vehicle id="from1.0" eclass="HBEFA2/P_7_7" CO2="601.69" CO="6.37" H
</timestep>
<timestep time="2.00">
  <vehicle id="from0.0" eclass="HBEFA2/P_7_7" CO2="1308.18" CO="15.55"
  <vehicle id="from1.0" eclass="HBEFA2/P_7_7" CO2="1131.40" CO="12.37"

```

Figura 3. Arquivo de saída com a geração das emissões de poluentes

- **Capturar os tempos de semáforos no SUMO:** os tempos de semáforos no simulador SUMO podem ser capturados através da TraCI (*Traffic Control Interface*) ou por detectores distribuídos nas pistas de simulação. A aplicação TraCI fornece métodos que permitem aos desenvolvedores capturar dados e intervir na simulação em tempo de execução. A comunicação é realizada pelo protocolo TCP/IP em uma porta configurada no ambiente de simulação. O simulador apresenta três tipos de detectores, sendo cada um destes para ações específicas no contexto da simulação. Neste caso, como serão utilizados semáforos, os detectores são criados para acessar os mesmos ao longo da área específica.
- **Configurar os tempos de semáforos no AG:** com a leitura do arquivo contendo os dados dos tempos de semáforos da simulação gerada, configura-se no AG estes tempos.
- **Realizar operação do AG e escolher os indivíduos com melhor *fitness*:** a partir do arquivo de dados, com os tempos de semáforos, realiza-se as operações de seleção e mutação e assim escolhe-se os melhores indivíduos, ou seja, aqueles que têm o valor de *fitness* (função de avaliação do AG) considerado aceitável para este caso.

A Figura 4 representa o diagrama de classes do Algoritmo Genético desenvolvido, bem como posteriormente, a sua descrição.

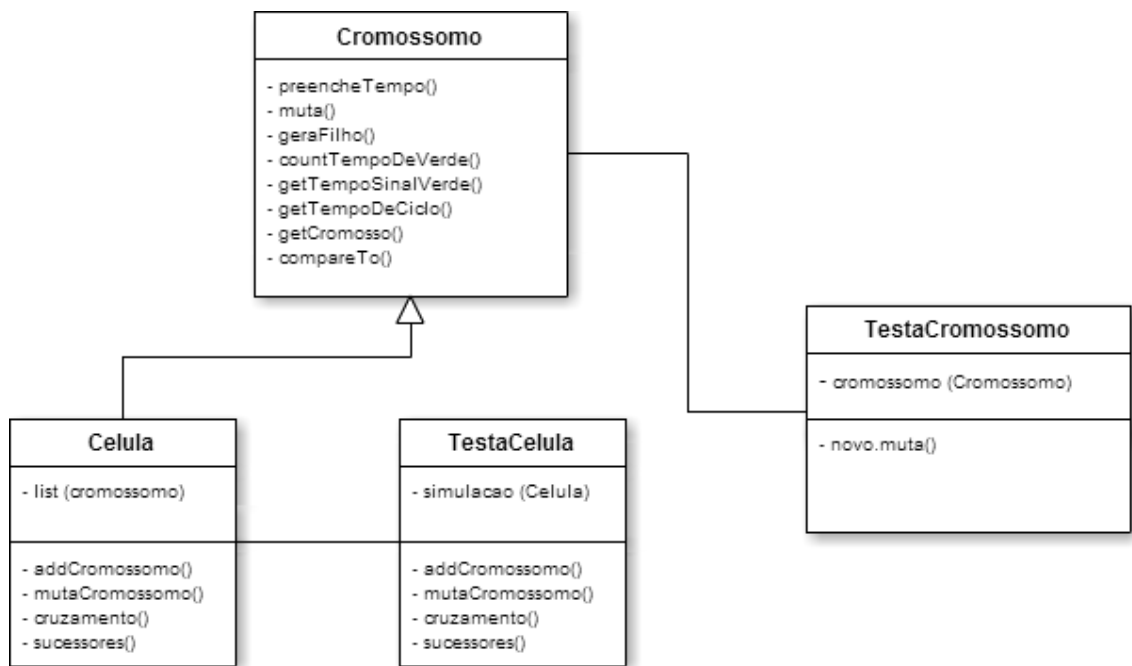


Figura 4. Diagrama de classes do AG

Cada um dos semáforos é representado pela *Classe Cromossomo*, onde o tempo de transição entre o sinal vermelho e verde é mapeado em um vetor binário de n posições, cada posição neste vetor representa um segundo, sendo que o número de 1's nesse vetor representa o tempo de sinal verde no semáforo, estes números são distribuídos de forma aleatória dentro do vetor para um melhor resultado do algoritmo de cruzamento.

O cruzamento dos cromossomos é realizado através de *crossover* metade do vetor de cada um dos pais gera o filho, originando desta forma quatro novos filhos para cada um destes cruzamentos, por exemplo os pais AB e CD gerariam os filhos AC, BD, AD e BC, após gerar todos os possíveis filhos, um percentual destes é escolhido para que possa ser aplicado o algoritmo de mutação que funciona da seguinte forma: é escolhido aleatoriamente uma posição de cada um dos cromossomos e o valor desta posição será invertido, ou seja, se for 0 (zero) passará a ser 1 (um) e se for 1 (um) será transformado em 0 (zero).

Após todos os filhos terem sido gerados e o algoritmo de mutação aplicado é realizada uma classificação dos filhos buscando sempre os que tiverem o melhor valor para o semáforo associado com o menor valor de poluição possível para este caso.

A etapa de Simulações, consiste em três blocos descritos como seguem:

- **Arquivo de entrada com os melhores indivíduos:** arquivo gerado a partir das simulações realizadas com o SUMO, considerando os indivíduos que obtiveram melhor valor de *fitness*, neste caso menor índice de poluição.

- **Gerar novas simulações no SUMO:** as novas simulações são geradas considerando os n ciclos a serem executados conforme especificação do Algoritmo Genético.
- **Comparar os níveis de poluição (*fitness*):** a partir dos cenários simulados será realizada uma comparação, buscando os melhores resultados nos níveis de poluição, neste caso os menores índices serão considerados os melhores, visto que o principal objetivo deste trabalho é gerenciar os tempos de semáforos de maneira a minimizar a dispersão de poluentes emitidos pelos veículos.

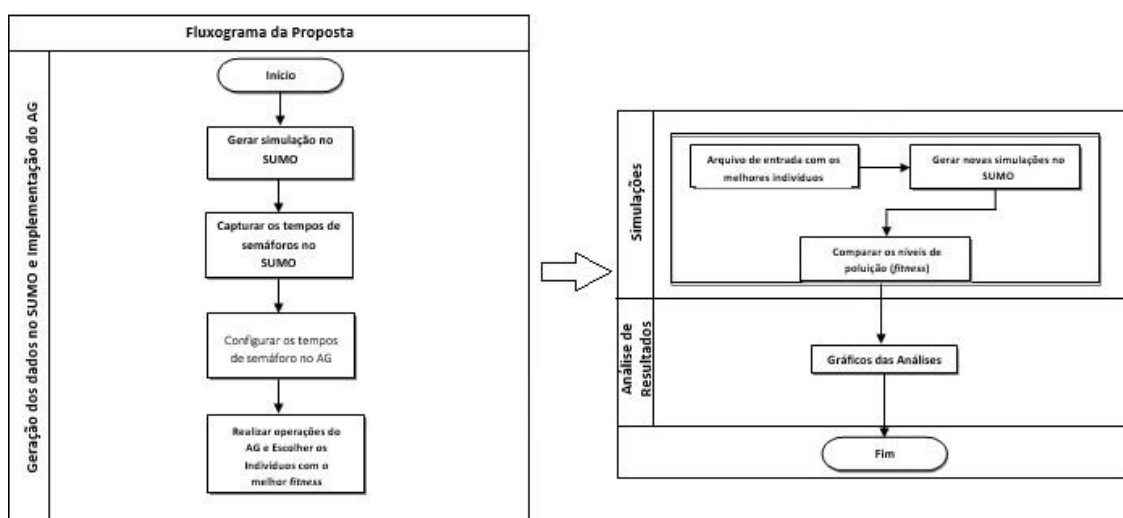


Figura 5. Fluxograma da proposta

Após a conclusão das duas primeiras etapas, Geração de dados no SUMO e implementação do Algoritmo Genético e Simulações, será realizada a etapa de Análise dos Resultados obtidos nas simulações desenvolvidas no trabalho.

A geração de relatórios e gráficos a partir dos resultados obtidos ao final das simulações propostas neste artigo, serão importantes para que possamos avaliar o grau de satisfação alcançado com a utilização dos Algoritmos Genéticos. Neste caso, a função de avaliação (*fitness*) consiste em representar o nível de poluição gerada pelos veículos na área especificada com determinada configuração dos semáforos.

5. Considerações Finais

O artigo [AHMAD, *et al.* 2009] utilizado como referência para este trabalho mostrou a comparação dos resultados das simulações realizadas com o Algoritmo Genético (modo dinâmico) e modo estático, como representado no mesmo pode-se concluir que a utilização de um AG melhora consideravelmente o tempo de espera em semáforos.

Desta forma, busca-se para este trabalho melhorar o tempo de espera, visando minimizar os efeitos da dispersão de poluentes produzidos pelos veículos no centro da cidade de Rio Grande/RS, visto seu crescimento populacional.

A proposta deste trabalho visa contribuir de forma que, pesquisadores e estudantes, a partir de abordagens baseada em agentes desenvolvam modelos de tráfego próximos do mundo real. Ou seja, estender a modelagem proposta à realidade do país ou de cada região, contribuindo para solução de controladores de tráfego e a emissão de poluentes no meio ambiente.

Referências

- Ahmad, M.S., Turky, A.M. and Yusoff, M.Z. (2009) “The Use of Genetic Algorithm for Traffic Light and Pedestrian Crossing Control”, Malaysia.
- Behrisch M.; Bieker L.; Erdmann J.; Krajzewicz D. (2011) “SUMO – Simulation of Urban MObility”, http://www.sumo.sourceforge.net/pdf/simul_2011_3_40_50150.pdf, April.
- DENATRAN – “Departamento Nacional de Trânsito” (2014), <http://denatran.gov.br>, January.
- Guimarães, F.G. and Ramalho, M.C. “Implementação de um Algoritmo Genético” (2012), <http://www.cpdee.ufmg.br/~lusoba/disciplinas/ele037/t1.pdf>, December.
- HBEFA – “Handbook Emission Factors for Road Transport” (2008), <http://www.hbefa.net/e/index.html>, December.
- SUMO – “Simulation of Urban Mobility” (2012), <http://www.sumo.sourceforge.net>, December.