

Simulação do Trânsito no Centro da Cidade do Rio Grande/RS

Josimara de Ávila Silveira, Felipe Neves da Silva, Leonardo Martins Rodrigues

¹Programa de Pós Graduação em Modelagem Computacional
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

Av. Itália, Km 8 – Campus Carreiros – 96.201-900 – Rio Grande – RS – Brazil

Abstract. *Large cities suffer with the increase of the number of vehicles on their streets. In this situation, the city traffic managers try to find solutions to avoid traffic congestion and improve traffic flow in these locals. In this work, we simulated the central area of the Rio Grande City (Rio Grande do Sul – Brazil) to assess the impact on the growing vehicles fleet in the city, mainly in the central zone. Thus, the goal is to check which streets are more affected by traffic jams and the interference level of traffic lights in the streets. We used the NetLogo software to model the simulation.*

Resumo. *É comum o aumento na quantidade de veículos nas grandes cidades. Diante disso, as secretarias municipais de trânsito tentam encontrar soluções para evitar engarrafamentos e melhorar a fluidez do trânsito nessas cidades. Neste trabalho foi simulada a zona central da cidade de Rio Grande/RS para avaliar o impacto quanto ao crescimento da frota de veículos na cidade, especialmente na zona central. Com isso, o objetivo é verificar quais ruas sofrem mais com engarrafamentos e qual o nível de interferência dos semáforos em tais ruas. Utilizou-se o software NetLogo para executar a simulação.*

1. Introdução

Com a população de Rio Grande em torno de 200 mil habitantes, a cidade enfrenta sérios problemas de trânsito. Diversos fatores explicam esses problemas, como o crescimento da população devido, principalmente, ao pólo naval presente na região, bem como pelo aumento da frota de veículos que acompanha o aumento no poder de compra da população através das facilidades nas linhas de crédito. Estatísticas apontam que em apenas três anos a frota de veículos na cidade aumentou em quase 50%, saltando de 40 para 60 mil. Com isso, a cidade alcançou a média de um automóvel para cada três habitantes [Marchioro 2012].

Na tentativa de solucionar os problemas no tráfego de veículos, a Secretaria dos Transportes promove mudanças periódicas, como alterações nos sentidos de ruas, troca de semáforos por rótulas, implantação de Zona Azul (estacionamento rotativo) nas principais ruas do centro, etc. Porém, observações indicam que tais medidas são apenas paliativas, dado que em determinados horários algumas ruas sofrem com engarrafamentos e trânsito muito lento.

NetLogo é uma linguagem de programação multiagente com um ambiente de modelagem de sistemas multiagente integrado. Esse ambiente de desenvolvimento habilita a exploração de fenômenos emergentes [NetLogo 2011].

Além disso, o *software* vem acompanhado com uma extensa biblioteca de modelos, incluindo uma variedade de domínios como: economia, biologia, física, química, psicologia, dinâmica de sistemas, ciências sociais e etc.

A utilização de agentes nesta simulação é importante, pois apresentam características que facilitam a execução da simulação. Dentre elas, podem-se destacar [WOOLDRIDGE and JENNINGS 1995]: a *autonomia* é o fato do agente atuar independentemente da interferência do usuário; a *habilidade social* indica uma interação com outros agentes ou, até mesmo, com seres humanos diante de uma linguagem de comunicação; a *reatividade* ocorre diante de mudanças no ambiente, levando o agente a modificar o seu estado atual; a *proatividade* é a capacidade do agente interagir com o ambiente de acordo com sua própria percepção; a *continuidade temporal* induz o agente a estar sempre executando algum processo, podendo ser em *foreground* ou *background*.

Tendo em vista os assuntos abordados anteriormente, o objetivo do trabalho é implementar um código na linguagem NetLogo que realiza a simulação do trânsito na zona central da cidade de Rio Grande, tomando como base duas importantes ruas: 24 de Maio e Gen. Neto. Ou seja, o trânsito da cidade será através dos cruzamentos, semáforos e ruas existentes. Dessa forma, tentar-se-á verificar as causas da lentidão nessas ruas e suas redondezas através da remoção de semáforos, simulação de horário de “pico”, etc.

A ideia para este trabalho surgiu a partir de um exemplo existente na biblioteca de modelos do *software* NetLogo. Dessa forma, encontrou-se o modelo denominado “Traffic Grid” na seção de Ciências Sociais e, então, surgiu a motivação para realizar um trabalho na mesma área, porém, atribuindo um foco específico, neste caso um exemplo do dia-a-dia de nossa cidade. É importante ressaltar que o código desenvolvido em nenhum momento utilizou partes ou funções presentes no modelo existente, sendo implementado um código totalmente novo.

Alguns trabalhos tratam dos assuntos mencionados. Dentre eles, pode-se destacar [Bazzan 2005]. Em seu artigo, a autora trata sobre problemas de coordenação dos sinais de trânsito em cruzamentos. Dessa forma, foi proposta a descentralização dos sistemas atuais através da utilização de técnicas de inteligência artificial distribuída e sistemas multiagentes. Segundo a autora, o conceito de coordenação utilizado supera algumas desvantagens com relação aos métodos atualmente utilizados.

Este artigo está estruturado da seguinte forma. Na Seção 2 o modelo Traffic Grid é apresentado. A Seção 3 apresenta o modelo proposto para a simulação. Já a Seção 4 apresenta alguns resultados obtidos através das simulações. Por fim, a Seção 5 apresenta a conclusão deste trabalho e ideias para trabalhos futuros.

2. Modelo Traffic Grid

Existe na biblioteca de modelos do NetLogo uma implementação, na área de Ciências Sociais, chamada “Traffic Grid”. Nesse modelo é possível controlar os semáforos e outras variáveis, tais como limite de velocidade e o número de automóveis no ambiente. Com isso, é possível explorar a dinâmica do tráfego, sendo interessante para diversas áreas de estudo, desde cálculo até ciências sociais.

O objetivo do modelo é fazer com que o utilizador da simulação desenvolva estratégias para melhorar o tráfego, bem como entender as diferentes maneiras de medir a

qualidade do trânsito. A interface de simulação pode ser visualizada na Figura 1.

Neste exemplo, existem alguns elementos de interface para que o usuário possa alterar características da simulação, por exemplo: os *sliders* (barras deslizantes para ajustar o valor de alguma variável) “num-cars” e “speed-limit”. No primeiro, pode-se configurar a quantidade de *turtles* (agentes) no ambiente e o segundo é possível indicar qual a velocidade máxima permitida na simulação. Outros elementos, como os *plotters* (representação gráfica dos valores) e os *monitors* (indicação numérica que indica o valor atual de alguma variável), também são observados na interface.

A Figura 1 ilustra o que acontece ao longo da simulação deste modelo.

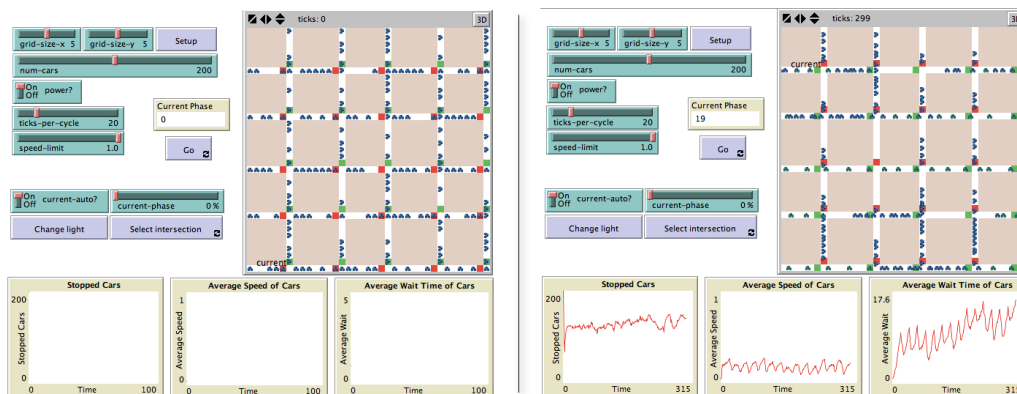


Figura 1. Acontecimentos conforme o andamento da simulação.

A ideia básica do código por trás da simulação, conforme mostra o Algoritmo 1, é a seguinte:

```

begin
  Atualizar semáforos.
  Zerar número de automóveis parados.
  for Cada veículo do
    Ajustar velocidade.
    Mover-se.
    Salvar dados.
    Ajustar cor de acordo com velocidade.
  end
  Desenhe nos plotters.
  Conte um tick no relógio.
end

```

Algoritmo 1: Pseudo-código utilizado no modelo *Traffic Grid*.

No cenário, os semáforos se alternam entre vermelho e verde fazendo com que os automóveis parem e se movam, respectivamente. Através de alterações nas variáveis existentes na interface é possível perceber a dinâmica da simulação pelas alterações no fluxo de veículos, geração de engarrafamentos e, inclusive, *deadlocks* (situação em que a simulação para pelo fato de que nenhum automóvel consegue se movimentar).

3. Modelo Proposto

O objetivo é realizar uma simulação semelhante à descrita anteriormente (Seção 2), porém, como foco em uma situação conhecida e muito discutida pela população de nossa cidade: o **trânsito** na zona central. Para isso, criou-se um ambiente que simula parte da zona central da cidade de Rio Grande, abrangendo desde a Rua Sen. Corrêa até a Rua Luiz Lorea, focando a observação nas ruas 24 de Maio e Gen. Neto. Existem duas ruas nas laterais do ambiente que apenas escoam o trânsito, pois, infelizmente, não é possível simular todo o mapa do centro da cidade devido à complexidade nas disposições das ruas. A Figura 2 mostra o mapa da região.



Figura 2. Mapa da zona central da cidade de Rio Grande (Fonte: Google Maps).

Os semáforos foram dispostos exatamente nos cruzamentos onde realmente existem. Os *patches* nas cores verdes que não são semáforos funcionam como se fossem placas de trânsito, indicando quais os sentidos que o automóvel que está em cima dele pode seguir. Por exemplo, se a cor for Verde=65.0, o veículo pode somente andar para frente; se a cor for Verde=65.1, o veículo pode seguir em frente ou dobrar a direita e assim por diante. Uma observação importante diz respeito às placas de cor 65.2 e 65.4, apesar de serem placas com os mesmos sentidos, representam situações diferentes dentro da simulação. Assim, quando a placa for da cor Verde=63.4, indica que o automóvel está em uma via de sentido único próximo a um cruzamento com uma via de sentido duplo,

mas que pode apenas seguir reto ou virar a esquerda (cruzamento da Gen. Neto com a Gen. Câmara, por exemplo). Por outro lado, quando a placa for da cor Verde=63.2, o automóvel está em uma via de sentido único próximo a um cruzamento com uma rua também de sentido único. Ou seja, em cada uma dessas situações é necessário uma rotina de programação diferente para que os veículos sejam posicionados de forma correta dentro do ambiente após decidirem pela conversão à esquerda ou seguir em frente. A Figura 3 mostra com mais detalhes essas situações.

Cor	Placa
Verde = 65.0 (ou Verde - 50 = Vermelho)	
Verde = 65.1 (ou Verde - 50 = Vermelho)	
Verde = 65.2 (ou Verde - 50 = Vermelho)	
Verde = 65.3 (ou Verde - 50 = Vermelho)	
Verde = 65.4 (ou Verde - 50 = Vermelho)	
Verde = 65.5 (ou Verde - 50 = Vermelho)	
Verde = 65.6 (ou Verde - 50 = Vermelho)	
Vermelho (Entre 15.0 - 15.6)	

Figura 3. Legendas implementadas para simular as placas do trânsito.

Algumas ruas apresentam sentido duplo e, por isso, foram simuladas através do posicionamento de “duas” ruas, uma ao lado da outra. As ruas na cor *Violeta* têm sentido para a esquerda e as ruas na cor *Laranja* têm sentido para a direita. As ruas na cor *Azul* têm sentido para cima e as ruas na cor *Rosa* têm sentido para baixo. Neste modelo, o tamanho físico real das ruas, bem como o tamanho dos veículos, não são levados em consideração. Esta simulação apresenta apenas uma aproximação da realidade.

Na interface da simulação o usuário pode definir a quantidade de automóveis presentes no ambiente através do *slider* “number-of-cars”. O botão *setup* inicializa o ambiente, traçando as ruas, posicionando os semáforos e inserindo a quantidade de veículos selecionada em locais apropriados (ruas). Existem dois monitores: um mostra a média de automóveis parados durante todo o tempo decorrido da simulação (“Média”) e o outro a quantidade de automóveis parados naquele momento da simulação (“Parados”). Foi colocado um *plotter* (“Carros”) que mostra o histórico da quantidade de automóveis parados. Como opção para o usuário, foi inserido um *switch* para possibilitar o *desligamento* dos semáforos. A Figura 4 ilustra o ambiente criado.

A ideia do código implementado é descrita no Algoritmo 2.

A cada *tick* os veículos verificam a rua que estão e verificam seu sentido para realizar o devido deslocamento. Quando o automóvel encontra uma esquina, se o *patch*



Figura 4. Zona central da cidade de Rio Grande simulada no NetLogo.

```

begin
  for Cada veículo do
    | Verifica sentido das ruas.
    | Verifica semáforos.
    | Locomover-se.
  end
  if Semáforos ligados then
    | Alterne as luzes.
  end
  Conte quantos veículos estão parados no momento.
  Desenhe no ploter.
  Conte um tick no relógio.
end

```

Algoritmo 2: Pseudo-código utilizado no modelo proposto.

for verde, ele escolhe um caminho disponível e verifica se não vai causar nenhum acidente olhando a posição para que deverá se posicionar, se existir algum automóvel lá, o *turtle* em questão pode escolher outro caminho. Caso o *patch* for vermelho, o veículo deverá permanecer parado até que a cor do *patch* seja alternada para verde. A Figura 5 mostra uma evolução da simulação.

É importante ressaltar que os agentes têm uma probabilidade um pouco maior de seguir nas ruas mais importantes da zona central. Neste caso, quando um agente está na Rua “24 de Maio” ou na Rua “Gen. Neto”, o veículo terá uma maior chance de seguir na mesma rua. Esta condição foi incluída na simulação pelo fato de ser uma situação facilmente observada em tais ruas.

4. Resultados da simulação

Nesta seção serão apresentadas algumas ponderações com relação aos resultados obtidos nas simulações realizadas.

Para efeitos de comparação, foi determinado um número máximo de *ticks* (passos de simulação) onde a evolução do modelo atinge a estabilidade na média de veículos para-

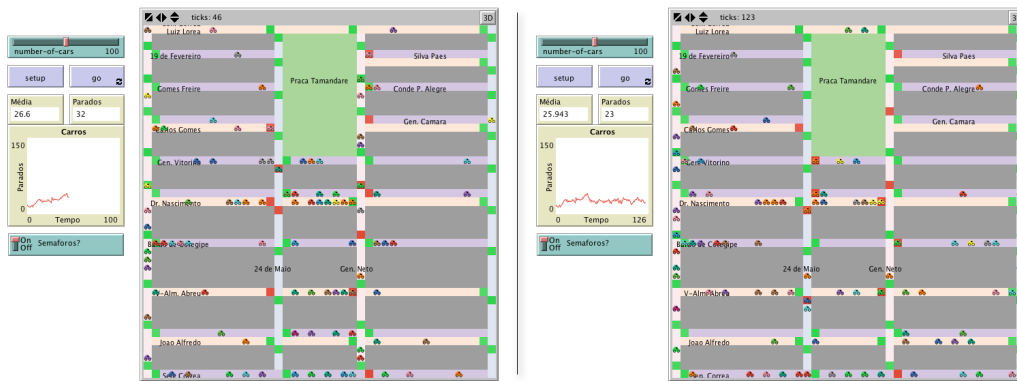


Figura 5. Acontecimentos conforme o andamento da simulação no modelo implementado.

dos, a qual foi utilizada para comparar a fluidez do trânsito em cada uma das simulações. Neste caso, optou-se por 2000 *ticks*. Desta forma, serão comparadas duas situações. Na primeira, os semáforos fazem parte do ambiente, como mostrado na Seção 2. Na segunda, os semáforos do ambiente estão desligados. A Tabela 1 mostra os valores obtidos com as simulação.

Tabela 1. Comparação da média de veículos parados nas simulações com e sem semáforo, para quantidades diferentes de automóveis.

Quantidade de automóveis	Media de automóveis parados	
	(com semáforos)	(sem semáforos)
35	4.31	0.74
75	14.42	5.76
120	43.57	29.89
180	87.31	67.76
200	102.77	82.77

Como é possível verificar, o modelo sem os semáforos apresenta melhor fluidez do trânsito do que o modelo com semáforos, em todos os testes realizados.

Baseado na média de veículos parados no modelo, era esperado que tais resultados fossem obtidos. Ou seja, no modelo onde existem semáforos, os automóveis são obrigados a ficarem parados por um determinado tempo enquanto que, no modelo sem a existência de semáforos, os veículos (agentes) têm a possibilidade de atravessar os cruzamentos sem nenhum tipo de prioridade. Neste caso, a organização do cruzamento é realizada de forma aleatória permitindo a passagem de um veículo por vez sem dar preferência a uma determinada rua.

5. Conclusão

Infelizmente, o sistema sem a presença de semáforos é inviável. Isso, pois, seria necessário que os motoristas se comportassem com o respeito e paciência dos agentes criados nesta simulação (situação ideal). Além disso, algumas situações não estão presentes nas simulações como, por exemplo, a presença de pedestres. Apesar de aumentar a fluidez do trânsito, uma cidade sem semáforos não permitiria uma boa relação entre veículos

e pedestres podendo ocasionar acidentes e maiores transtornos à gestão do trânsito. Por isso, para que os pedestres tenham sua vez com relação aos automóveis, é necessário o uso de semáforos nas cidades.

Como sugestão de trabalho futuro, pode-se melhorar o modelo adicionando pedestres com possibilidade de circulação nos cruzamentos com e sem semáforos. Dessa forma, a simulação ficará mais próxima da realidade, proporcionando uma melhor avaliação das ruas onde ocorrem engarrafamentos e acidentes.

Estudos indicam que no futuro os automóveis serão automáticos a ponto de não precisar de motoristas, funcionando como agentes autônomos que interagiriam entre si para fazer o trânsito funcionar da melhor maneira possível. Isso se aproximaria muito da modelagem realizada e vice-versa.

Referências

- Bazzan, A. L. C. (2005). A distributed approach for coordination of traffic signal agents. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 10:131–164.
- Marchioro, E. (2012). Plano de mobilidade urbana. Secretaria Municipal da Segurança, dos Transportes e do Trânsito. Prefeitura Municipal do Rio Grande. Disponível em Abril de 2012. <http://www.riogrande.rs.gov.br/pagina/index.php/conteudos-gerais/detalhes+16859,,plano-de-mobilidade-urbana.html>.
- NetLogo (2011). Netlogo home page. Disponível em Dezembro de 2011. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>.
- WOOLDRIDGE, M. and JENNINGS, N. R. (1995). *Intelligent Agents: Theory and Practice*, volume 10 of *The Knowledge Engineering Review*. 2 edition. p. 115–152.