

SISTEMA INTELIGENTE DE SEMÁFORO UTILIZANDO APRENDIZAGEM POR REFORÇO

Marcos Eduardo Treter

Acadêmico do curso de Engenharia de Controle e Automação na UFSM
marcostreter@gmail.com

Rodrigo da Silva Guerra

Professor do curso de Engenharia de Controle e Automação na UFSM
rodrigo.guerra@ufsm.br

Resumo. *Este trabalho descreve um projeto em andamento, de um sistema de semáforos inteligentes, onde o semáforo é capaz de se adaptar de acordo com o tráfego nas vias. Foi realizada a simulação de um cruzamento de duas vias com único sentido, onde se utilizará da técnica de aprendizagem por reforço para construir o algoritmo capaz de verificar quantos carros passaram pelo cruzamento e quantos ficaram nas ruas e assim definir os tempos de cada semáforo.*

Espera-se mostrar uma comparação de um sistema de semáforos com tempo pré-estabelecidos e o sistema de semáforos projetados analisando o quão eficiente pode ser o sistema projetado.

Palavras-chave: *Simulação. Trânsito. Aprendizagem de máquina.*

1. INTRODUÇÃO

Ruas e avenidas são o meio físico de circulação dos veículos de uma cidade. Normalmente, num cruzamento entre duas ou mais vias é necessário estabelecer-se alguma norma de controle de direito de passagem, a fim de se aumentar as condições de fluidez do cruzamento e reduzir os riscos de acidentes. (DENATRAN, 1984)

Atualmente um meio de tornar os cruzamentos mais seguros foi a implementação de semáforos, como ilustrado na Fig. 1.

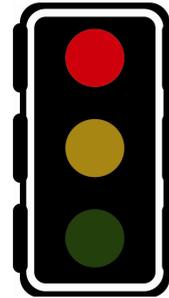


Figura 1. Semáforo

O semáforo é um dispositivo de controle de tráfego que, através de indicações luminosas transmitidas para motoristas e pedestres, administra o direito de passagem de veículos e/ou pedestres em interseções de duas ou mais vias. Compõe-se de focos luminosos afixados em grupos ao lado da via ou suspensos sobre ela, através de elementos de sustentação (postes). (DENATRAN, 1984)

O objetivo principal do semáforo veicular é autorizar/proibir o movimento de veículos de uma corrente de tráfego. Para isso, utilizam-se as cores: verde/amarelo/vermelho, respectivamente, onde o amarelo (atenção), indica uma situação intermediária entre movimento e parada. (DENATRAN, 1984)

Existem dois tipos de semáforos utilizados, um primeiro com tempo pré-definido e um segundo com variação de tempos online. O primeiro tipo, com tempo pré-definido apresenta sérias limitações em lidar com o congestionamento, um grande problema encontrado na maioria das cidades brasileiras.

Toma-se como exemplo o fato de ficar parado em um semáforo sendo que na outra via não passa nenhum veículo. Esta

ocorrência faz com que o semáforo deixe de atuar como um controlador de tráfego e atue como um intensificador de congestionamento. (COSTA et al., 2012)

Volumes maiores de veículos, que ocorrem nos horários de pico, necessitam de ciclos maiores por parte do semáforo para aumentar a capacidade de fluxo e evitar congestionamentos. Porém, fora do horário de maior volume é possível utilizar ciclos menores. (ARAÚJO, 2006)

Se o controlador não possuir tal recurso, será necessário dimensioná-lo para a pior situação de tráfego. E fora de pico o tempo de verde seria demasiadamente grande e desnecessário, podendo causar um atraso maior que aquele que se obteria caso o tempo de ciclo fosse adequado a menor demanda. (ARAÚJO, 2006)

Este trabalho investiga uma potencial solução para este problema, um sistema de semáforos inteligentes, ou seja, um sistema de semáforos que adapta-se de acordo com o fluxo de automóveis nas vias. Se o cruzamento apresenta maior fluxo em uma via o semáforo automaticamente recalcula os tempos de vermelho e verde para deixar um maior tempo de verde na faixa que possui maior tráfego.

No trabalho foi projetado um sistema de semáforos que atua em um cruzamento no qual as duas vias são de mão única, conforme ilustrado na Fig. 2.

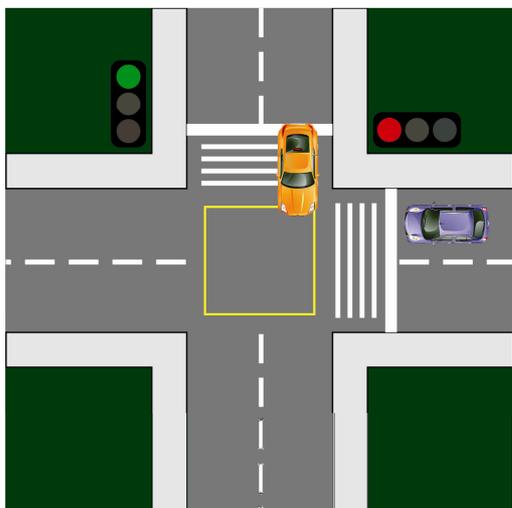


Figura 2. Cruzamento com duas vias

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A aprendizagem de máquina é um subcampo da inteligência artificial dedicado ao desenvolvimento de algoritmos e técnicas que permitam ao computador aprender, isto é, que permitam ao computador aperfeiçoar seu desempenho em alguma tarefa. (AMORIM et al., 2008)

Utilizando de aprendizagem de máquina, conhecido também como sistemas inteligentes, foi projetado o sistema de semáforos neste trabalho. Optou-se pela utilização da técnica de aprendizagem por reforço.

A aprendizagem por reforço é um paradigma computacional de aprendizagem em que um agente aprendiz procura maximizar uma medida de desempenho baseada nos reforços (recompensas ou punições) que recebe ao interagir com um ambiente desconhecido. Mais especificamente, o agente atua em um ambiente formado por um conjunto de possíveis estados, e pode escolher ações dentro de um conjunto de ações possíveis. Ele recebe um valor de reforço cada vez que executa uma ação, indicando o valor imediato da transição de estado resultante. Ao longo do tempo, isto produz uma sequência de pares estado-ação e respectivos valores de reforço. A tarefa do agente é aprender uma política de controle (sequência de ações) que maximize a soma esperada destes reforços, descontando (usualmente de modo exponencial) as recompensas ou punições proporcionalmente ao seu atraso temporal. (MONTEIRO et al., 2003)

Para a resolução do problema foi desenvolvida uma simulação do cruzamento de duas vias de único sentido conforme mostrado na Fig. 3. A simulação assim como o algoritmo foram desenvolvidos em Python que é uma linguagem de programação de alto nível, interpretada e interativa. Para visualização gráfica utilizou-se do módulo PyGame que é uma biblioteca desenvolvida para auxiliar na criação de jogos em Python.

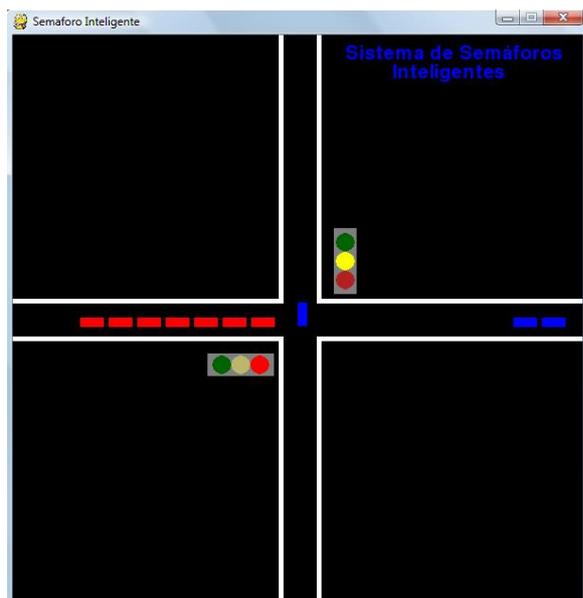


Figura 3. Simulação feita em Python

Na simulação os automóveis são inseridos nas duas ruas em intervalos estocásticos de tempo conforme uma distribuição gaussiana. A velocidade dos carros foi definida de maneira aleatória, seguindo uma distribuição uniforme numa faixa de valores máximo e mínimo. Cada carro também tem a opção de, ao passar o semáforo, continuar na mesma rua ou dobrar. Esta decisão é tomada de forma aleatória, com 50% de chance de dobrar ou não.

Os semáforos possuem tempo de amarelo pré-estabelecido. O tempo de verde adapta-se dinamicamente à situação de tráfego, respeitando um tempo mínimo e um tempo máximo pré-definidos. Já, o tempo de vermelho de uma rua é calculado pela soma do tempo de amarelo e do tempo de verde da outra rua. Portanto, em um determinado instante de tempo a exatamente duas variáveis a serem otimizadas: os tempos de verde de cada semáforo. Estes são calculados de forma online pelo algoritmo. O algoritmo verifica quantos carros conseguiram passar pelo semáforo e quantos ainda ficaram nas ruas e assim define-se uma medida de desempenho que servirá como reforço para o cálculo do tempo de verde para cada rua.

3. RESULTADOS

O trabalho está em fase de desenvolvimento.

A simulação do cruzamento foi desenvolvida em Python com o uso das técnicas de orientação a objeto, optou-se pelo uso dessa técnica para tornar o código mais lógico e melhor encapsulado, e com isso facilitar o gerenciamento.

O código da simulação conta com cinco classes: (1) semáforo, é responsável pela contagem dos tempos e de informar quando ocorre uma mudança no status do semáforo; a (2) carro, tem por função definir a velocidade de cada carro, se o mesmo vai dobrar ou não ao chegar ao cruzamento e ainda cria os carros; (3) cruzamento, adiciona os carros nas ruas, cada rua é considerada uma lista, além disso define quando os carros podem se movimentar ou devem parar de acordo com o sinal do semáforo, a classe também é responsável por diminuir a velocidade dos carros mais rápidos, impedindo que os mesmos batam nos carros mais lentos, e por último esta classe ordena as listas das ruas quando os carros dobram no cruzamento, deixando os carros nas posições corretas das listas; por fim a classe (5) desenhar, tem a função de realizar todos os desenhos na tela de simulação, esta classe não precisa ser sempre executada, então se for desejável realizar uma simulação em alta velocidade pode-se optar por não desenhar e apenas simular, assim diminuindo consideravelmente o tempo de processamento.

No algoritmo de aprendizagem por reforço foram definidos quatro estados de acordo com o tempo de cada status dos semáforos, a Tabela 1 mostra cada estado:

Tabela 1. Estados da aprendizagem por reforço

Estado	Semáforo 1	Semáforo 2
1	Verde	Vermelho
2	Amarelo	Vermelho
3	Vermelho	Verde
4	Vermelho	Amarelo

O algoritmo de aprendizagem por reforço tem por objetivo encontrar, a política ótima, ou seja, o melhor tempo em que o sinal deve ficar verde em cada semáforo.

A recompensa é determinada através da diferença entre o número de carros que passaram o sinal e o número de carros que não conseguiram passar o sinal. A maior recompensa ocorre quando todos os carros conseguem ultrapassar o sinal. Conforme Eq. (1).

$$r = p - f \quad (1)$$

onde r é a recompensa, p o número de carros que passaram o sinal e f o número de carros que não conseguiram cruzar.

A cada ciclo do semáforo o algoritmo sofre uma interação, e o sinal de reforço é calculado através de um fator de esquecimento conforme Eq. (2).

$$R = (1 - f) \cdot R + f \cdot r \quad (2)$$

onde R é a recompensa, f é o fator de esquecimento e r é dado pela equação 1 a cada instante.

Utilizando deste fator, a recompensa não depende apenas do último ciclo do semáforo, mas depende das últimas recompensas.

E através do valor da recompensa o algoritmo de aprendizagem por reforço deve incrementar, decrementar ou manter o tempo de verde em cada semáforo, resultando em 6 possíveis ações.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um sistema de semáforos inteligentes, o qual define automaticamente os tempos em que deve ficar na cor verde de acordo com o tráfego nas vias.

Como o trabalho está em desenvolvimento ao final espera-se poder analisar o desempenho das simulações entre um semáforo com tempos pré-definidos e o sistema de semáforos projetado no trabalho.

Futuramente tem-se por objetivo fazer a simulação de um cruzamento real e conseguir a parceria com o departamento de trânsito da cidade e implementar o sistema na prática.

5. REFERÊNCIAS

AMORIM, M. J. V.; BARONE, D.; MANSUR, A. U. Técnicas de Aprendizado de Máquina Aplicadas na Previsão de Evasão Acadêmica, Campo do Goytacazes-RJ e Porto Alegre-RS, Brasil. **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. 2008.

ARAÚJO, S. C. **Controlador de Tráfego: Semáforo Inteligente**. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia de Computação, Faculdade de Ciências e Tecnologia do Centro Universitário de Brasília, Distrito Federal - DF, 2006.

COSTA, G. M.; BASTOS, G. S. Semáforo Inteligente – Uma Aplicação de Aprendizagem por Reforço, Itajubá-MG, Brasil. **Congresso Brasileiro de Automática**. 2012.

DENATRAN. **Coleção Serviços de Engenharia – Manual de Semáforos**. Volume 4. Brasília. DENATRAN. 2ª Edição. 1984.

MONTEIRO, S. T.; RIBEIRO, C. H. C. Desempenho de Algoritmos de Aprendizagem por Reforço sob Condições de Ambiguidade Sensorial em Robótica Móvel, São José dos Campos- SP, Brasil. **Revista Controle & Automação**. Volume 15, nº 3. 2004.