

Avaliação da qualidade do sistema de transporte público coletivo por ônibus com uso da lógica Fuzzy



PGCC015 Inteligência Computacional
Professor: Matheus Pires
Aluno: Noberto Maciel

Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação
Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS
Feira de Santana, Brasil

O dilema do transporte público

- A melhoria do transporte público e do tráfego de veículos é um imenso desafio para as cidades de médio e grande porte no mundo inteiro;

O dilema do transporte público

- A melhoria do transporte público e do tráfego de veículos é um imenso desafio para as cidades de médio e grande porte no mundo inteiro;
- O passageiro deseja um transporte público de qualidade (rápido e confortável);

O dilema do transporte público

- A melhoria do transporte público e do tráfego de veículos é um imenso desafio para as cidades de médio e grande porte no mundo inteiro;
- O passageiro deseja um transporte público de qualidade (rápido e confortável);
- A empresa concessionária deseja descumprir o contrato com menor custo possível e maior lucro;

O dilema do transporte público

- A melhoria do transporte público e do tráfego de veículos é um imenso desafio para as cidades de médio e grande porte no mundo inteiro;
- O passageiro deseja um transporte público de qualidade (rápido e confortável);
- A empresa concessionária deseja descumprir o contrato com menor custo possível e maior lucro;
- O poder público tenta equilibrar o sistema e fazer com que a empresa cumpra o contrato.

O dilema do transporte público

- Para que tenhamos um transporte rápido o GAP de linha deve ser baixo;
- Para um GAP de linha baixo é necessário aumentar a frota ou diminuir o tempo de viagem;
- Aumentar a frota implica em aumento de custos para as empresas (investimento, manutenção, combustível, pessoal) – sem mencionando os termos contratuais;

O dilema do transporte público

- O usuário do sistema de transporte público, não tendo suas necessidades atendidas, migra para o transporte individual ou clandestino;
- Esse movimento de migração diminui o número de passageiros nos coletivos;
- As empresas continuam com o custo alto, pois precisam cumprir o contrato;
- O sistema entra em colapso.

O dilema do transporte público

- Com o sistema de transporte em colapso há algumas opções:
 - Aumentar o preço da passagem, o que diminui mais ainda o número de passageiros;

O dilema do transporte público

- Com o sistema de transporte em colapso há algumas opções:
 - Aumentar o preço da passagem, o que diminui mais ainda o número de passageiros;
 - Diminuir o número de veículos, aumentando o tempo de espera e piorando a qualidade;

O dilema do transporte público

- Com o sistema de transporte em colapso há algumas opções:
 - Aumentar o preço da passagem, o que diminui mais ainda o número de passageiros;
 - Diminuir o número de veículos, aumentando o tempo de espera e piorando a qualidade;
 - Realizar um aporte com recursos públicos que, geralmente, depende de aprovação legislativa (até quando?);

O dilema do transporte público

- Com GAP de linha alto, o número de passageiros por veículo tende a cair [1];
- Para as empresas, o lucro cai, o custo aumenta, o sistema pode entrar em colapso (custo maior que a receita);
- Para o passageiro a viagem se torna mais confortável com o ônibus vazio, porém a espera aumenta;
- As empresas deixam de cumprir o contrato que estipula a quantidade de ônibus e uma estimativa de passageiros/mês, existe o risco de rescisão contratual;

O dilema do transporte público

- É preciso levar em conta o desejo e a necessidade do passageiro.

Qualidade, tempo e valor da passagem:

- Tempo de espera baixo;
- Conforto na viagem;
- Valor baixo da passagem;
- Rotas que atendam à sua necessidade de deslocamento.

O dilema do transporte público

- Como medir a qualidade do transporte, do ponto de vista do passageiro, e manter o equilíbrio do sistema?
- Métricas de receita: Total de passageiros, passageiros equivalentes, IPK (índice de passageiros por km), IPKe (índice de passageiros por km equivalente);
- Métricas de qualidade: Tempo de espera, pesquisa de sobe e desce, ônibus por passageiros;

O que fazer a inteligência computacional pode fazer?

- O gestor do sistema de transportes precisa antecipar eventos que influenciem na qualidade e no custo do serviço (predição). Precisa avaliar constantemente a qualidade e os indicadores de custo, receita e demais indicadores urbanos;
- A inteligência computacional pode ajudar na avaliação de indicadores, na antecipação de eventos permitindo a modelagem e simulação antes de qualquer medida adotada no mundo real, tornando essas ações mais precisas e eficazes.

A proposta

- Utilizar a lógica dos conjuntos Fuzzy para avaliar a qualidade do sistema de transporte da perspectiva do passageiro utilizando indicadores estatísticos, eliminando a necessidade de realizar pesquisa de campo.

Teoria dos conjuntos Fuzzy

- Um conjunto fuzzy é definido por uma função chamada de função de pertinência. Cada função de pertinência define um conjunto fuzzy, A , do conjunto universal, U , através da atribuição de um grau de pertinência, $\mu_A(x)$, entre 0 e 1 para cada elemento x de U

Teoria dos conjuntos Fuzzy

- O conceito "fuzzy" pode ser entendido como uma situação onde não podemos responder simplesmente "Sim" ou "Não".
- Termos subjetivos e imprecisos;
 - Muito cheio, vazio, demorado, rápido, bom ruim;

Teoria dos conjuntos Fuzzy

- Diferentemente da lógica dos conjuntos Crisp, onde dizemos que um elemento pertence ou não pertence, na lógica dos conjuntos Fuzzy um elemento tem grau de pertinência;

O sistema de estimativa dos níveis de qualidade do STCU

- Utiliza a lógica Fuzzy na determinação dos conceitos abstratos de qualidade do ponto de vista do passageiro através de dados estatísticos:
 - Número de habitantes por ônibus;
 - Número de veículos por habitante;
 - Tempo de espera.

O sistema de estimativa dos níveis de qualidade do STCU

- Sistema de controle Fuzzy:
 - Função de pertinência: trapezoidal e triangular;
 - Variáveis linguísticas;
 - Partição grossa: (3 termos linguísticos, inicialmente);
 - 100 pontos de discretização.
 - Operador de implicação: MAMDANI;
 - Agregação: MAX;
 - Método de desfuzificação: Centro de Massa;

O sistema de estimativa dos níveis de qualidade do STCU

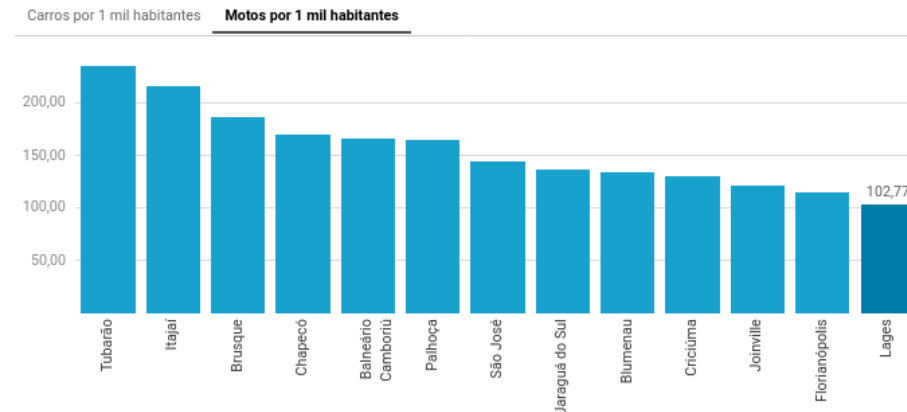
- Dados para estimativa:
 - Quantidade de veículos por habitante (mil);
 - Quantidade de habitantes por ônibus da frota;
 - Tempo médio de espera;
 - Alternativamente: tempo de viagem ou qualquer outro fator de medição de qualidade.

O sistema de estimativa dos níveis de qualidade do STCU

- Dados para estimativa:
 - Salvador/BA;
 - Curitiba/PR;
 - São Paulo/SP.

Veículos por 1 mil habitantes em SC

Nas 13 cidades com mais de 100 mil moradores

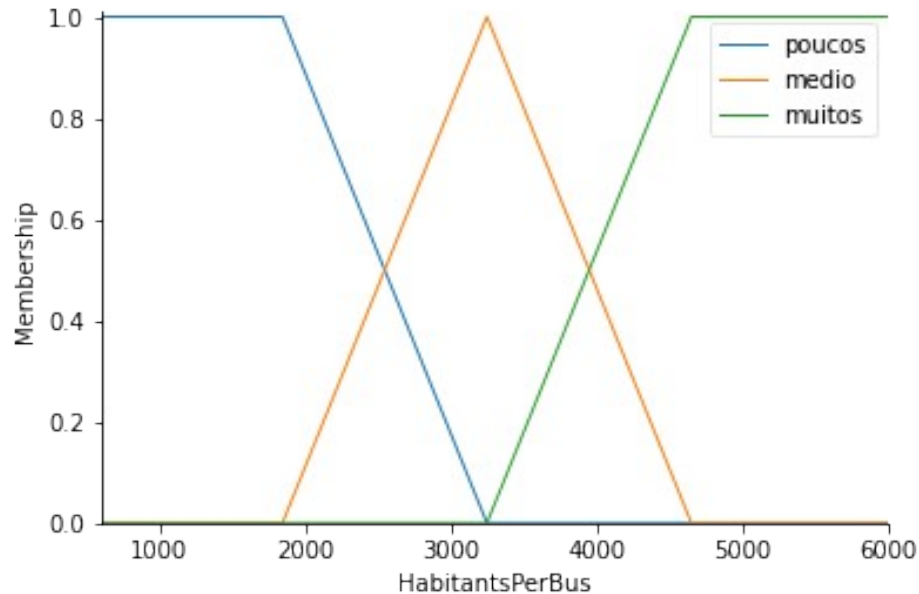


Considera automóveis, camionetas, motos e motonetas.

Fonte: Diário Catarinense com dados do Detran SC (de abril) e do IBGE (2018) • [Descarregar estes dados](#) • Criado com [Datawrapper](#)

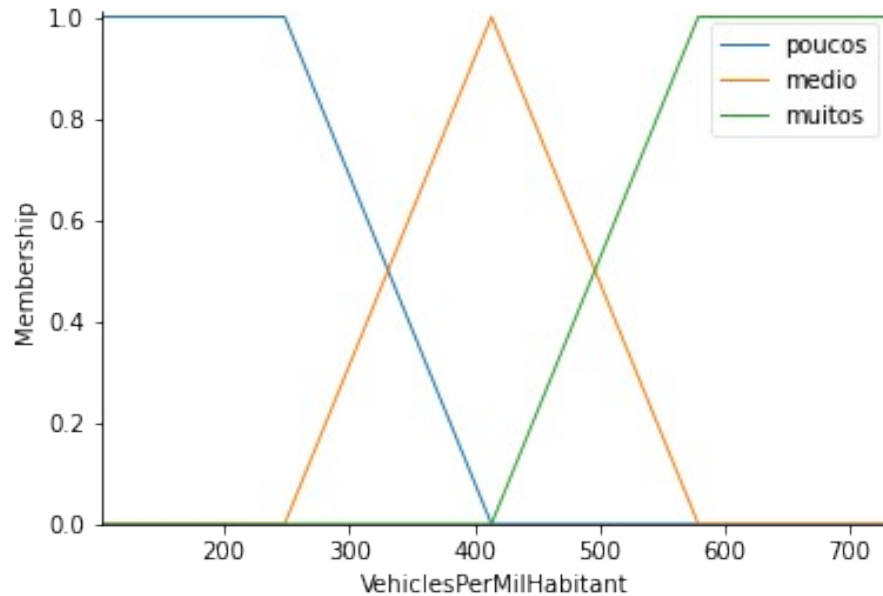
O sistema de estimativa dos níveis de qualidade do STCU

- Conjuntos Fuzzy



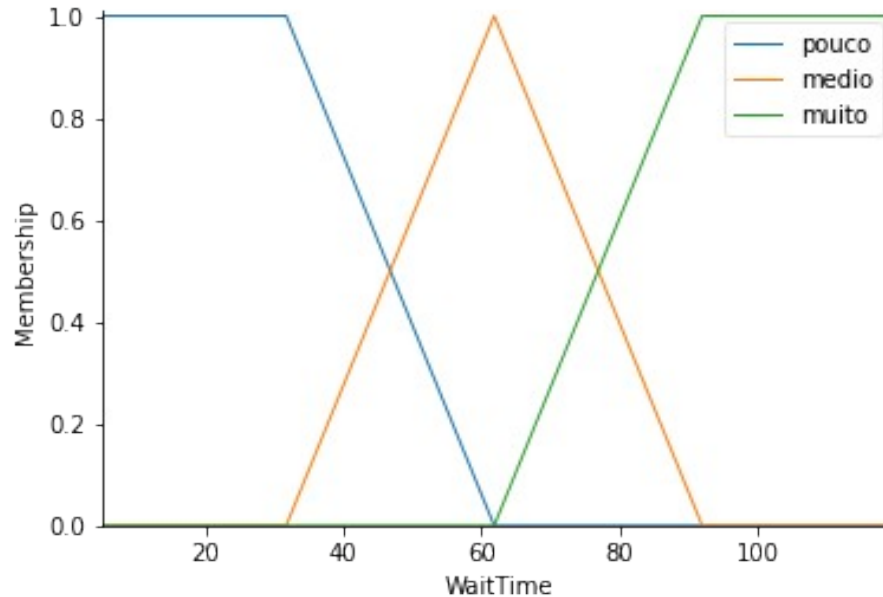
O sistema de estimativa dos níveis de qualidade do STCU

- Conjuntos Fuzzy



O sistema de estimativa dos níveis de qualidade do STCU

- Conjuntos Fuzzy

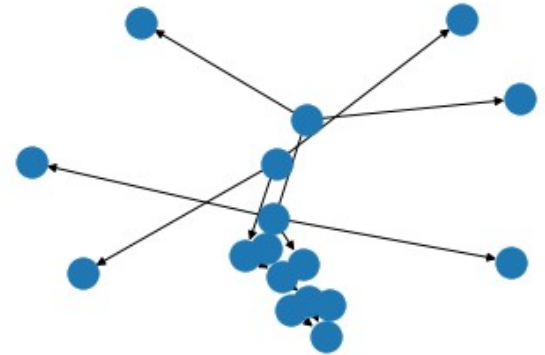


O sistema de estimativa dos níveis de qualidade do STCU

- Base de regras:
 - Utilizadas 27 regras de um total de 54 possíveis;
 - Regras definidas por especialista;

Exemplo de regra:

- VehiclesPerMilHabitant['poucos'] and
HabitantsPerBus['muitos'] and
WaitTime['alto'] → QualityOfService['ruim']



O sistema de estimativa dos níveis de qualidade do STCU

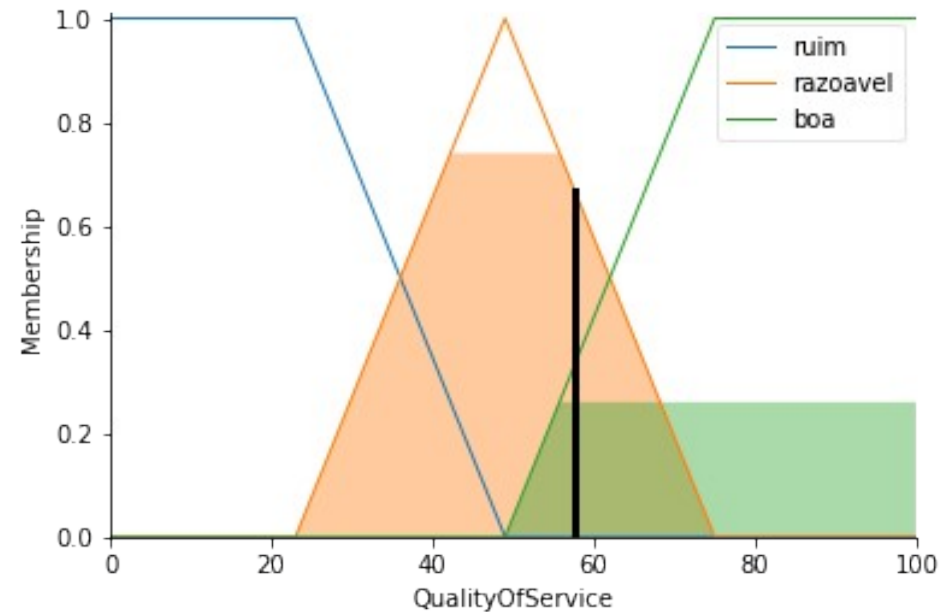
- Resultados:

- Curitiba/PR:

[[745],[1399,51],[54]]

valor simulação:

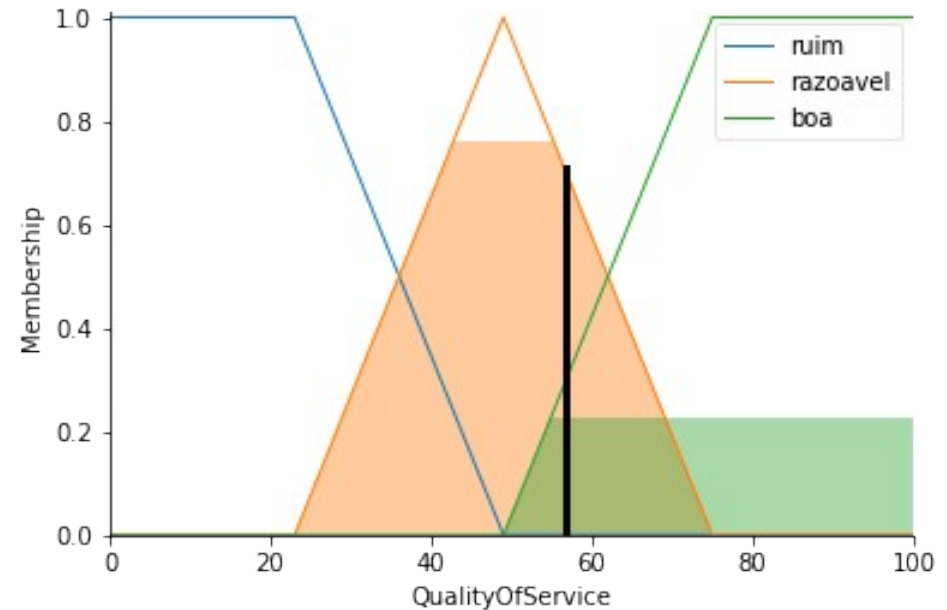
57.573547751096164



O sistema de estimativa dos níveis de qualidade do STCU

- Resultados:
- Salvador/BA:
[[374],[1338,5],[55]]

valor simulação:
56.59877854914203

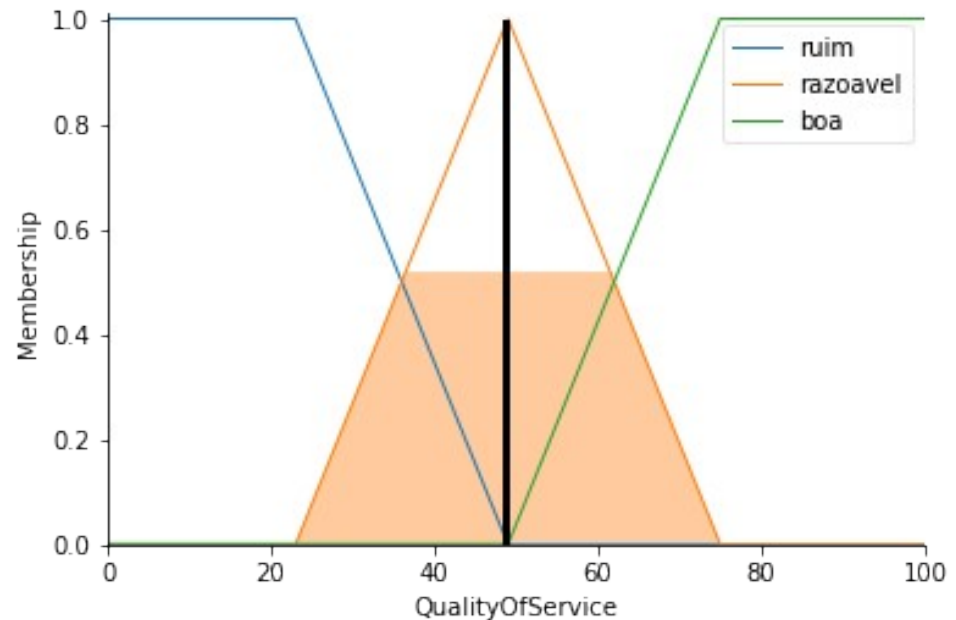


O sistema de estimativa dos níveis de qualidade do STCU

- Resultados:
- São Paulo/SP:
[[625],[3974,37],[62]]

valor simulação:

48.76901524775511



Referências

- [1] ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos
- www.antp.org.br
- [2] J. de Dios Ortúzar and L. Willumsen, Modelling Transport. Wiley, 2011. [Online].
<https://books.google.com.br/books?id=qWa5MyS4CiwC>
- [3] W. C. do Carmo, “Modelagem e simulação de sistemas de transporte coletivo com ônibus - um estudo de caso em Goiânia-GO,” Universidade Federal de Goiás - UFG, pp. 13–14, 2018.
- [4] Custos dos Serviços de Transporte Público por Ônibus – Método de Cálculo. ANTP, 2017.
- [5] R. O. Arbex, “Projeto de redes otimizadas de transporte público por ônibus utilizando algoritmo genético,” Escola Politécnica - USP, pp. 5–44, 2015.
- [6] “Pnad-c/ibge” 2019
<https://www.ibge.gov.br>
- [7] C.E.Weiss, “Emsc, 74,5% dos domicílios têm pelo menos um automóvel, maior proporção do país,” 2019
<https://www.nsctotal.com.br/noticias/em-sc-745-dos-domicilios-tem-pelo-menos-um-automovel-maior-proporcao-do-pais>
- [8] “Moovit,” 2019
<https://moovitapp.com/insights/pt-br/MoovitInsightsndicesobreoTransportePblico-waiting-time>
- [9] scikit-fuzzy python
<https://pythonhosted.org/scikit-fuzzy/>