

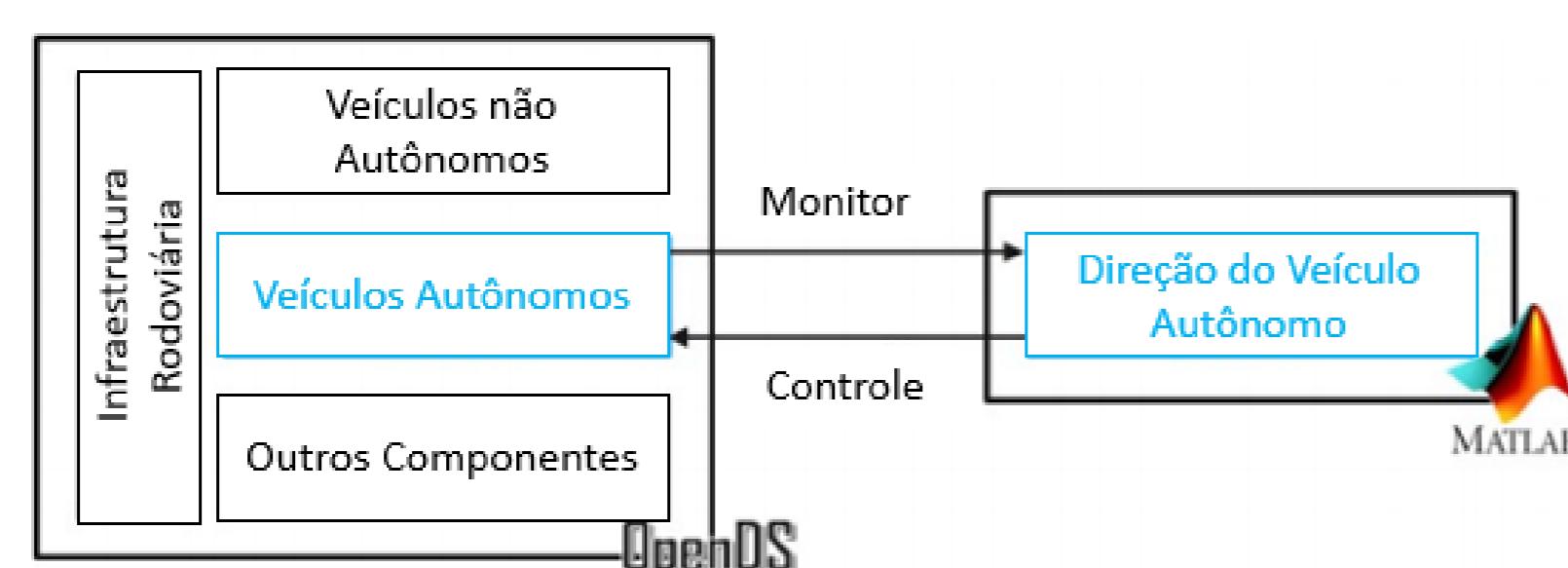
## ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ZONA DE SEGURANÇA SOBRE A EFICÁCIA DO ALGORITMO DE CONTROLE LATERAL PARA CONVERSÃO DE VIA EM VEÍCULOS AUTÔNOMOS

### Introdução

Este estudo é parte complementar da pesquisa de Doutorado de Alexandre Moreira Nascimento e tem como objetivo fazer uma análise comparativa do impacto da Zona de Segurança (ZS) sobre a eficácia, em relação à segurança (*safety*), de algoritmos de controle lateral de um veículo autônomo (VA) para a conversão segura em uma via dupla. O trabalho apresentado nesse ano tem como base estudos apresentados em edições anteriores do simpósio com o enfoque em redução de risco de colisão em cruzamento de via simples.

### Materiais e Métodos

O projeto utiliza um ambiente de virtualização de modelagem e simulação computacional elaborada em colaboração entre a Ericsson (Brasil e Suécia) e o Grupo de Análise de Segurança (GAS/EPUSP), empregado em investigações de comportamento de VAs imersos em cenários de tráfego.



Esse ambiente integra um simulador de tráfego de veículos de código aberto (OpenDS) e o MATLAB, que executa o algoritmo de controle do VA. As informações geradas pelo simulador são transmitidas e processadas no ambiente do MATLAB, retornando para o simulador o *feedback* com as informações de manuseio para os atuadores mecânicos do veículo – posição dos pedais e angulação do volante.

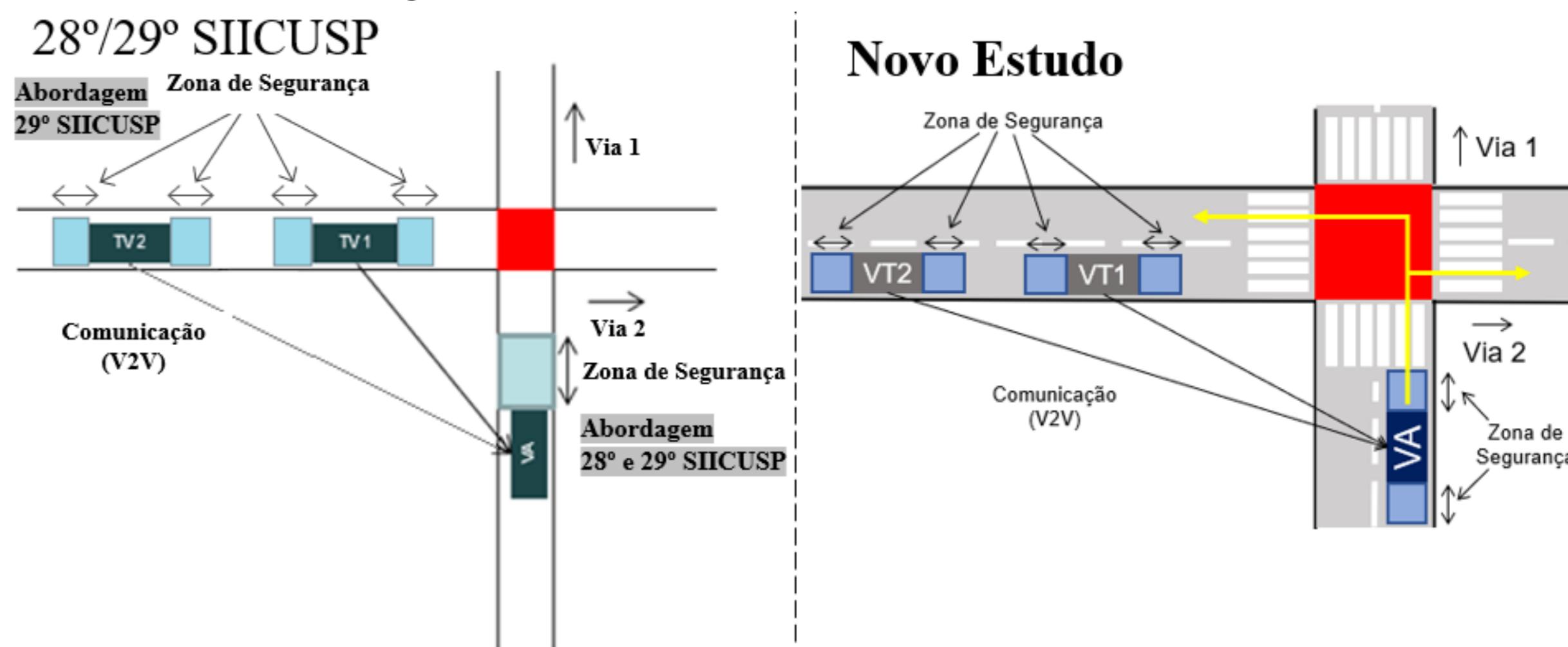
O algoritmo realiza o controle do veículo que trafega na Via 1, a partir de informações providas por comunicação entre os veículos (V2V). O objetivo dos algoritmos é determinar a velocidade e o esterçamento correto para garantir que o veículo execute corretamente o cruzamento ou a conversão à direita (ou à esquerda). O cálculo da velocidade alvo é feita através de comparações entre a velocidade atual e a velocidade do ponto médio entre cada par de veículos consecutivos (1º e 2º veículos, 2º e 3º veículos, sucessivamente), levando em consideração a dimensão adotada para a ZS de todos os veículos do ambiente.

As configurações de referência adotadas são frequência de amostragem de 10 Hz e uma latência fim-a-fim de 1 segundo. A variável de interesse principal utilizada como *proxy* de eficiência da ZS são os números de conversões/cruzamentos corretos, sem acidentes, calculada por: 100% - taxa de colisão C. São também consideradas as variáveis taxa de parada de emergência (parada total, P) e a média da distância mínima (DM) entre os centros geométricos do VA e qualquer veículo da Via 2, observados no cruzamento, para avaliação da dinâmica dos experimentos. As variáveis de controle de comparação dos estudos são a velocidade máxima (VMs) do VA e dimensões de ZSs.

**Autor:** Gabriel Kenji Godoy Shimanuki (gabrielshimanuki@usp.br) - (11) 99669-0766 **Apoio:** CNPq GAS  
**Professor Orientador:** Prof. Dr. Paulo Sérgio Cugnasca (cugnasca@usp.br)  
**Colaboradores:** Alexandre Moreira Nascimento (alexandremoreiranascimento@gmail.com)  
Lúcio Flávio Vismari (lucio.vismari@usp.br)

### Comparações e Resultados

Nos 28º SIICUSP e 29º SIICUSP foram apresentados controles que faziam a implementação de cálculos de velocidade alvo para cruzamento de via simples a partir de comparações de tempo de entrada e saída de cruzamento de todos os veículos, com variações de utilização de ZS. No primeiro estudo apenas o veículo autônomo adotava a ZS, enquanto no segundo estudo, todos os veículos a empregaram.



O novo estudo utiliza o controle base desenvolvido para execução de cruzamento e implementa uma camada de controle lateral para que o veículo realize as conversões. O cenário de cruzamento de tráfego é similar, com o ligeiro aumento do grau de complexidade na adoção de pistas de mão dupla.

Velocidade Máxima AV (m/s)	Taxa de Colisão (%)		Taxa de Parada (%)		Média - Distância Mínima (m)	Taxa de Colisão (%)		Taxa de Parada (%)		Média - Distância Mínima (m)	Taxa de Colisão (%)		Taxa de Parada (%)		Média - Distância Mínima (m)			
	28º	29º	28º	29º		28º	29º	28º	29º		28º	29º	28º	29º	28º			
Controle Base - 28º 29º 28º 29º 28º 29º SIICUSP																		
Cruzamento																		
12	0	0.5	100	0	7.78	8.14	100	3.03	0	2.80	3.27	5.83	96.2	0	0	3.54	5.87	
	3.2	0	0	0	7.15	8.90	0	5.01	0	1.15	8.64	4.89	95.2	98.9	0	1.13	4.24	3.71
	13	0	0	0	9.10	9.70	0	0	0	0	8.03	13.1	98.2	0	1.8	0	4.73	5.92

Para o cenário de cruzamento, é observado um resultado significativo de redução de risco de colisão com o emprego da ZS de segurança em todos os veículos, tendo em vista que a taxa de colisões para as VMs consideradas se manteve igual à zero ou foram reduzidas. Ao analisar a redução das taxas de paradas, acompanhadas com o aumento da média da DM, indica-se que a ZS é promissora para esse contexto.

No novo cenário de controle lateral, a adoção de ZSs em todos os veículos reduziu o risco de colisão para as faixas de velocidade máxima de 12 e 14 m/s. Nota-se, no entanto, que os experimentos de conversão à esquerda são consideravelmente mais arriscados – possivelmente pela geometria de cruzamento, comportamento dos veículos da Via 2 e/ou abordagem do VA.

Preliminarmente, a adoção de ZS para todos os veículos é favorável, contudo, os resultados coletados não apresentam a mesma efetividade como no contexto de cruzamento, sendo necessários mais estudos para criação de outros mecanismos de segurança e evoluções do controle lateral.