

## IMPLEMENTAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE CONTROLE PARA SISTEMAS MULTIRROBÔS<sup>1</sup>

Maurício Ferreira da Silva<sup>2</sup>, André Bittencourt Leal<sup>3</sup>, Renan Sebem<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Vinculado ao grupo de pesquisa “Grupo de Automação de Sistemas e Robótica”

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica – CCT – Bolsista PROBIC

<sup>3</sup> Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica – CCT – andre.leal@udesc.br

<sup>4</sup> Coorientador, Doutorando em Engenharia Elétrica – CCT

O objetivo deste trabalho é validar uma arquitetura de controle distribuído para sistemas multirrobo autônomos, baseada na Teoria de Controle Supervisório modelados por autômatos. Esta arquitetura foi proposta no contexto de uma tese de doutorado em desenvolvimento no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UDESC. Ela possui dois principais objetivos: o controle de caminho individual de cada robô; e o controle de coordenação entre os robôs.

Neste trabalho propõe-se o desenvolvimento de uma plataforma de simulação, em que seja possível explorar diversas situações que podem ocorrer na prática, como o *deadlock* e colisões, tornando mais rápida a validação da arquitetura de controle. A plataforma de simulação desenvolvida foi baseada na biblioteca de simulação de robôs *Robotarium*, que já possui implementada o controle de baixo nível dos robôs, entre outras *features* adicionais.

No entanto, a natureza da dinâmica de movimentação dos robôs possui características contínuas, ou seja, a transição entre estados no modelo de autômatos é instantânea, porém, na prática existe uma dinâmica associada a esta transição. Assim, no contexto deste trabalho foi proposta uma solução para esta disparidade entre a limitação do paradigma de modelagem e a realidade. A solução foi realizada através da duplicação dos modelos de autômatos, sendo que um possui *estados reais* e o outro *estados lógicos*. A transição para o *estado lógico* é considerada instantânea, e a transição para o estado real depende da velocidade do robô. Assim o robô reserva o estado atual (real) e o futuro (lógico) evitando colisões.

Ainda, na simulação a comunicação entre os robôs se dá por software, e permite que todos os robôs enviem mensagens para todos, independentemente do tamanho do mapa. Para complementar o estudo e trazer aspectos mais próximos da realidade, um sistema de comunicação entre os robôs foi emulado, para que os robôs somente pudessem se comunicar com outros robôs dentro de um raio de comunicação.

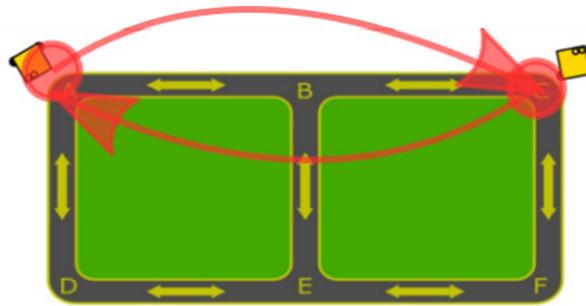
Adicionalmente, foram desenvolvidos três experimentos com o intuito de validar a capacidade de uma estratégia de controle distribuído de evitar colisões e bloqueios (*deadlocks* ou *livelocks*) para diferentes mapas, quantidades de robôs e disposições iniciais e finais. Os três mapas propostos foram desenvolvidos de forma a simular os seguintes movimentos relativos entre veículos: trocas de posição entre veículos; trocas de faixa de trânsito; e a composição destes dois movimentos. A lógica de cada experimento pode ser visualizada nas figuras 1 a 3, assim como os tempos de conclusão médio, máximo e mínimo para cada experimento na Tabela 1 (tempos obtidos considerando agentes padrões da biblioteca de simulação *Robotarium*). Sendo assim, a conclusão correta dos testes propostos, validou a arquitetura estudada.

Os resultados demonstram que a arquitetura de controle é válida para o controle distribuído de sistemas multirroboês autônomos, com simulações de até 20 robôs. Ainda, com a plataforma é possível testar de maneira rápida outras estratégias de controle.

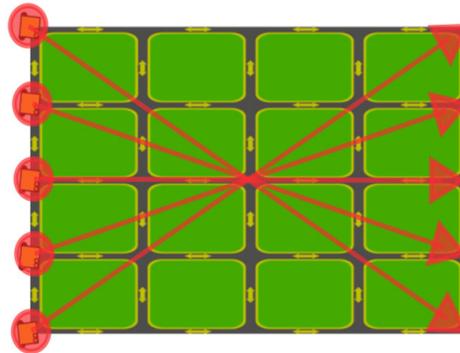
**Tabela 1.** Resultados experimentais para cada experimento controlado de forma distribuída.

Resultados Experimentais					
Experimento	Nº de Veículos	Iterações	Média[s]	Máximo[s]	Mínimo[s]
Experimento 1	2	*	34,6	34,6	34,6
Experimento 2	5	100	78,3	97,7	54,9
Experimento 3	20	1000	131	238	61,4

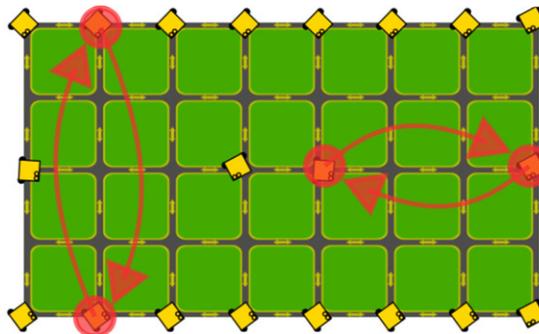
\*A simplicidade do experimento não promove a diferença dos tempos de conclusão entre cada simulação.



**Figura 1.** Experimento 1 -Troca de posição entre veículos



**Figura 2.** Experimento 2 -Troca de faixa de trânsito



**Figura 3.** Experimento 3 -Composição da movimentação dos demais experimentos

**Palavras-chave:** Sistemas de Multirroboês. Controle Distribuído. Implementação.