

## **FERRAMENTAS PARA CONTROLE SUPERVISÓRIO E APLICAÇÕES NA ROBÓTICA MÓVEL: COMPORTAMENTOS EMERGENTES EM SISTEMAS MULTIROBÓTICOS ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL<sup>1</sup>**

Adilson Krischanski<sup>2</sup>, Yuri Kaszubowski Lopes<sup>3</sup>, Nicole Carolina Mendes,<sup>2</sup> Breno Niehues dos Santos<sup>4</sup>, Géorgia Betina Haritsch<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Vinculado ao projeto “Ferramentas para controle supervisório e aplicações na robótica móvel”

<sup>2</sup> Acadêmico (a) do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação – UDESC CCT – Bolsista PROBIC

<sup>3</sup> Orientador, Departamento de Ciência da Computação – UDESC CCT – yuri.lopes@udesc.br

<sup>4</sup> Acadêmico (a) do Curso de Engenharia Elétrica – CCT – Bolsista PROBIC

<sup>5</sup> Acadêmico (a) do Curso de Engenharia Elétrica – CCT – Voluntaria

A Inteligência Artificial (IA) é a habilidade de sistemas computacionais imitarem comportamentos humanos, adaptados para realizar tarefas específicas. Dentre as variadas técnicas da IA, destacamos aqui o aprendizado de máquina. Neste Trabalho, exploramos o aprendizado de máquina para desenvolver comportamentos inteligentes em enxames de robôs.

Em um enxame de robôs, a partir de comportamentos simples dos agentes (comportamento microscópico) e colaboração, emerge um comportamento complexo (macroscópico). Nesse contexto, empregamos aprendizado de máquina para os robôs aprenderem comportamentos microscópico que resultem no comportamento macroscópico de agrupamento de times de robôs e clusterização de diferentes tipos de objetos. Estes comportamentos macroscópico são generalizações das tarefas de agregação [1] e clusterização de objetos [2]. O aprendizado e a validação por experimentações sistemáticas foram realizados em simulações numéricas e visuais no simulador Enki, utilizando o robô e-puck. Especificamente, utilizamos para o aprendizado de máquina o algoritmo de otimização DIRECT [3], implementado no NLOpt.

Desenvolvemos controladores que mapeiam objetos identificadas pelo sistema de visão embarcado para as velocidades de cada uma das duas rodas dos robôs. No contexto do agrupamento de robôs, o sistema de visão diferencia as cores dos robôs entre mesma cor que a sua ou outra, além de diferenciar a cor (branca) da arena. Diversas estruturas de controles (opções de mapeamento) foram experimentadas. O propósito central desse comportamento é induzir os robôs a se agruparem conforme suas cores, o que contribui para a formação de conjuntos homogêneos de robôs. A otimização aprende este mapeamento para melhorar o comportamento de agregação, com base na avaliação fornecida por uma função objetivo. A função objetivo computa a dispersão dos robôs na arena, através do somatório da maior distância entre robôs do mesmo grupo ao longo do tempo.

Na clusterização de objetos, semelhante ao cenário anterior, também há o mapeamento da cores para velocidades das rodas. Neste cenário, no entanto, há possibilidades adicionais: objeto da cor de interesse do robô, objetos de outras cores. Diversas estruturas de controles foram experimentadas. O objetivo aqui é agrupar os objetos da mesma cor em “clusters” separados. A mesma função objetivo utilizada no cenário anterior é aplicada, porém, considerando as distâncias entre objetos da mesma cor.

Na Figura 1 abaixo podemos observar o experimento ao longo do tempo para o caso de agregação de robôs **(a)** e clustering de objetos **(b)**. Detalhes sobre a estrutura do controlador, função de avaliação, métricas e resultados completos, incluindo teste de escalabilidade foram publicados em [4] (artigo completo em evento com Qualis A1 em CC).

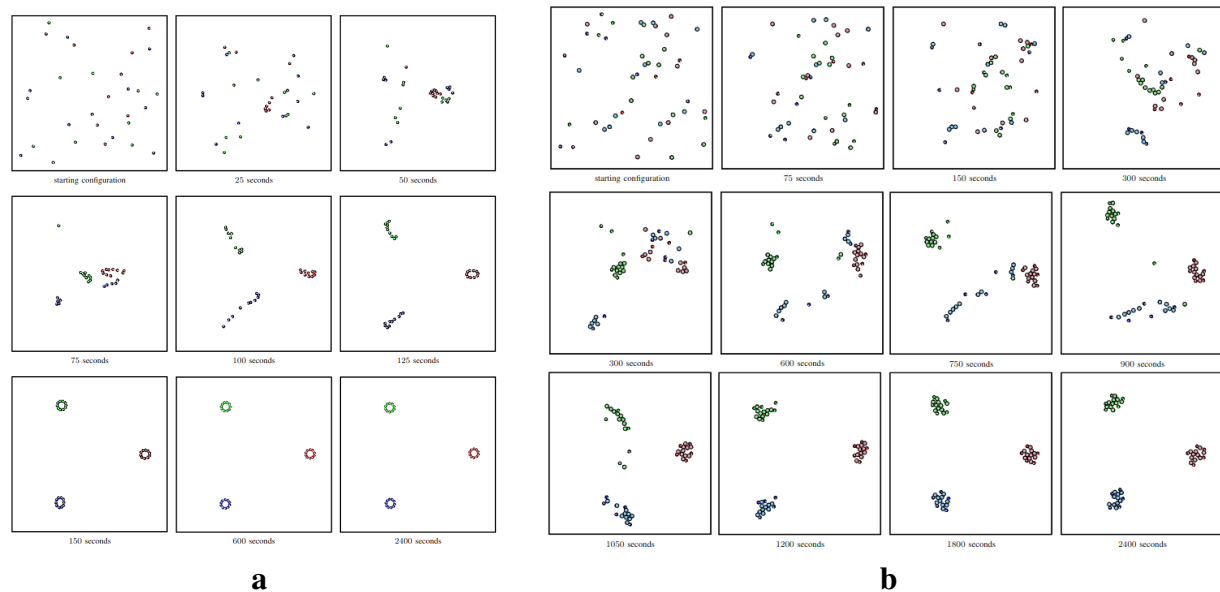


Figura 1: Evolução dos experimentos ao longo do tempo.

**Palavras-chave:** Enxame de robôs, agrupamento de robos, algoritmo de otimização, aprendizagem de máquina, inteligência artificial

## Referências

- [1] M. Gauci, J. Chen, W. Li, T. J. Dodd, and R. Groß, “Self-organised aggregation without computation,” *The International Journal of Robotics Research*, vol. 33, no. 9, pp. 1145–1161, 2014.
- [2] M. Gauci, J. Chen, W. Li, T. J. Dodd, and R. Groß, “Clustering objects with robots that do not compute,” in *Proceedings of the 2014 International Conference on Autonomous Agents and Multi-agent Systems (AAMAS '14)*, pp. 421–428, IFAAMS, 2014.
- [3] D. R. Jones, C. D. Perttunen, and B. E. Stuckman, “Lipschitzian optimization without the lipschitz constant,” *Journal of Optimization Theory and Applications*, vol. 79, no. 1, pp. 157–181, 1993.
- [4] A. Krischanski, Y. K. Lopes, A. B. Leal, R. F. Martins, and R. S. U. Rosso Jr, “Multi-instance task in swarm robotics: Sorting groups of robots or objects into clusters with minimalist controllers,” in *International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2023 (no prelo).