

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE BUSCA E RESGATE UTILIZANDO MULTIDRONES BASEADOS EM INTELIGÊNCIA DE ENXAME

Marcelo José Siqueira Coutinho de Almeida (IFPB, Campina Grande), Mayara do Nascimento Silva (IFPB, Campus Campina Grande), Rafael Berg Medeiros Miranda (IFPB, Campina Grande), Thiago Trajano Farias (IFPB, Campina Grande).

E-mails: marcelo@ifpb.edu.br, nascimento.mayara@academico.ifpb.edu.br, rafael.berg@academico.ifpb.edu.br, trajano.thiago@academico.ifpb.edu.br

Área de conhecimento:(Tabela CNPq): 1.03.03.04-9 Sistemas de Informação, 1.03.04.02-9 Arquitetura de Sistemas de Computação

Palavras-Chave: veículos aéreos não tripulados; inteligência artificial; sistema multiagente

1. Introdução

Operações de busca e resgate em áreas remotas ou de difícil acesso, como regiões atingidas por enchentes, incêndios florestais ou terremotos, demandam respostas rápidas e eficazes. Nesses contextos, o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como drones, representa uma alternativa tecnológica promissora, pois possibilita ampliar a área de cobertura e reduzir o risco a que estariam expostos os socorristas humanos (GE; JIANG; COOMBES, 2024). No entanto, a coordenação de múltiplos drones de forma eficiente, autônoma e adaptativa ainda constitui um desafio relevante para a área da Inteligência Artificial (IA) (HADI *et al.*, 2023). A complexidade do ambiente, a necessidade de decisões em tempo real e a comunicação entre unidades tornam essencial o uso de modelos inteligentes. Agentes inteligentes são sistemas computacionais que operam de forma autônoma, com capacidade de perceber o ambiente, tomar decisões, agir e cooperar com outros agentes (Wooldridge, 2001). Em ambientes multiagente, como o de missões com múltiplos drones, esses agentes devem lidar com incertezas, mudanças dinâmicas e objetivos compartilhados.

Neste contexto, a Inteligência de Enxame oferece uma abordagem inspirada em sistemas naturais, como colônias de formigas ou enxames de abelhas, onde comportamentos inteligentes emergem da interação local entre agentes simples, sem supervisão central. Além da localização rápida de pessoas em perigo, espera-se que o sistema possa integrar-se a operações humanas, fornecendo dados em tempo real e suporte à tomada de decisão por parte das equipes de resgate. O modelo ainda será simulado computacionalmente antes de ser levado ao campo.

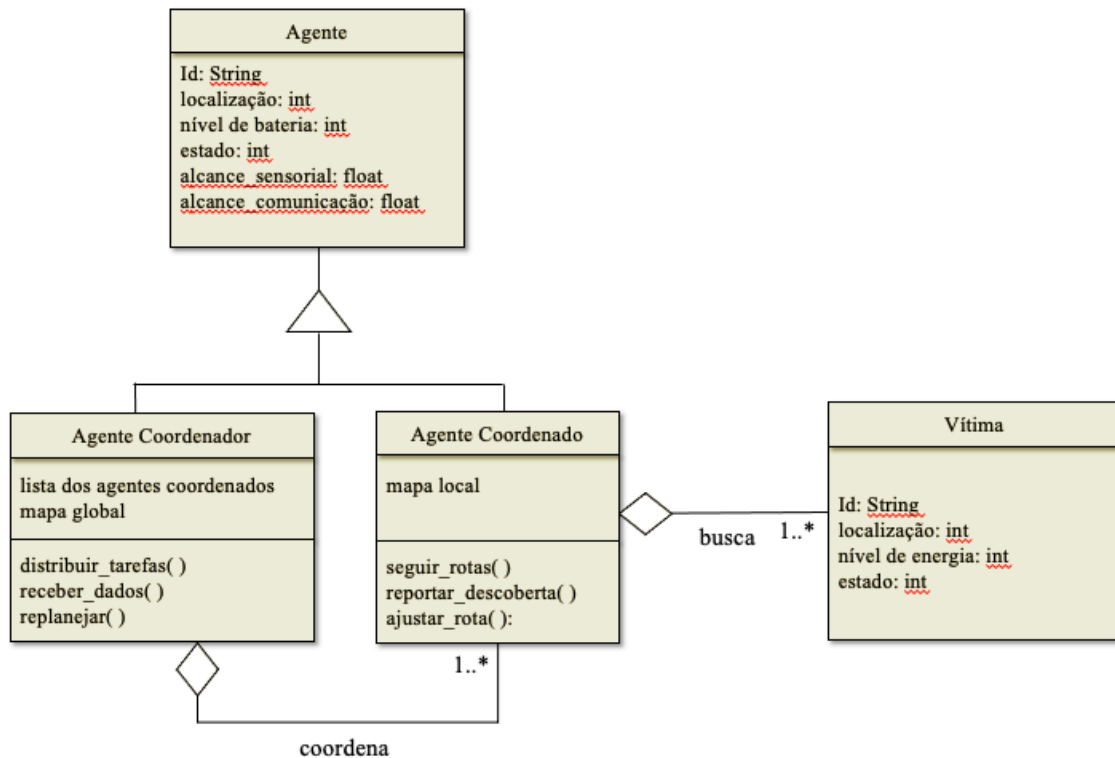
O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema de Inteligência Artificial de Enxame para VANT, visando otimizar operações de busca e resgate por meio da coordenação autônoma e adaptativa dos veículos. O sistema buscará aumentar a eficiência na localização de vítimas em cenários de desastre, reduzindo o tempo de resposta e ampliando a cobertura da área afetada. Além disso, a solução deverá considerar fatores como comunicação entre os VANT, adaptação a condições adversas e integração com equipes de resgate para potencializar a efetividade das operações.

2. Metodologia de Desenvolvimento

Esta etapa adota uma abordagem baseada em Inteligência de Enxame para modelar e simular o comportamento coletivo de drones autônomos em missões de busca e resgate. O sistema é composto por múltiplos agentes que interagem de forma descentralizada, inspirando-se em fenômenos naturais como o comportamento de formigas e abelhas. A modelagem segue o paradigma de sistemas multiagente, utilizando abstrações específicas para representar papéis distintos na missão.

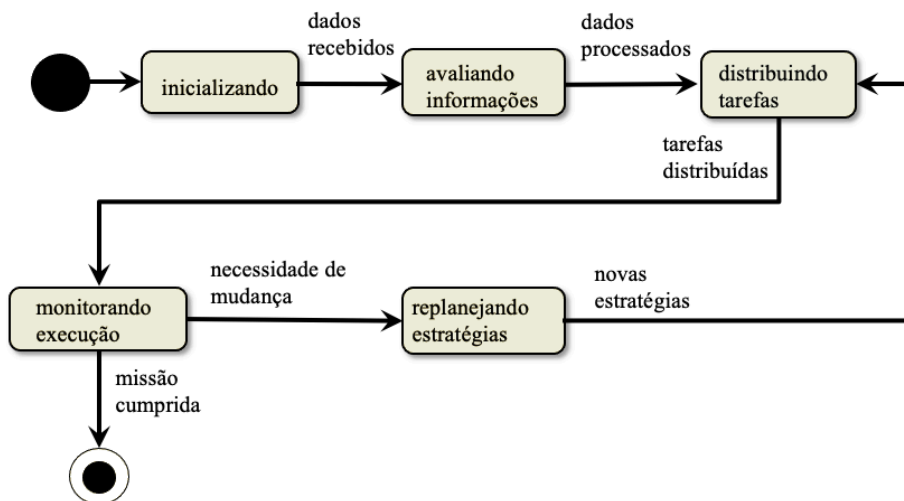
A modelagem se deu inicialmente por meio de um diagrama de classes estruturado com base em agentes autônomos, sendo estes classificados em três entidades principais: agente, agente coordenador e agente coordenado (figura 1). Os dois últimos são especializações do agente genérico, compartilhando atributos como posição e identificador, e comportamentos específicos relacionados à missão. O coordenador é responsável pela organização e distribuição das tarefas de varredura, sendo capaz de coordenar um ou mais agentes coordenados. Estes últimos, por sua vez, têm como função principal a busca por vítimas no ambiente, podendo encontrar e reportar múltiplas ocorrências.

Figura 1 – Diagrama de classes do sistema Multidrone.



Em seguida, o comportamento foi modelado por meio de diagramas de estados para os dois agentes. Conforme apresentado na figura 2, o agente coordenador inicia no estado "inicializando" onde ele aguarda os dados do ambiente, dos agentes e da missão e, após recebê-los, passa para "avaliando informações", onde define estratégias de busca. Em seguida, entra em "distribuindo tarefas", alocando regiões aos agentes coordenados. Após o agente entrar no estado "monitorando execução", ele vai acompanhar o progresso da missão e, quando necessário, responder a eventos imprevistos. Por exemplo, se uma vítima for encontrada ou houver necessidade de adaptação, ele se move para "replanejando estratégias". Ao final da operação, o agente entra em "encerrando missão", consolidando os dados e retornando ao estado inicial. Essas transições garantem autonomia e adaptabilidade durante a missão.

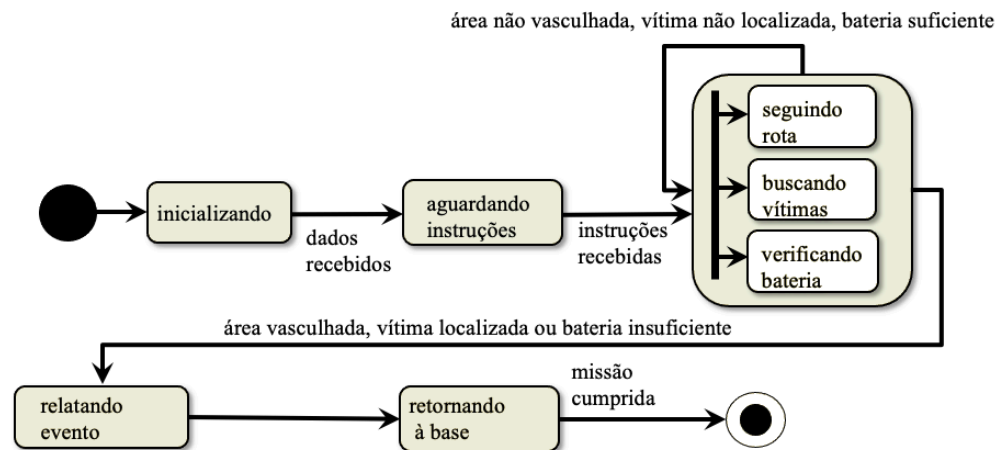
Figura 2 – Diagrama de estado do agente coordenador.



Conforme apresentado na figura 3, o agente coordenado inicia seus estados a partir do "inicializando" onde ele inicializa dados referentes à região a ser vasculhada, bateria, a quantidade de vítimas, a duração da missão etc. Após receber esses dados, o agente entra no estado "aguardando instruções" a fim de esperar o envio por parte do agente coordenador das

estratégias de busca que devem ser implementadas. Quando estas forem recebidas, ele passará para um estado composto de três outros que executarão em paralelo: “seguindo rota”, “buscando vítima” e “verificando bateria”. Enquanto a área não tiver sido vasculhada, a vítima não tiver sido localizada ou a bateria for suficiente, o agente permanecerá no mesmo. Quando algum destes eventos ocorrer, o agente coordenado deverá seguir para o estado “relatando evento” e comunicar a respeito ao coordenador e retornar à base para finalizar a missão.

Figura 3 – Diagrama de estado do agente coordenado.



A simulação será implementada em ambiente computacional apropriado (como Repast Simphony, NetLogo ou ROS+Gazebo) ou será implementado alguma linguagem de programação como Java ou Python, permitindo avaliar a efetividade da abordagem em diferentes cenários e configurações.

3. Resultados preliminares e discussão

Embora esta pesquisa ainda se encontre na fase inicial, tanto o modelo conceitual e como o comportamental oferecem uma base sólida para a implementação do sistema de simulação. O uso de hierarquia entre os agentes permite distribuir a carga de tomada de decisão, simulando estratégias reais de missões coordenadas. A organização dos estados de cada tipo de agente viabiliza a modelagem de comportamentos reativos e deliberativos. A modularidade também facilita a inclusão futura de aspectos como comunicação entre drones, consumo energético e condições climáticas adversas. Discute-se que uma vantagem clara da abordagem multiagente está na escalabilidade da missão: ao delegar tarefas para drones especializados em busca, o coordenador reduz seu processamento e aumenta a efetividade da varredura em áreas maiores.

4. Considerações finais

Este trabalho apresenta os primeiros passos no desenvolvimento de um sistema de busca e resgate baseado em múltiplos drones autônomos utilizando modelagem orientada a agentes. A definição clara das funções e transições comportamentais entre agentes coordenadores e coordenados representa um avanço importante na representação de missões cooperativas. Como trabalho futuro, destaca-se a implementação do modelo em uma plataforma de simulação e a realização de experimentos controlados que permitam avaliar métricas como tempo de resgate, cobertura de área, e robustez do sistema frente a falhas parciais. Além disso, pretende-se incluir mecanismos de comunicação direta entre os agentes e técnicas de aprendizado que permitam a adaptação da estratégia de busca. Por fim, pretende-se estender o estudo utilizando drones físicos a fim de considerar estudos e testes que demandam a aplicação em ambientes físicos/reais

5. Referências

GE, Z.; JIANG, J.; COOMBES, M. **Multi-uav search and rescue in wilderness using smart agent-based probability models.** *arXiv preprint arXiv:2411.10148*, 2024. Acesso em: 28 fev. 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2411.10148>.

HADI, H. J.; CAO, Y.; NISA, K. U.; ABDUL, M. J.; NI, Q.. **A comprehensive survey on security, privacy issues and emerging defence technologies for UAVs.** *Journal of Network and Computer Applications*, v. 213, abr. 2023. Acesso em: 06 mar. 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1084804523000267>.

WOOLDRIDGE, M. **Intelligent agents.** In: WEISS, G. (Ed.). *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. [S.l.]: The MIT Press, 2nd edition, 2016. p. 27–78.