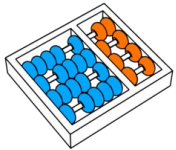


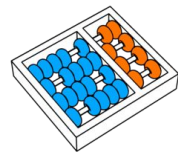
Uma solução adaptativa baseada em aprendizado por reforço para contenção do tráfego de mensagens de controle em FANETs

Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Computação



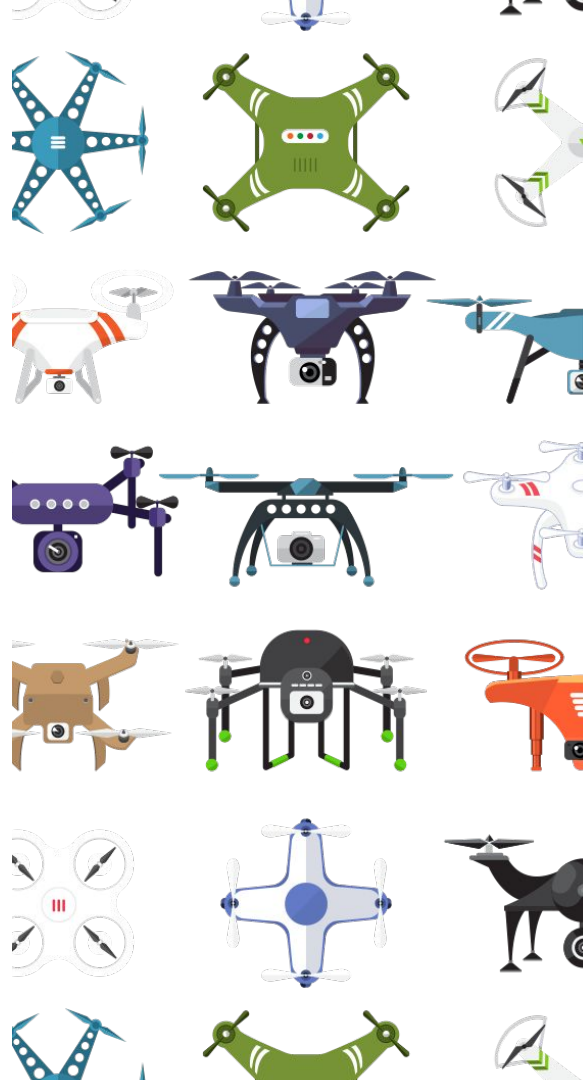
Uma solução adaptativa baseada em aprendizado por reforço para contenção do tráfego de mensagens de controle em FANETs

Aluno: Elcio Pereira de Souza Junior
Orientador: Leandro Aparecido Villas
Coorientadora: Esther Luna Colombini



Agenda

- — —
- Introdução
- Motivação
- Objetivos
- Trabalhos Relacionados
- Modelo Proposto
- Avaliação



Introdução

- Utilização de VANTs
- Cenário multi VANT – FANETs
- Desafio → Comunicação

Introdução

FANETs

— — —

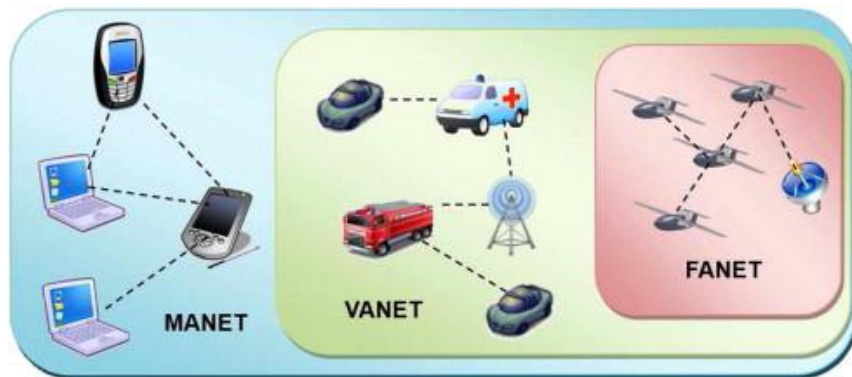


Figura 1: MANET, VANET e FANET.¹

- **Grau de mobilidade**
- **Padrão de mobilidade**
- **Densidade dos nós**
- **Mudanças topológicas**
- **Modelo de rádio propagação**
- **Consumo energético**
- **Poder computacional**
- **Localização**

¹Ilker Bekmezci, Ozgur Koray Sahingoz e Samil Temel. “Flying Ad-Hoc Networks (FANETs): A survey”. in Ad Hoc Networks 11.3 (2013), pp. 1254–1270. issn: 1570-8705. doi:<https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2012>.

Introdução

Comunicação

— — —

Características:

- Topologia dinâmica
- Links intermitentes
- Segmentação da rede
- Baixos intervalos de conexão

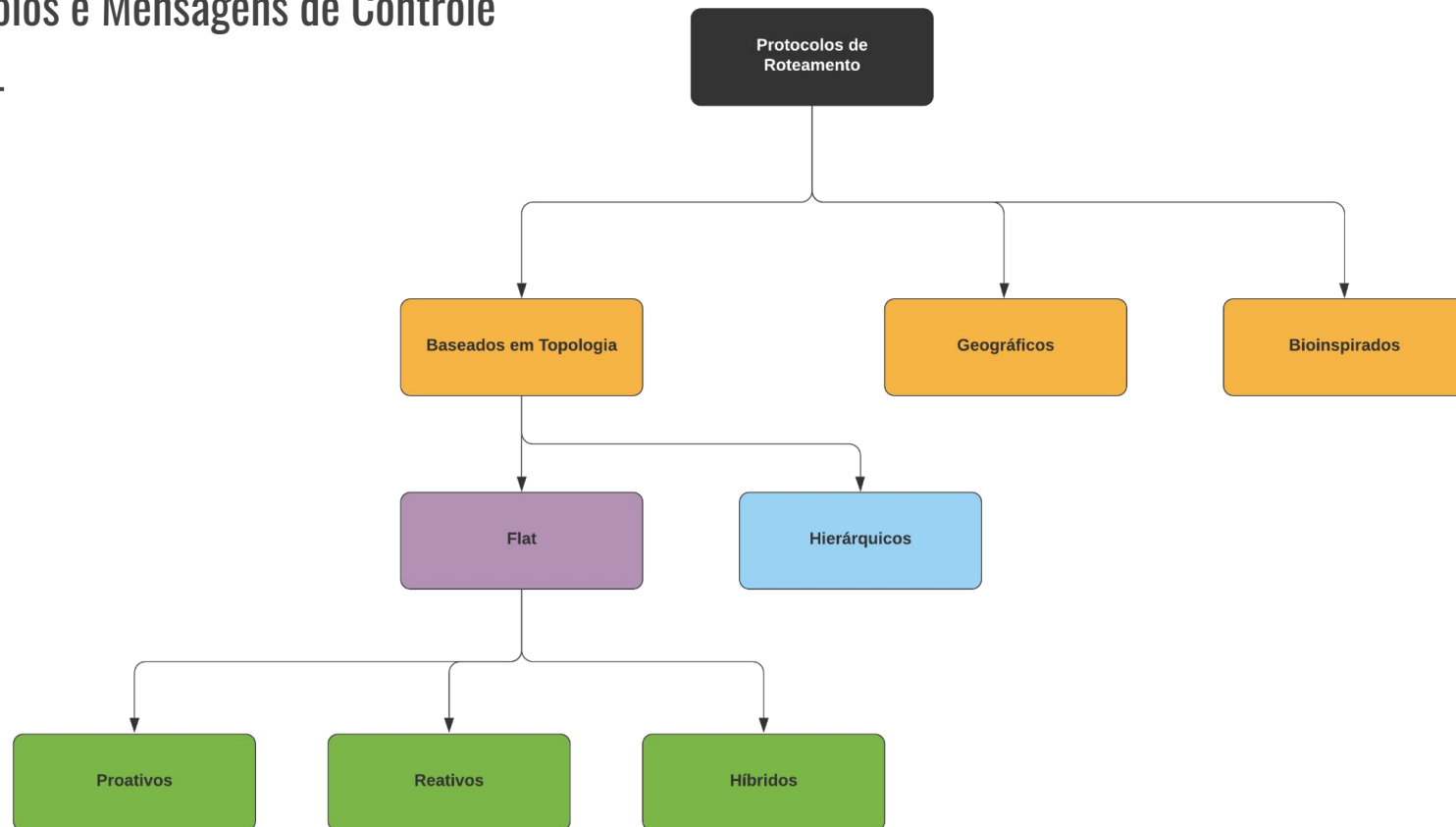
Desafios:

- Mobilidade
- Recursos do sistema
- Roteamento

Introdução

Protocolos e Mensagens de Controle

— — —



Motivação

— — —

Broadcast Storming:

O compartilhamento do meio de comunicação e o acesso simultâneo dos dispositivos pode ocasionar em uma inundação broadcast, deteriorando o desempenho da rede.

Recursos do sistema:

Utilizar a vasta disponibilidade de informações referentes ao estado do VANT a fim de melhorar a performance da rede.

Autonomia:

Permitir que cada dispositivo da rede possa identificar e se adaptar ao cenário que está imerso.

Objetivo

— — —

Construção de uma solução adaptativa baseada em aprendizado por reforço que permita a otimização do tráfego de mensagens de controle em FANETs.

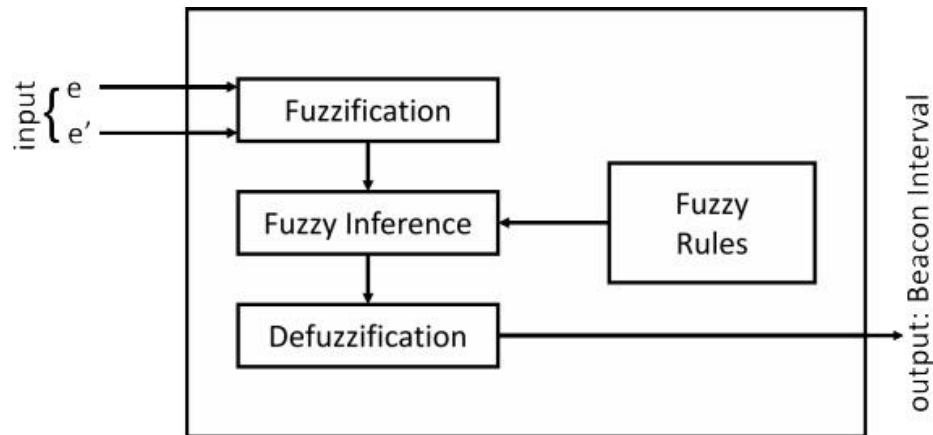
1. Propor um modelo baseado em **aprendizado por reforço** para a **otimização do envio de mensagens de controle**;
2. Construir um **módulo de aprendizado** que seja **dinâmico** aos estados da FANET;
3. **Avaliar** se o modelo proposto é capaz de aprimorar a **qualidade do serviço** em redes ad-hoc voadoras.

Trabalhos Relacionados

ABPP³

— — —

- Mobilidade como principal fator de ajuste
- alta velocidade = baixo intervalo
- baixa velocidade = alto intervalo



e: erro de previsão de posição

e': taxa de mudança de erro

b: intervalo de envio de mensagens

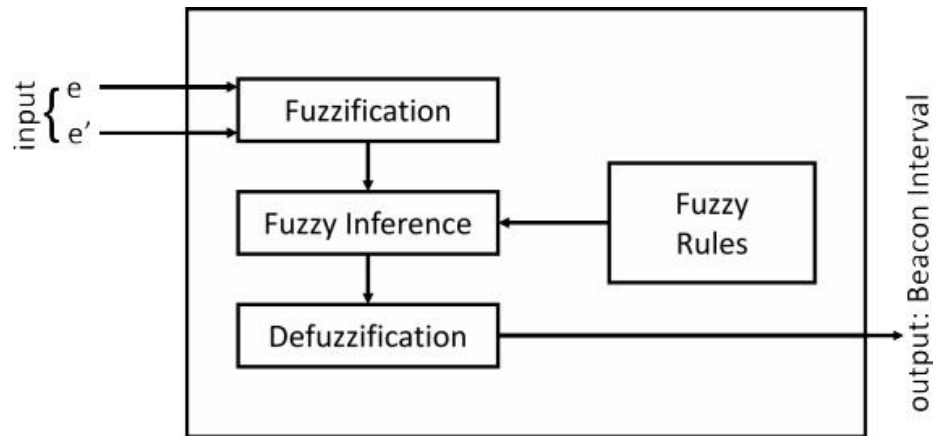
⁴X. Li and J. Huang, "ABPP: An Adaptive Beacon Scheme for Geographic Routing in FANET," 2017 18th International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT), Taipei, Taiwan, 2017, pp. 293–299, doi: 10.1109/PDCAT.2017.00055.

Trabalhos Relacionados

ABPP³

— — —

- + Melhora na sobrecarga do beacon e taxa de entrega de pacotes
- + Aplicável a diferentes protocolos geográficos
- Limitações em altas velocidades
- Modelos de predição degrada em ambientes dinâmicos



e : erro de previsão de posição

e' : taxa de mudança de erro

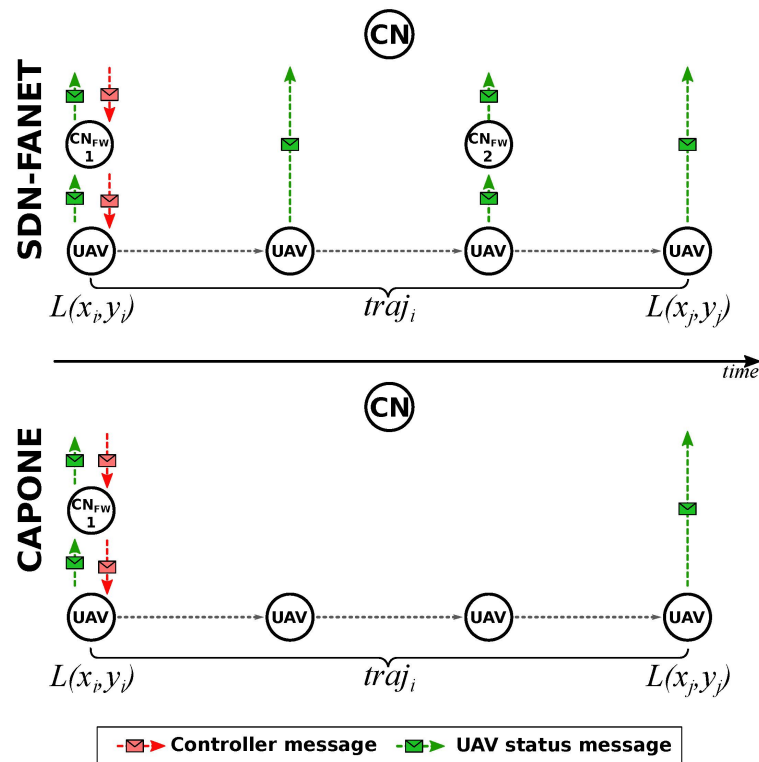
b : intervalo de envio de mensagens

⁴X. Li and J. Huang, "ABPP: An Adaptive Beacon Scheme for Geographic Routing in FANET," 2017 18th International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT), Taipei, Taiwan, 2017, pp. 293–299, doi: 10.1109/PDCAT.2017.000055.

Trabalhos Relacionados

CAPONE²

- Novo paradigma de rede conhecido como SDN-FANET
- Organização hierárquica da rede
- Algoritmo para clusterização e previsão de posicionamento



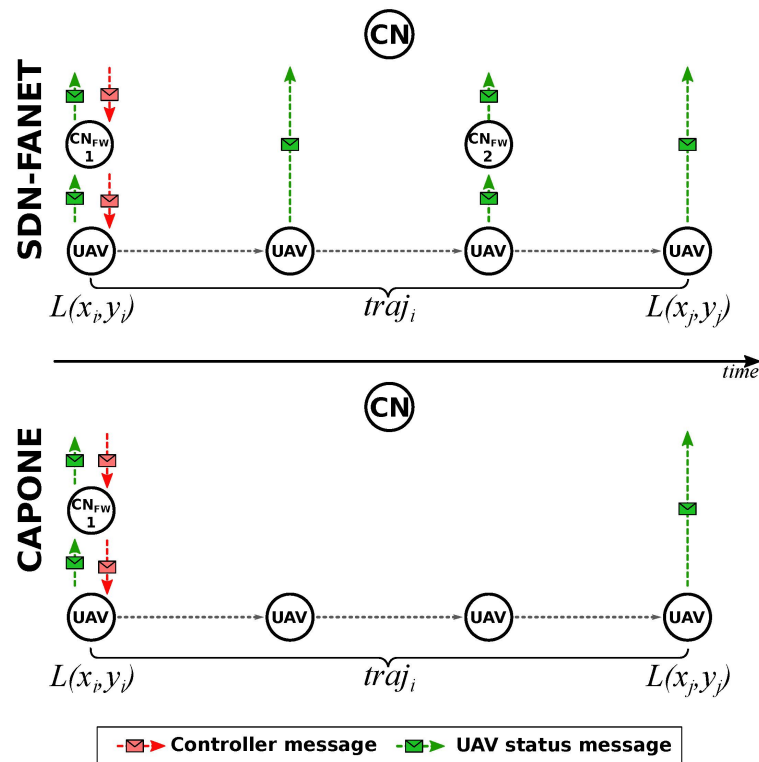
³Cumino P., Maciel K., Tavares T., Oliveira H., Rosário D., Cerqueira E., "Cluster-Based Control Plane Messages Management in Software-Defined Flying Ad-Hoc Network". in Sensors. 2020; 20(1):67. <https://doi.org/10.3390/s20010067>

Trabalhos Relacionados

CAPONE²

— — —

- + Aumento da taxa de entrega de pacotes e redução do consumo energético e overhead
- Cenários densos: suscetível a sobrecarga do controlador



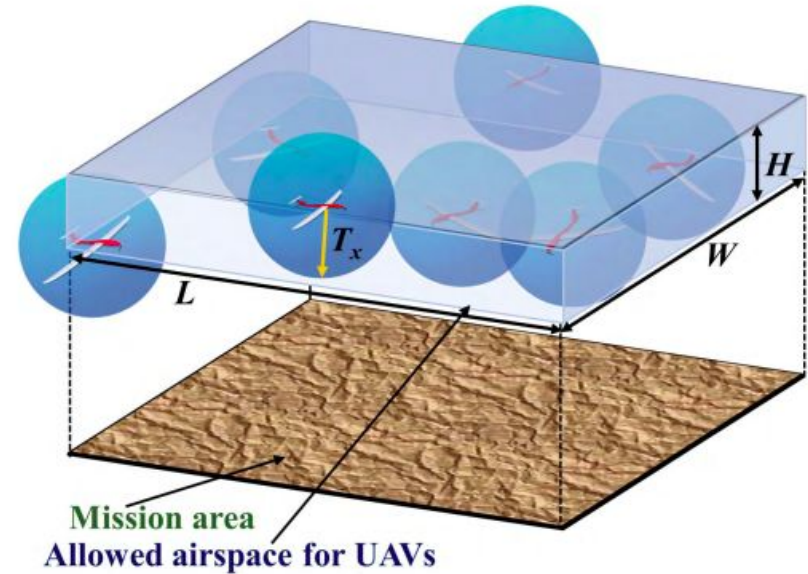
³Cumino P., Maciel K., Tavares T., Oliveira H., Rosário D., Cerqueira E., “Cluster-Based Control Plane Messages Management in Software-Defined Flying Ad-Hoc Network”. in Sensors. 2020; 20(1):67. <https://doi.org/10.3390/s20010067>

Trabalhos Relacionados

EE-Hello¹

— — —

- Algoritmo de intervalo de saudação adaptável
- Análise do espaço aéreo e número de dispositivos



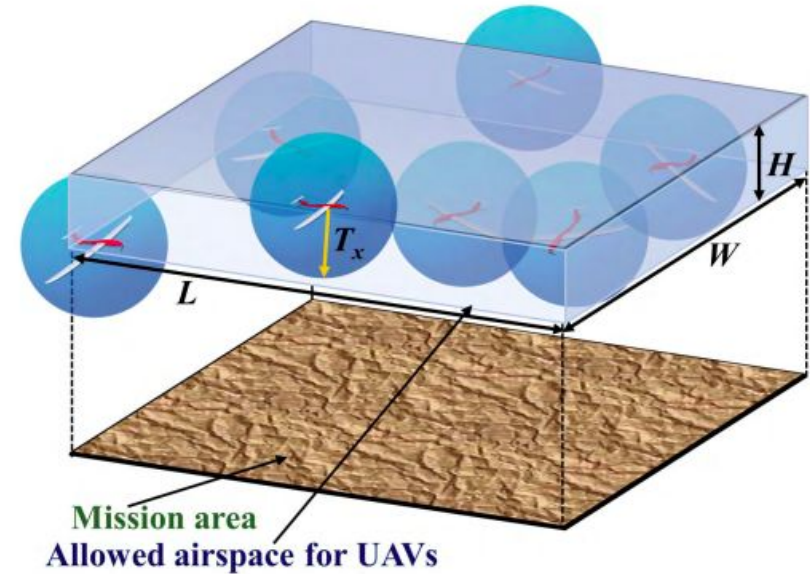
²I. Mahmud and Y. Cho, "Adaptive Hello Interval in FANET Routing Protocols for Green UAVs," in IEEE Access, vol. 7, pp. 63004–63015, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2917075.

Trabalhos Relacionados

EE-Hello¹

— — —

- + 25% de redução do consumo energético
- Restrição do espaço aéreo
- Inserção de dados offline

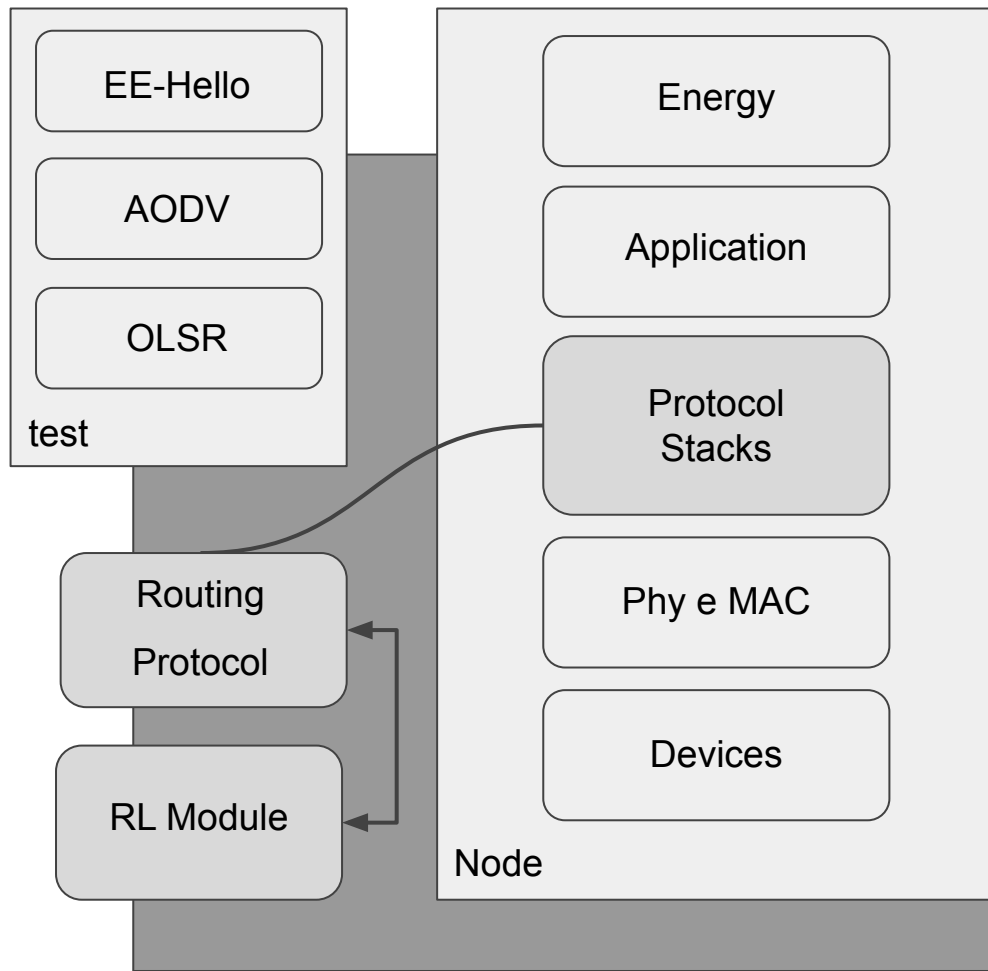


²I. Mahmud and Y. Cho, "Adaptive Hello Interval in FANET Routing Protocols for Green UAVs," in IEEE Access, vol. 7, pp. 63004–63015, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2917075.

Modelo Proposto

Visão Geral

- O agente é treinado em ambiente simulado;
- O treinamento é individual;
- Estima-se que o comportamento individual de múltiplos agentes forneça uma otimização global da rede.



Modelo Proposto

Eventos de Interesse

— — —

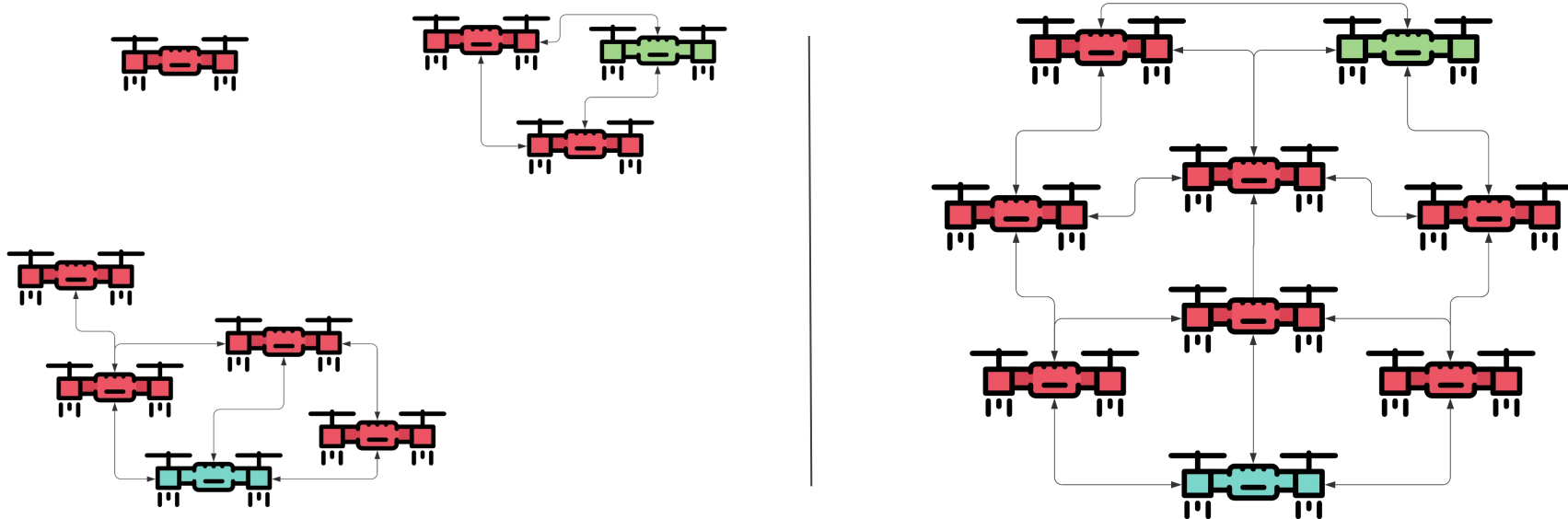


Figura 3: Eventos de interesse, segmentação e conexão total dos nós.

Modelo Proposto

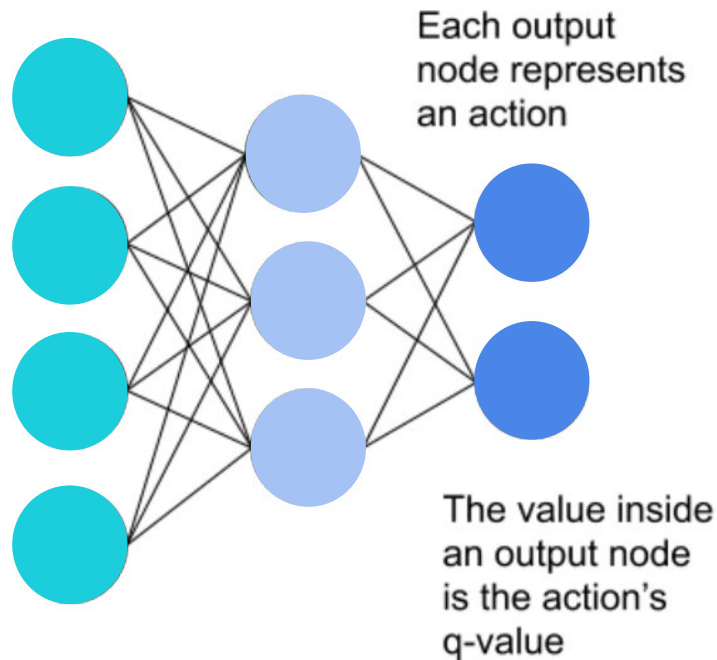
Deep Q Network

— — —

$$Q^* : State \times Action \rightarrow \mathbb{R}$$

- Algoritmo livre de modelo (que se baseia apenas em experiências)
- A rede neural mapeia os estados de entrada para pares (ação, valor Q)
- Espaço de ações discreto

Input States



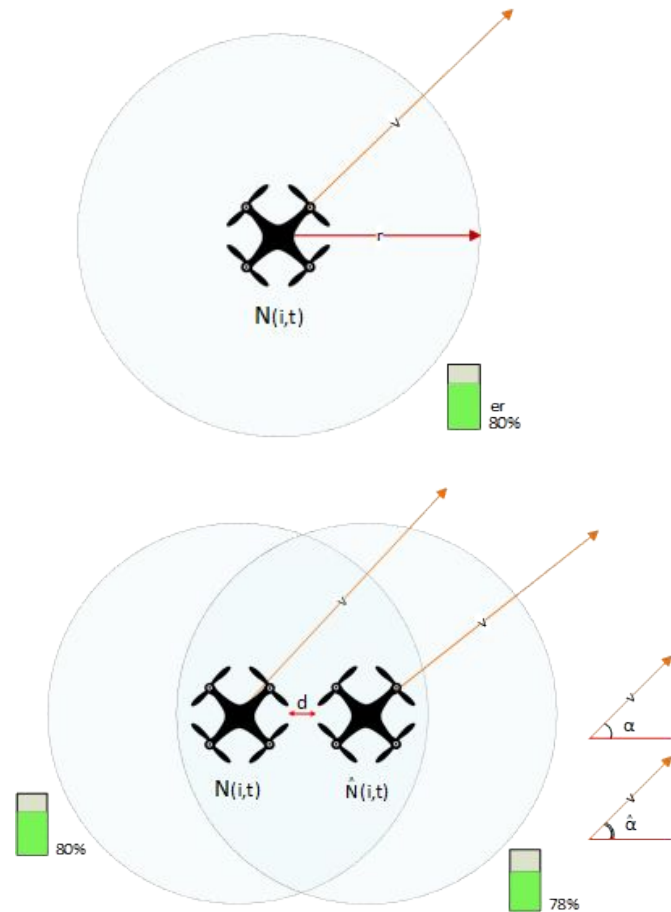
Modelo Proposto

Estado ou Entrada

— — —

Entrada ou Estado:

- $\text{Position}_{[t-1,t]}$
- Range
- $\text{Energy}_{[t-1,t]}$
- $\text{Vizinhança}_{[t-1,t]}$
- $\text{Time}_{[t-1,t]}$
- $\text{Tx}_{[t-9,t]}$
- $\text{Rx}_{[t-9,t]}$
- $\text{Actions}_{[t-9,t]}$



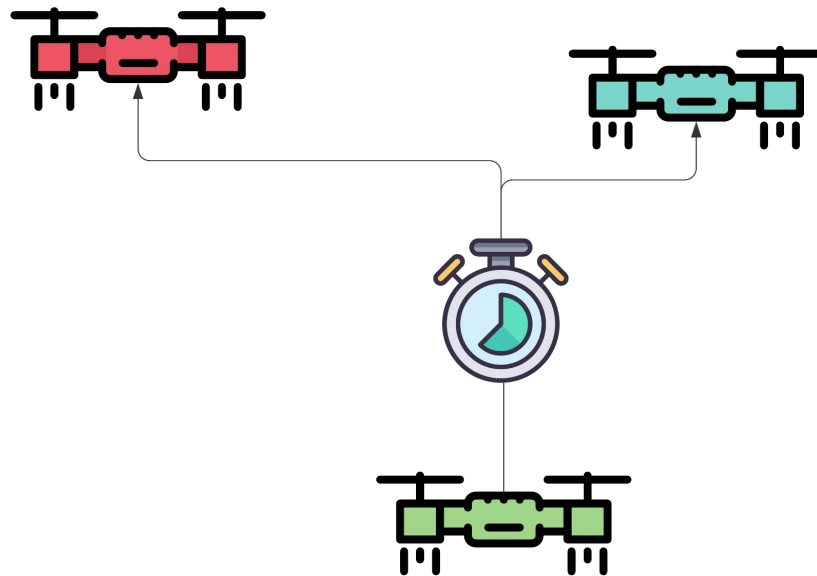
Modelo Proposto

Ação

— — —

Saída ou Ações:

- Novo intervalo de comunicação a ser atribuído;
- Intervalo entre $[0.5, 10]s$.



Modelo Proposto

Reforço

— — —

$$reward = \left[\underbrace{\left(|Rx_t - Rx_{t-1}|^{hello} - |Tx_t - Tx_{t-1}|^{hello} \right)}_{\text{Variação de mensagens recebidas e enviadas do tipo hello}} \times \underbrace{\left(\sum_{i=1}^t \frac{Rx_i^{hello} + Tx_i^{hello}}{Rx_i^{control} + Tx_i^{control}} \right)}_{\text{Razão entre mensagens do tipo hello e as demais}} - \underbrace{(energy_{t-1} - energy_t) * 10}_{\text{energia residual}} \right]$$

Variação de mensagens
recebidas e enviadas do
tipo hello

Razão entre mensagens do
tipo hello e as demais

energia residual

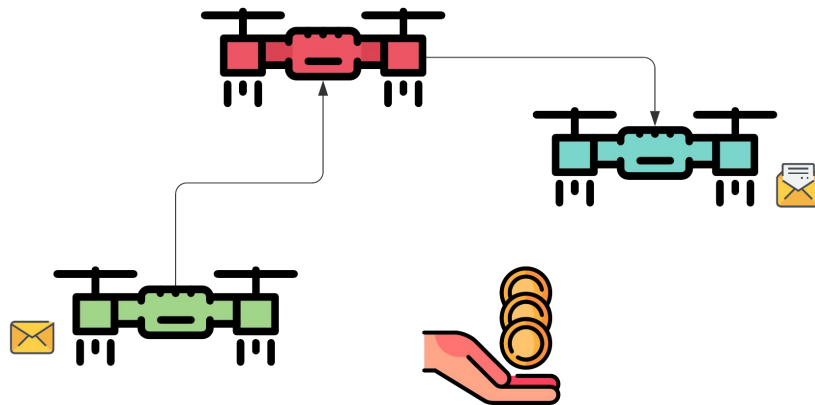
Modelo Proposto

Reforço

— — —

Modelo Simplificado:

Modelagem binária em relação ao número de mensagens de controle do tipo Hello, enviadas e recebidas ($Tx_{[t-1,t]}$ e $Rx_{[t-1,t]}$).



Modelo Proposto

Aplicação

— — —

- **Wifi:** IEEE 802.11b, taxa 2 Mb/s em modo ad hoc
- **Aplicação:** 8 pacotes de 1024 bytes por segundo
- **Range de Transmissão:** 150 metros

NS3: Simulador Open-Source, baseado em eventos discretos, destinado a pesquisa e uso educacional de sistemas de internet



Modelo Proposto

Cenário

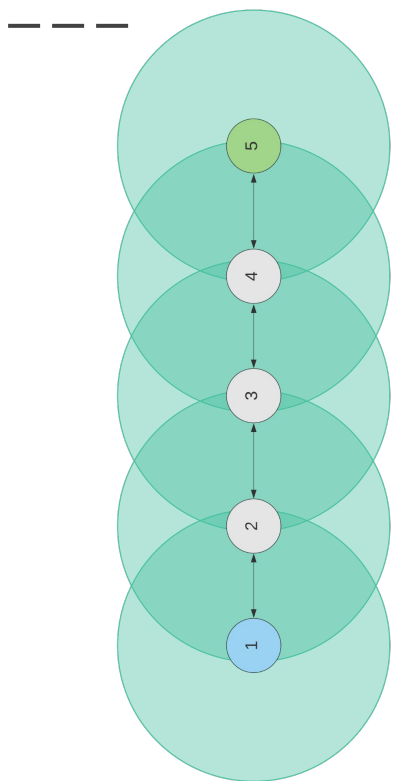


Figura 4: Topologia 1.

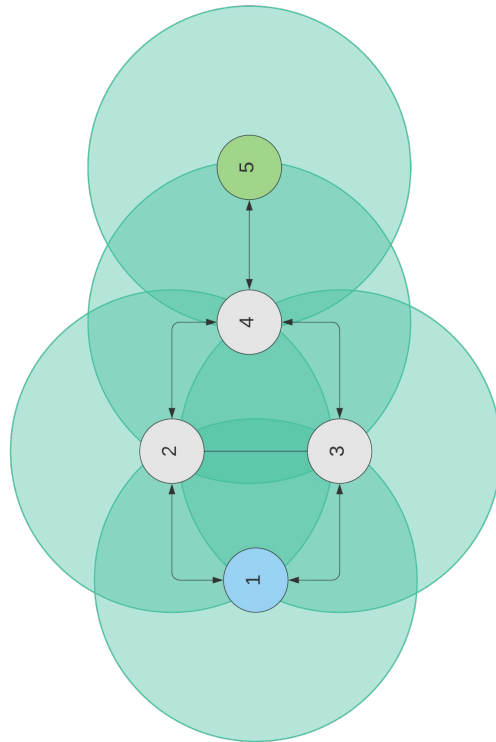


Figura 4: Topologia 2.

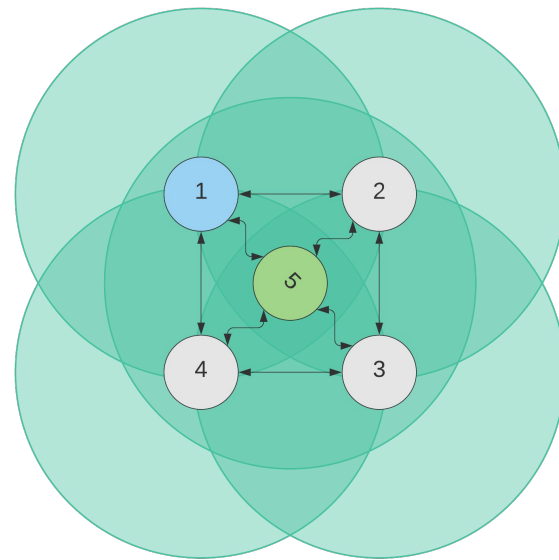


Figura 4: Topologia 3.

Modelo Proposto

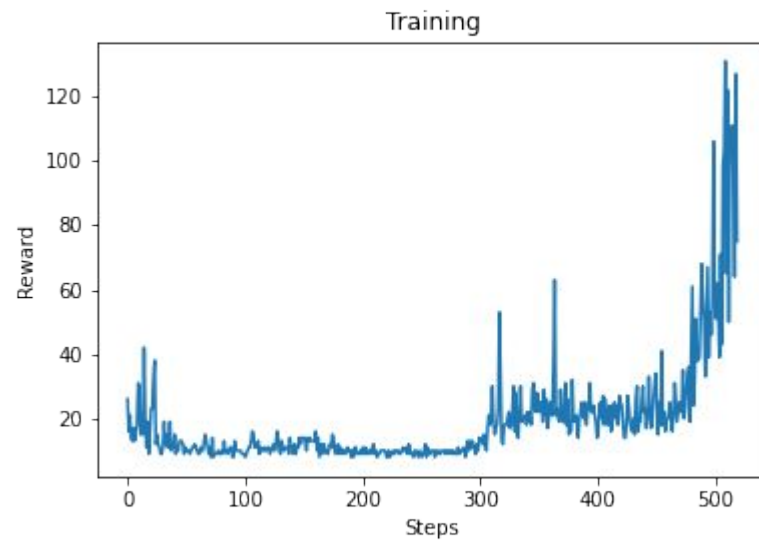
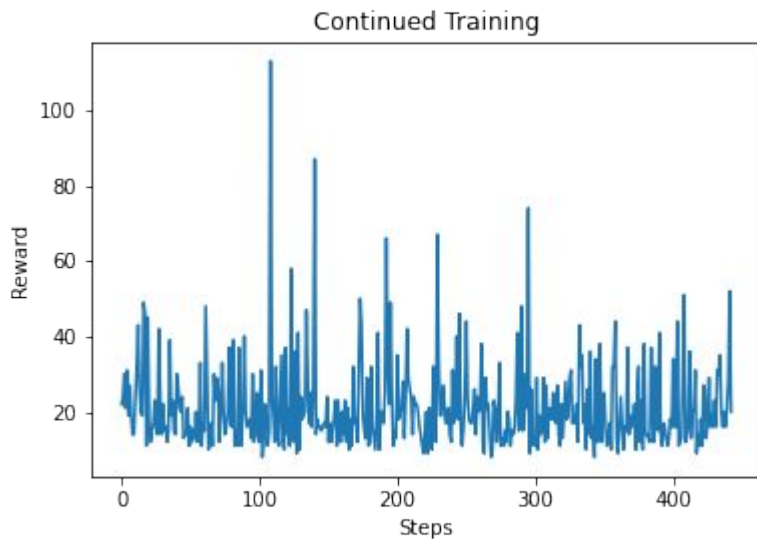
Métricas

- Overhead;
- Taxa de Transferência;
- Taxa de perda de pacotes;
- Consumo energético de transmissão;
- Avaliação das políticas.



Avaliação

Desafios

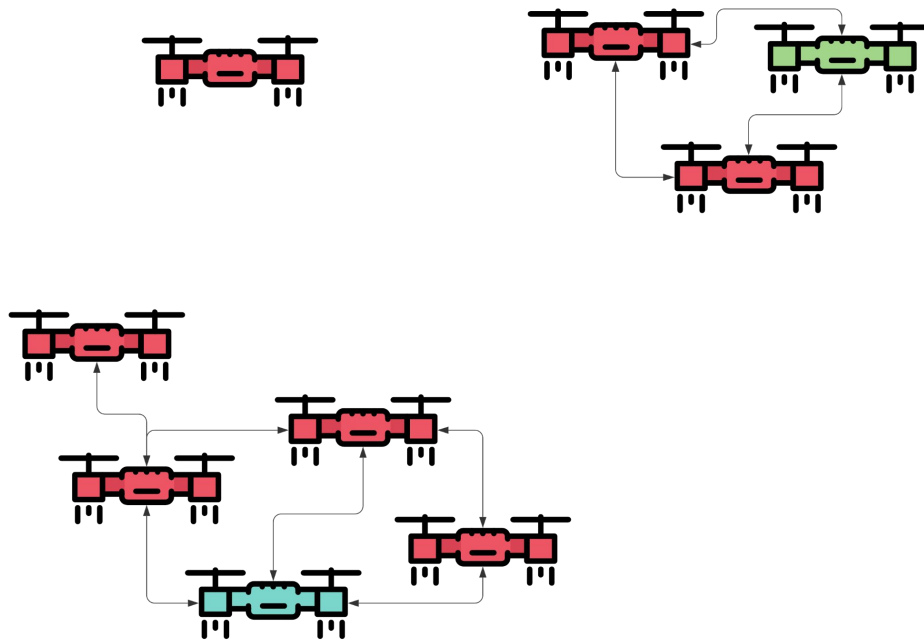


Avaliação

Próximos Passos

Próximos passos:

- Finalizar a implementação do Q-Learning e executar testes nas topologias propostas;
- Construção e testes no cenário esparsos atribuindo mobilidade aos nós.

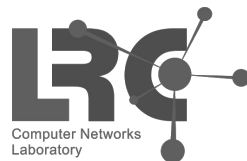


Agradecimentos

— — —



Prof. Leandro A. Villas
Prof^a. Esther L. Colombini



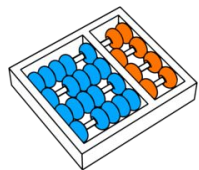
Computer Networks
Laboratory



Conselho Nacional de
Desenvolvimento Científico
e Tecnológico



Laboratório de Robótica
e Sistemas Cognitivos



Instituto de Computação e a
Unicamp

Obrigado!

