

Redes Aquáticas

Reuben Nascimento Moraes
<http://reub.in/seminario.pdf>

Outline

1. Introdução
2. Características do meio, camada física e enlace
3. Camada de rede
4. Localização
5. Mobilidade
6. Referências

Introdução

- Redes aquáticas podem ser usadas para monitorar ambientes naturais e artificiais (ex: oceano, lago de usina hidrelétrica).
- Estudos de biologia marinha, poluição dos oceanos, aquecimento global, exploração e monitoração de campos de gás e petróleo.
- Ambiente aquático apresenta várias dificuldades tecnológicas.
- Redes podem ter nós em posições ancoradas, ou livres para se mover nas correntes.

Camada física e enlace

Camada física e enlace

- Água atenua rapidamente a energia eletromagnética de alta frequência, o que dificulta o uso de tecnologias de RF típicas em redes fora d'água, diminuindo seu alcance.
- Comunicação ótica tem alta velocidade de propagação, mas devido a reflexões em partículas suspensas na água, curto alcance.
- Comunicação via ondas acústicas é a principal alternativa pois tem alcance de vários quilômetros, mas sofre de baixa velocidade de propagação e largura de banda, além de sensibilidade às características da água.

Camada física e enlace

	RF	MI	Ótica	Acústica
Troughput	Mbps	Mbps	Mbps	kbps
Alcance	10m	100m	100m	10km
Uso de energia (Tx)	Baixo	Baixo	Médio	Alto
Propagação	$\sim 0.75c$	$\sim 0.75c$	$\sim 0.75c$	$10^{-5}c$

Camada física e enlace

- Atraso de propagação **grande** e **variável** com temperatura, salinidade e profundidade: **handshakes caros** e **difícil sincronização**.
- Tx acústico gasta $\sim 100x$ mais energia que Rx: alto custo de colisões.
- Redes esparsas, baixa correlação entre leituras de nós sensores: pouca redundância nos dados.
- *Near-Far Effect*: nós com P_{Tx} iguais \rightarrow nós próximos geram muito ruído e tornam impossível escutar nós distantes

Camada física e enlace

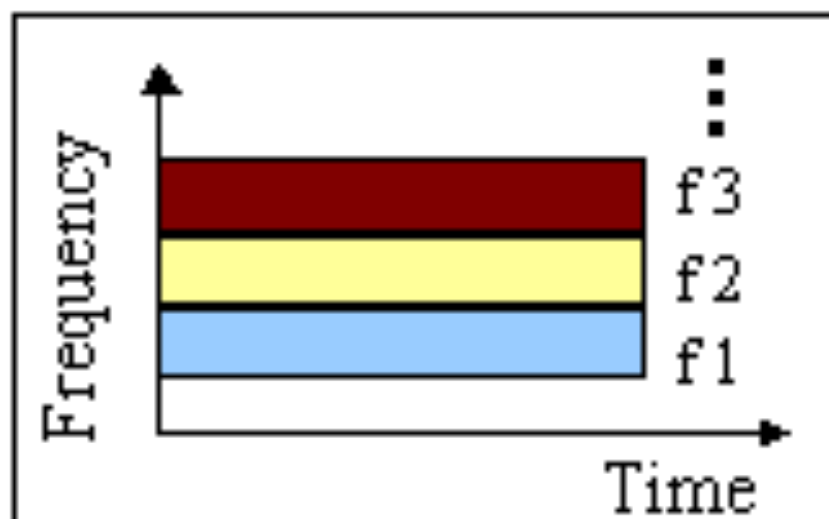
- MAC: três categorias
 - Livre de colisão
 - Com colisão
 - Baseado em reserva

Camada física e enlace

- Protocolos MAC livres de colisão: FDMA, TDMA, CDMA

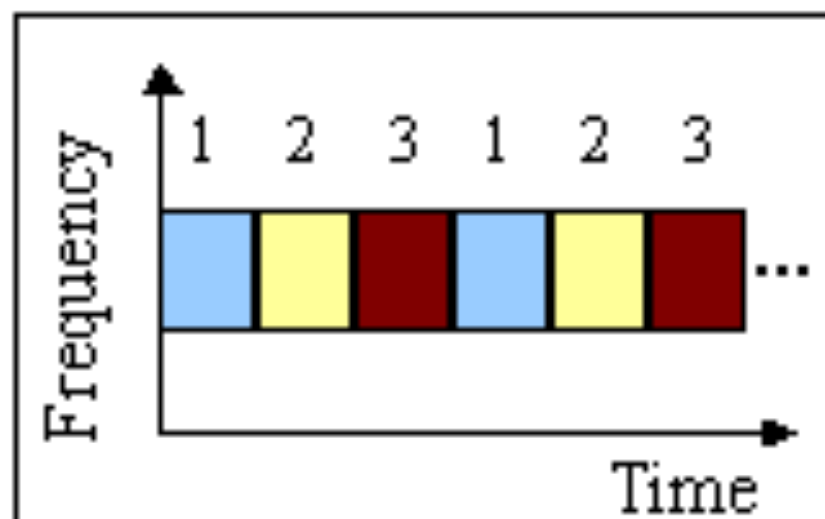
FDMA

(Frequency Division
Multiple Access)



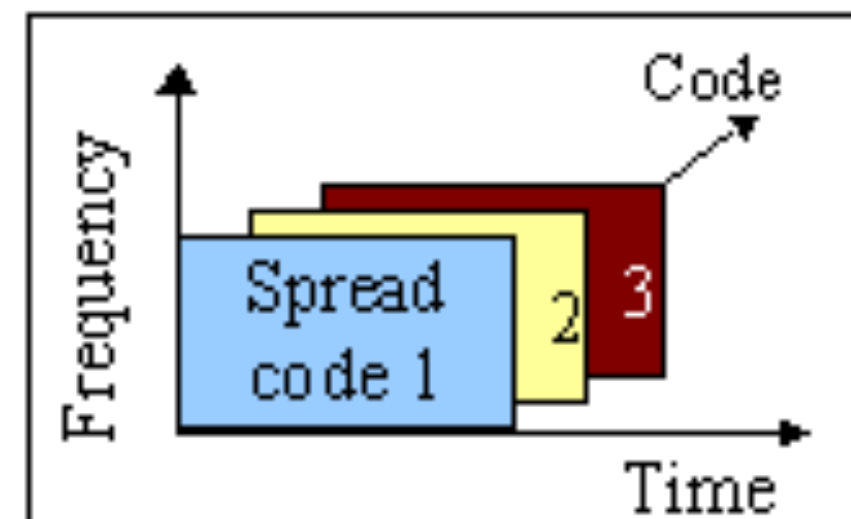
TDMA

(Time Division
Multiple Access)



CDMA

(Code Division
Multiple Access)



Camada física e enlace

- Protocolos MAC livres de colisão: FDMA, TDMA, CDMA
- Vantagens: simples, FDMA e CDMA permitem comunicações simultâneas sem handshaking.
- Desvantagens: sincronização difícil, dificuldades práticas em manter ortogonalidade, baixa utilização do meio devido à velocidade de propagação.
- Exemplo de protocolo: UW-OFDMAC

Camada física e enlace

- Protocolos com colisão: ALOHA, CSMA/MACA/FAMA
- Vantagens: Atraso de propagação pode ser usado para fazer outras transmissões de controle enquanto CTS é esperado.
- Desvantagens: Performance depende da precisão da informação sobre o meio (estimativas de tempo de atraso). Controle de colisão focado no transmissor.
- Exemplo de protocolo: ISA-ALOHA, Ordered CSMA

Camada física e enlace

- Protocolos baseados em reservas
- Vantagens: Intervalos sincronizados permitem que nós durmam, economizando energia. Uso de tons é resiliente a interferência comparado com mensagens e também economiza energia.
- Desvantagens: Custoso em topologias descentralizadas devido à troca de mensagens.
- Exemplos de protocolos: R-MAC, T-Lohi

Camada de rede

Camada de rede

- Protocolos pró-ativos e reativos gastam banda preciosa para estabelecimento e manutenção de rota, o ideal é usar um protocolo geográfico.
- Roteamento geográfico promissor, pode usar características específicas do meio: roteamento baseado em pressão.
- Ideia geral: rotear geograficamente para uma boia na superfície que pode então utilizar meios convencionais de transmissão.
- Exemplo de protocolo: GEDAR

Localização

Localização

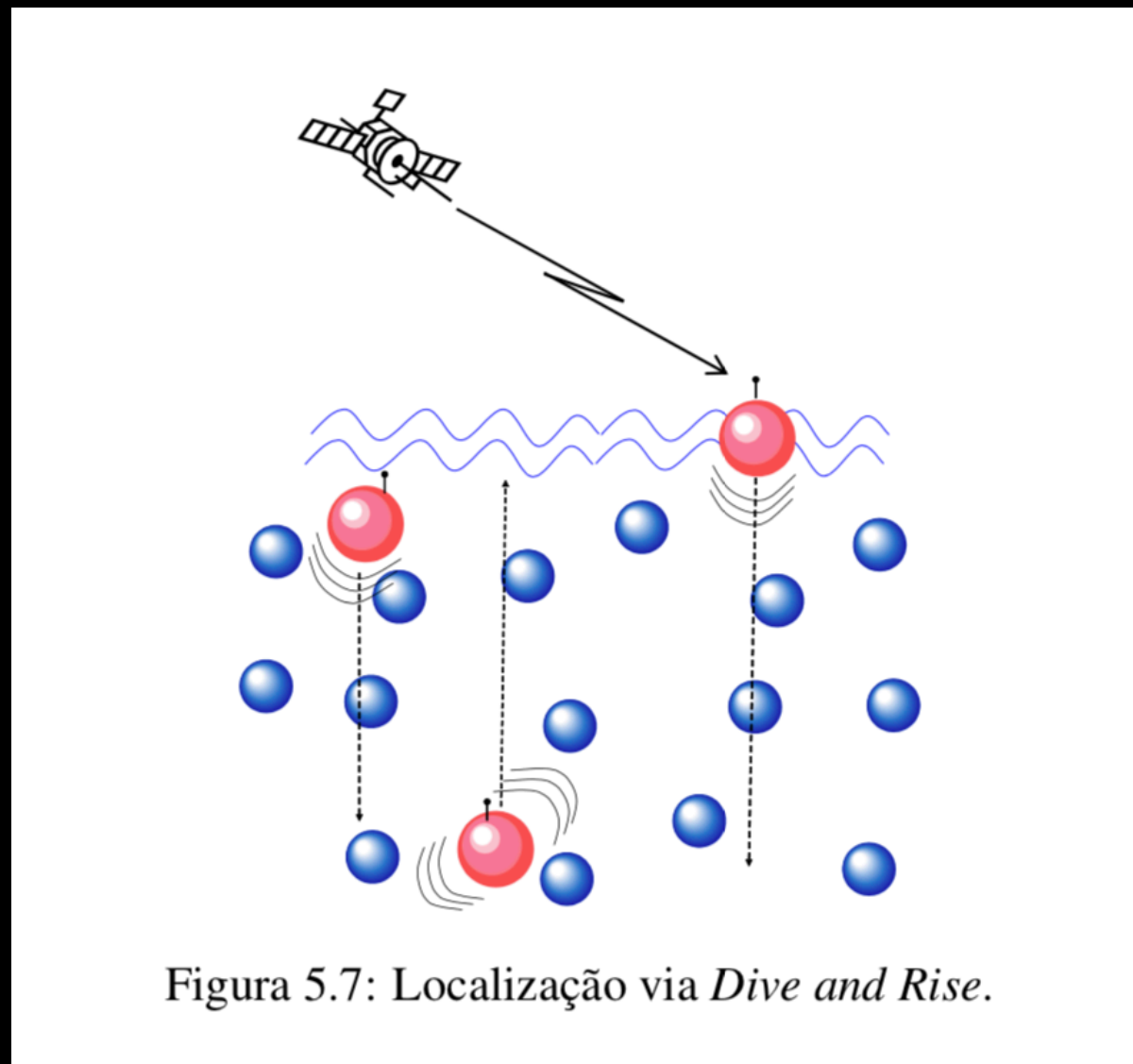
- É preciso associar os dados sensorizados por um nó sensor à localização do nó.
- Sinal GPS (1.5GHz) é rapidamente atenuado na água.
- Ideia geral: trilateração a partir de pontos conhecidos.
- Diferentes métodos: com auxílio de veículos aquáticos autônomos, com nós *dive-and-rise*, e com fonte acústica baseada em pulso de laser (Vieira et al 2009).
- Caso os dados não precisem ser analisados em tempo real, localização pode usar pós-processamento. (Mirza and Schurgers)

Localização

- Localização com veículos aquáticos autônomos:
- Veículo obtém coordenada de GPS na superfície, e depois submerge e navega pelos nós, enviando beacons de localização.
- Nós utilizam trilateração ou bounding box para estimar sua localização a partir do atraso da resposta.

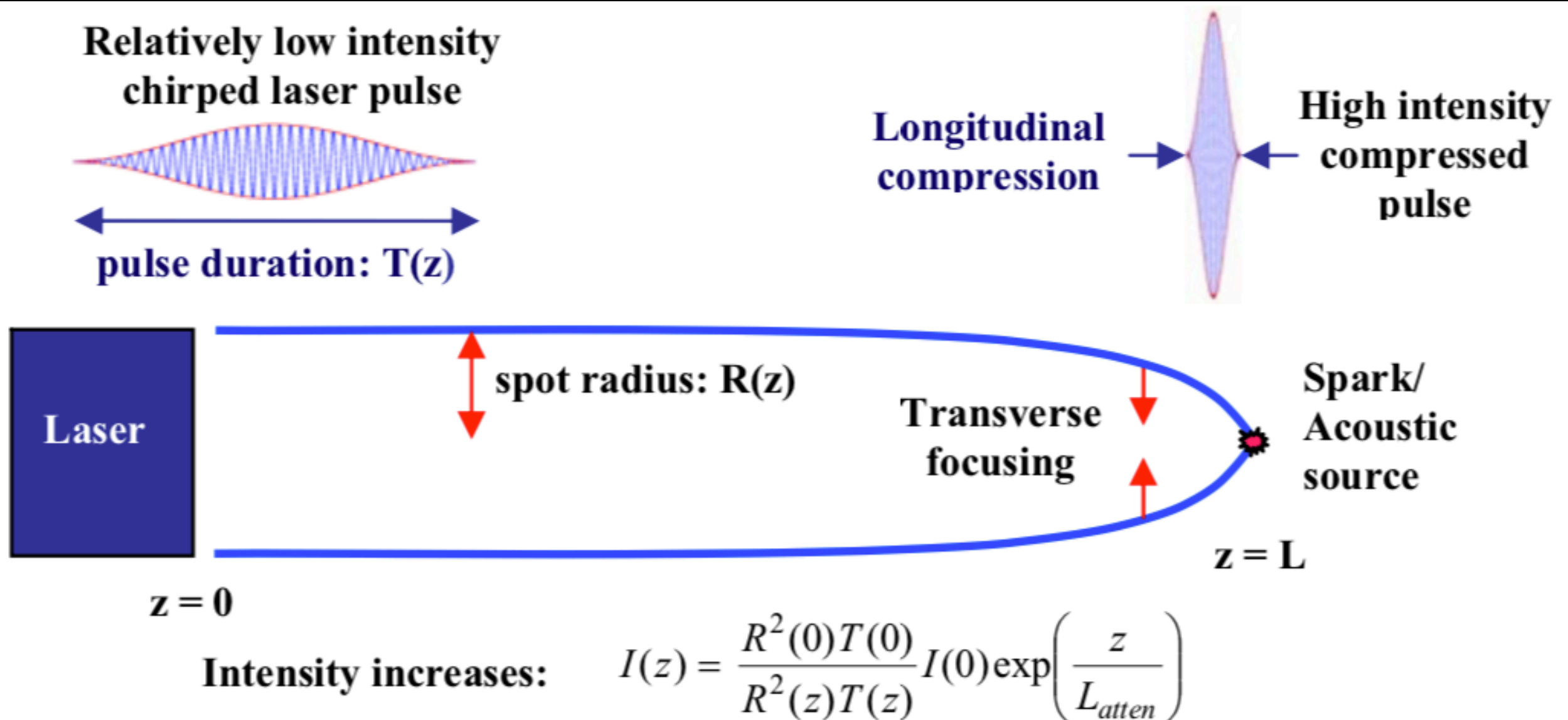
Localização

- Localização com nós *dive-and-rise*:



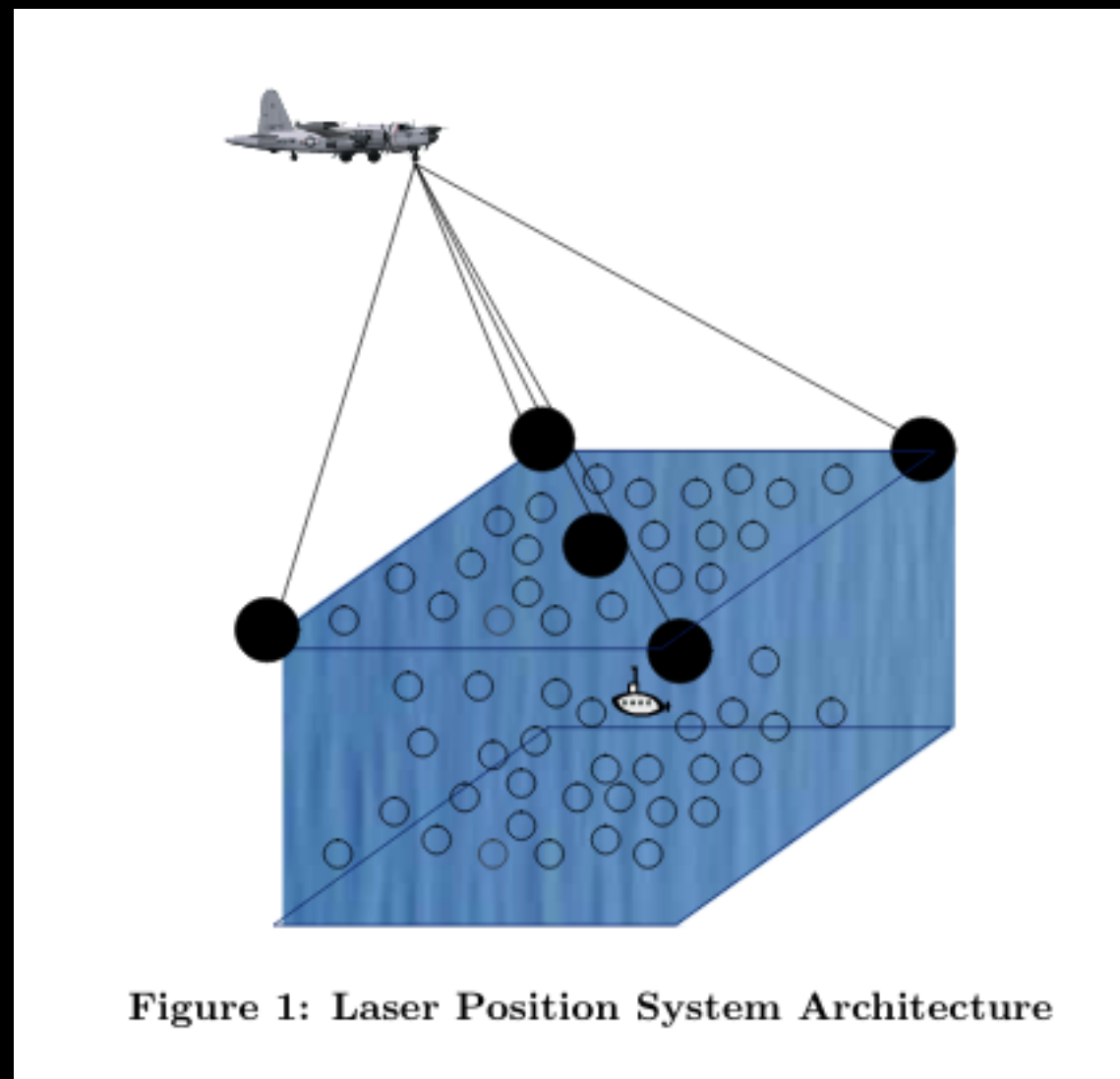
Localização

- Localização com fonte acústica baseada em pulso de laser:



Localização

- Localização com fonte acústica baseada em pulso de laser:



Localização

- Serviços de localização: quorum, hashing, feromônio
- Como espalhar informação de localização ao longo da rede. Um exemplo:

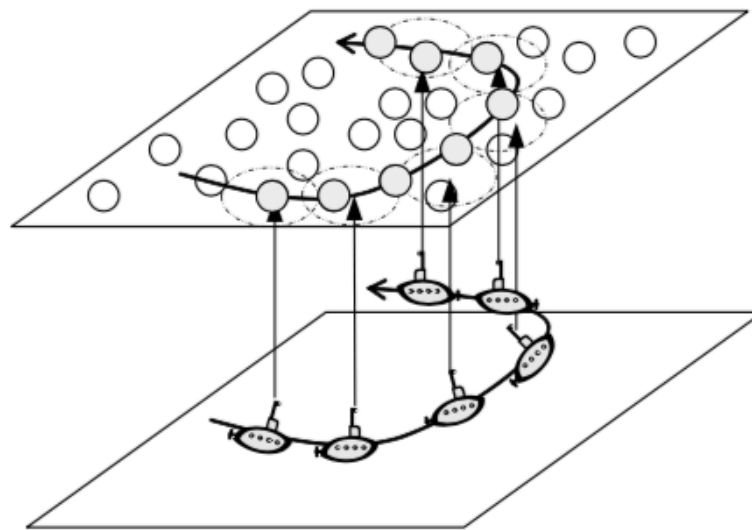


Figura 5.11: Atualização periódica.

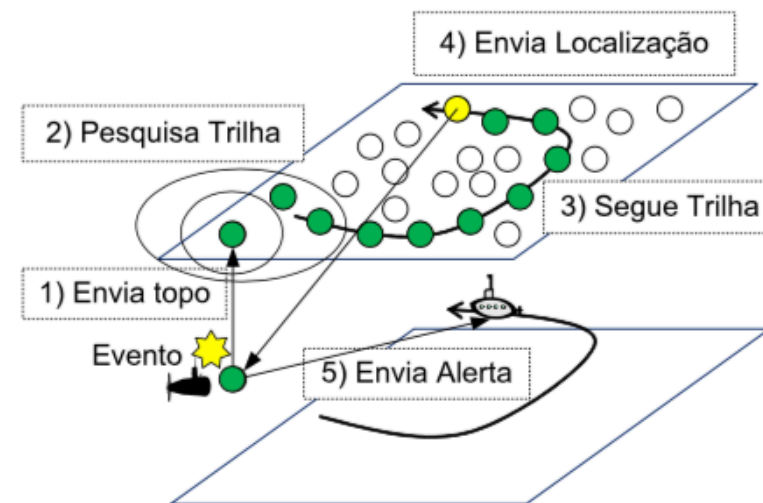


Figura 5.12: Consulta.

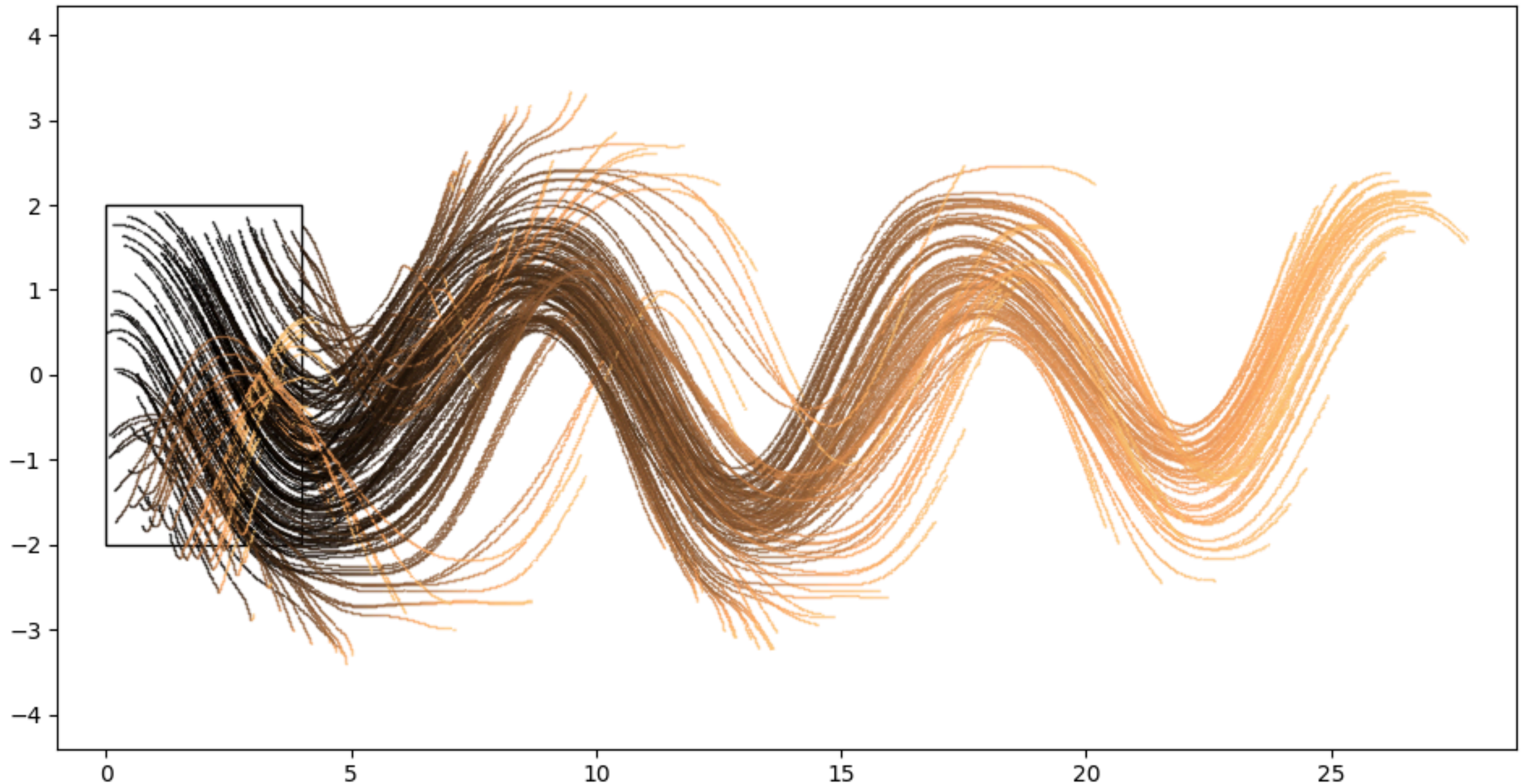
Mobilidade

Mobilidade

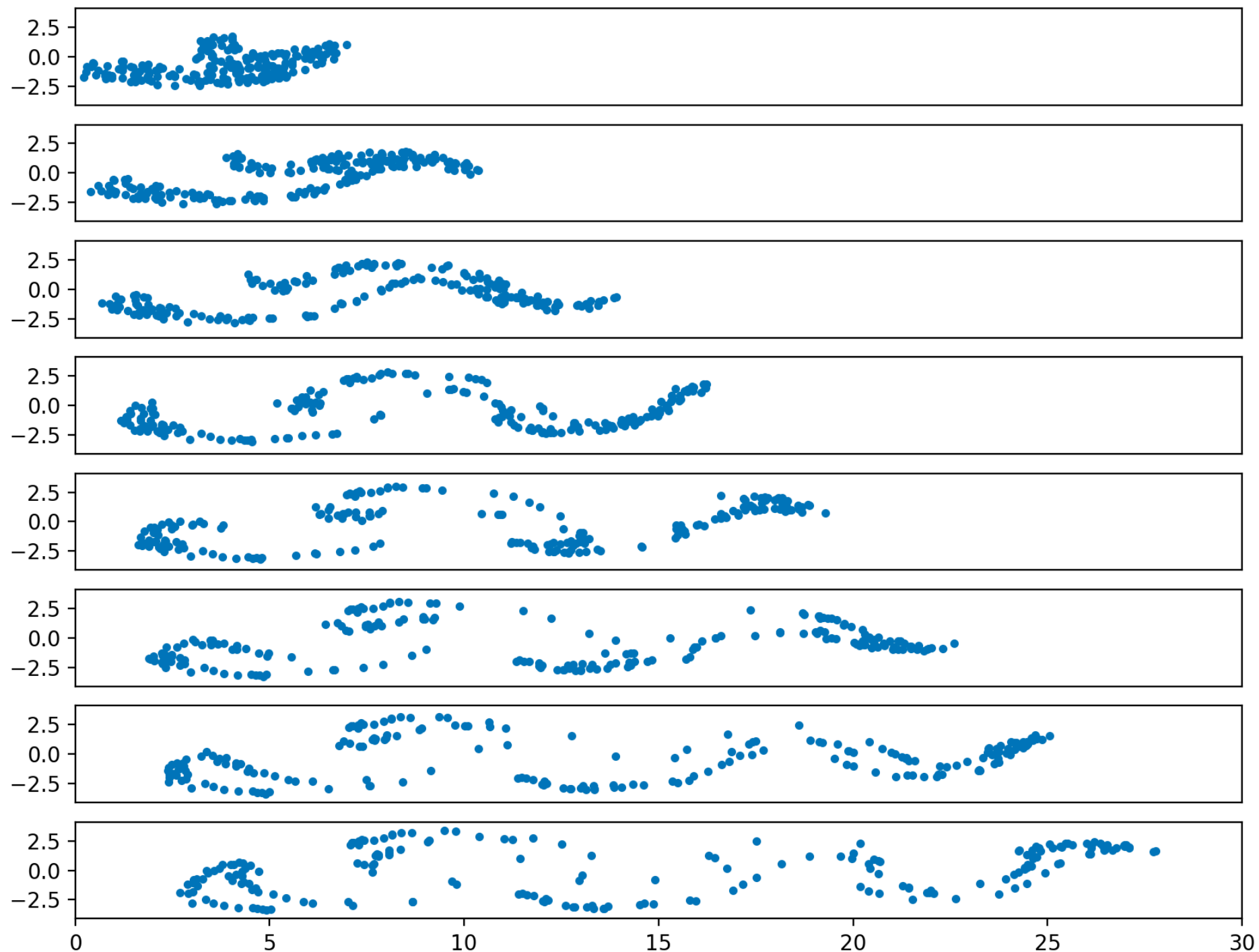
- Modelos de mobilidade são importantes para reduzir overhead dos protocolos de roteamento, localização, além de permitir melhor planejamento do *deployment* de redes aquáticas.
- Meandering Current Mobility model: mobilidade de acordo com as correntes do oceano.

$$\psi(x, y, t) = -\tanh \left[\frac{y - B(t) \sin(k(x - ct))}{\sqrt{1 + k^2 B^2(t) \cos^2(k(x - ct))}} \right] \quad (3)$$

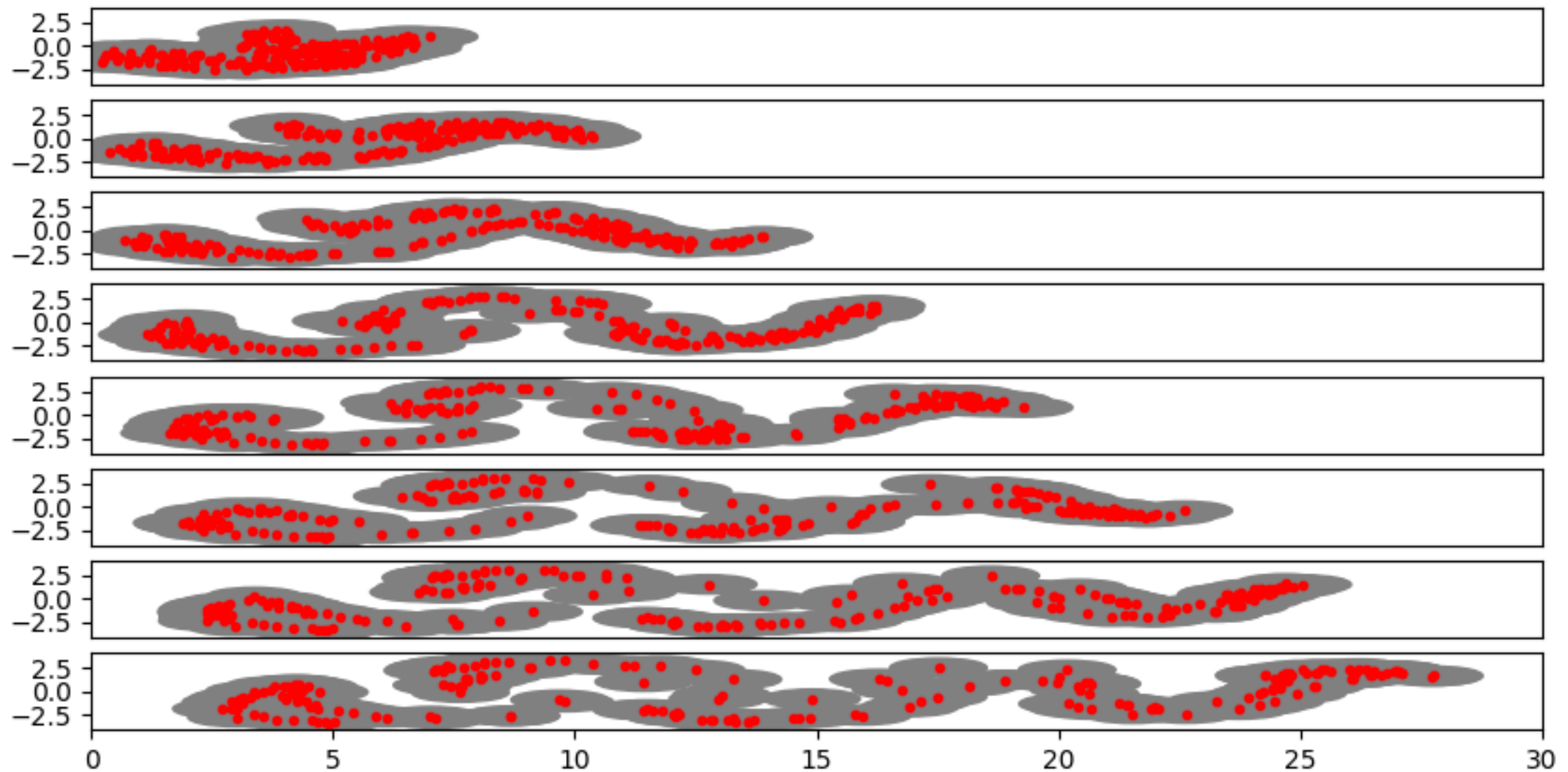
Mobilidade



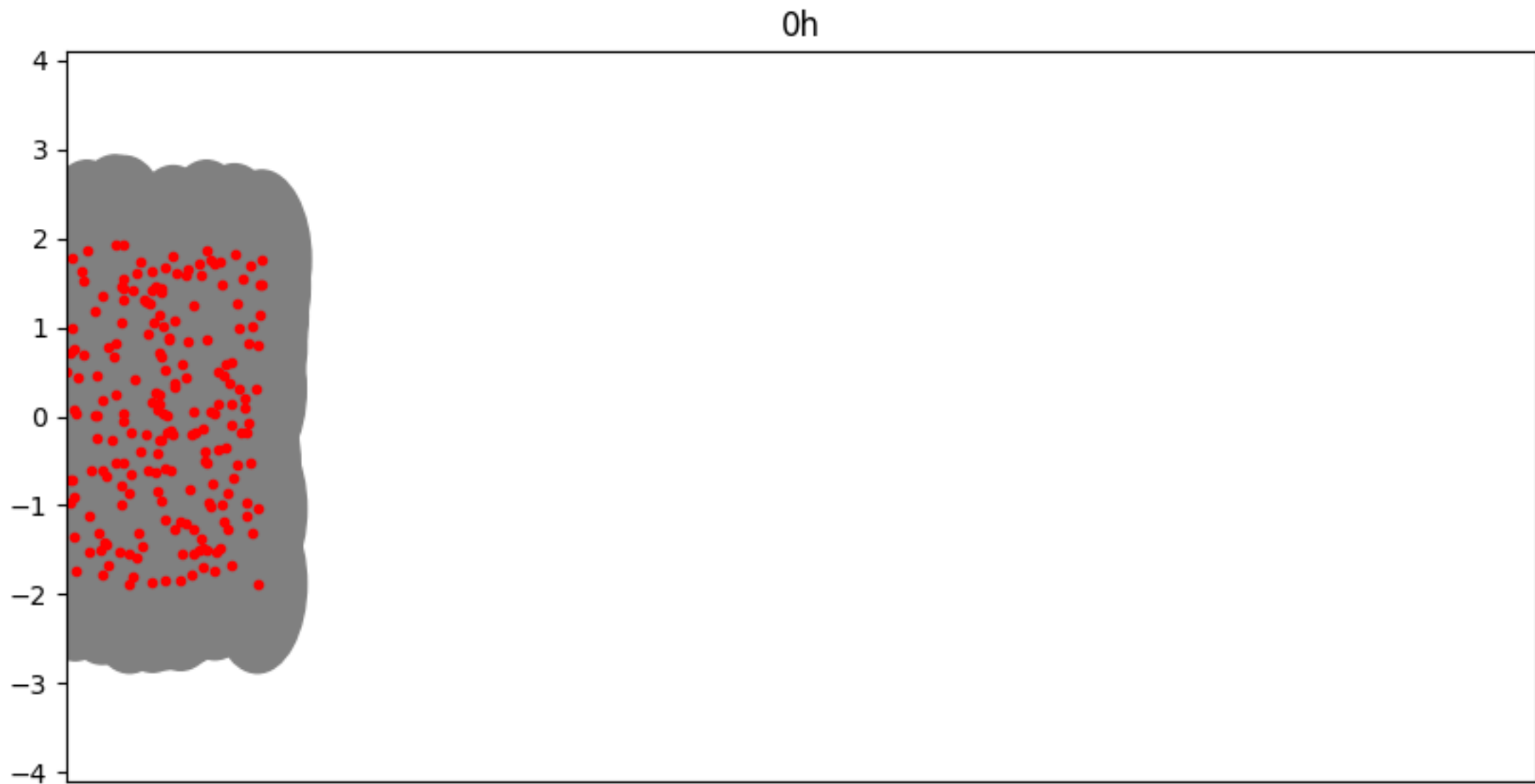
Mobilidade



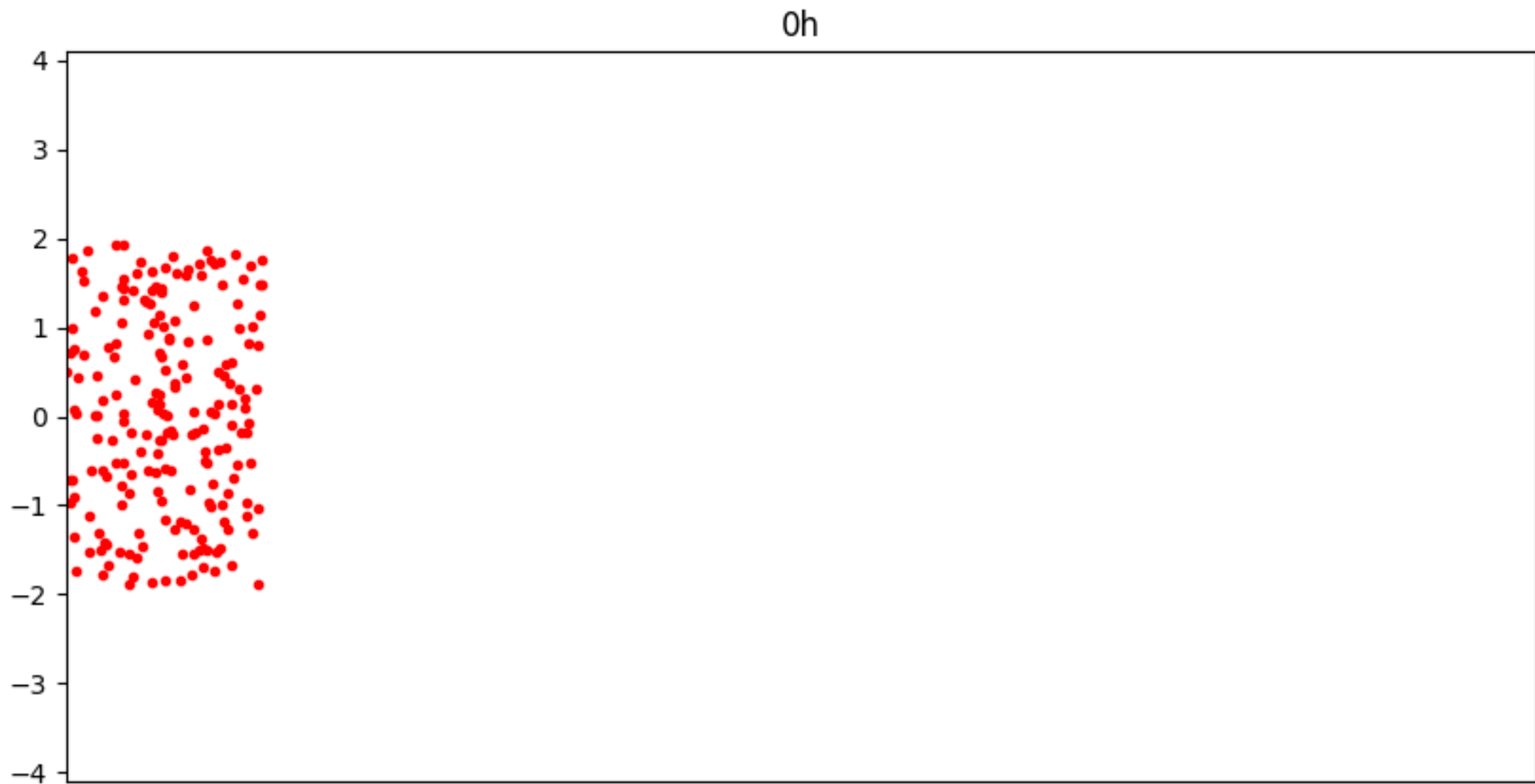
Mobilidade



Mobilidade



Mobilidade



Referências

- VIEIRA, L. et al. Redes de sensores aquáticas. **XXVIII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, Gramado, RS, Brasil, v. 24, 2010.
- AKYILDIZ, Ian F.; WANG, Pu; SUN, Zhi. Realizing underwater communication through magnetic induction. **IEEE Communications Magazine**, v. 53, n. 11, p. 42-48, 2015.
- CHEN, Keyu et al. A survey on MAC protocols for underwater wireless sensor networks. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 16, n. 3, p. 1433-1447, 2014.
- JIANG, S. M. State-of-the-art medium access control (MAC) protocols for underwater acoustic networks: a survey based on a MAC reference model. **IEEE Commun. Surv. Tutor**, v. 20, n. 1, p. 1, 2018.

Referências

- SYED, Affan A.; YE, Wei; HEIDEMANN, John. Comparison and evaluation of the T-Lohi MAC for underwater acoustic sensor networks. **IEEE Journal on Selected Areas in Communications**, v. 26, n. 9, 2008.
- COUTINHO, Rodolfo WL et al. Geographic and opportunistic routing for underwater sensor networks. **IEEE Transactions on Computers**, v. 65, n. 2, p. 548-561, 2016.
- EROL, Melike; VIEIRA, Luiz Filipe M.; GERLA, Mario. AUV-aided localization for underwater sensor networks. In: **Wireless Algorithms, Systems and Applications**, 2007. WASA 2007. International Conference on. IEEE, 2007. p. 44-54.
- JONES, Ted G. et al. Remote underwater ultrashort pulse laser acoustic source. In: **Lasers and Electro-Optics, 2006 and 2006 Quantum Electronics and Laser Science Conference**. CLEO/QELS 2006. Conference on. IEEE, 2006. p. 1-2.

Referências

- VIEIRA, L. F. M. et al. LPS: Laser positioning system for underwater networks. In: **ACM International Workshop on Underwater Networks, WUWNet**. 2009.
- MIRZA, Diba; SCHURGERS, Curt. Energy-efficient ranging for post-facto self-localization in mobile underwater networks. **IEEE Journal on Selected Areas in Communications**, v. 26, n. 9, 2008.
- BOUABDALLAH, Fatma; BOUTABA, Raouf. A Distributed OFDMA Medium Access Control for Underwater Acoustic Sensors Networks. In: **ICC**. 2011. p. 1-5.
- SYED, Affan A.; YE, Wei; HEIDEMANN, John. T-Lohi: A new class of MAC protocols for underwater acoustic sensor networks. In: **INFOCOM 2008. The 27th Conference on Computer Communications**. IEEE, 2008. p. 231-235.