

Drones na Cidade Grande: Reduzindo Colisões em Entregas Aéreas

Fabíola M. C. de Oliveira¹, Luiz F. Bittencourt²,
Reinaldo A. C. Bianchi³ e Carlos A. Kamienski¹



INCT
InterSCity

¹Universidade Federal do ABC

²Universidade Estadual de Campinas

³Centro Universitário da FEI

Cenário de Serviço de Entregas Aéreas

- Serviço de entregas aéreas de encomendas com drones
- Centro de distribuição (CD) para cada empresa
- Dronepontos de entrega

Droneponto da operadora de logística laranja

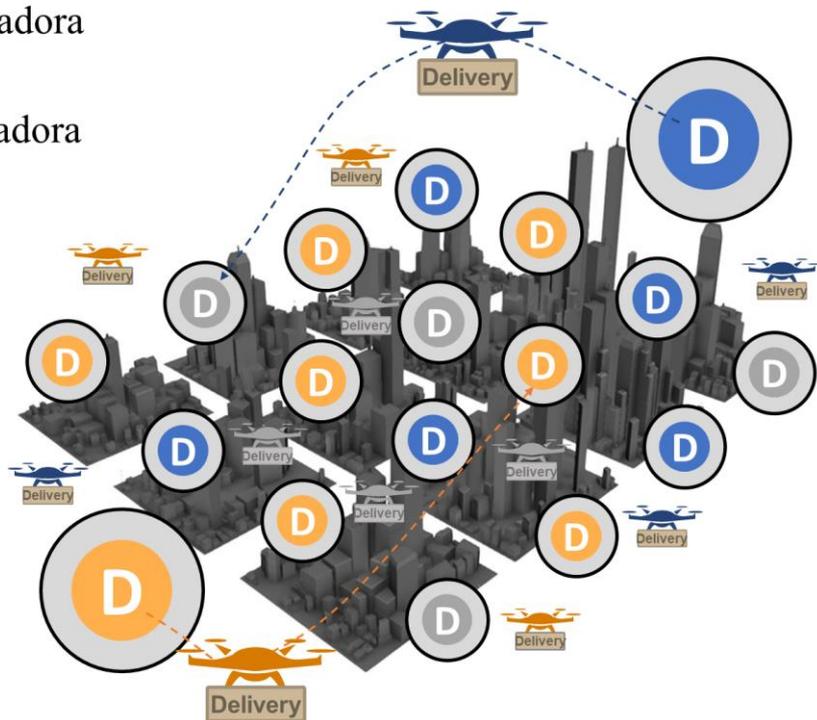
Droneponto da operadora de logística azul

Droneponto de outras missões

Drone da operadora de logística laranja

Drone da operadora de logística azul

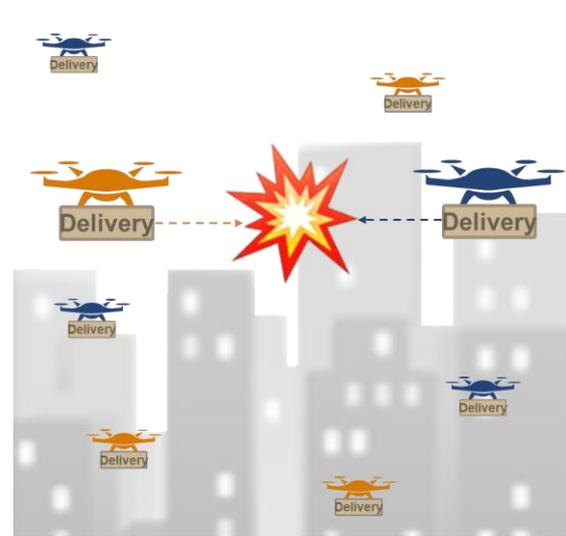
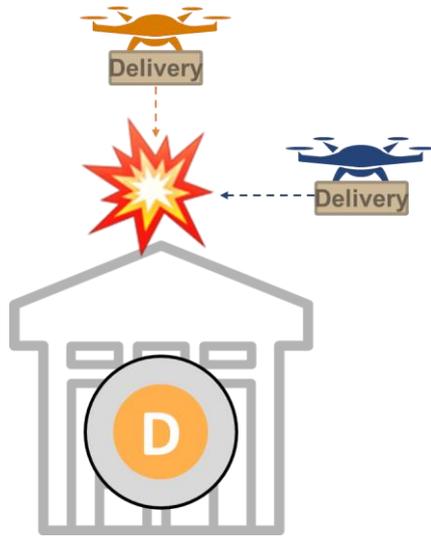
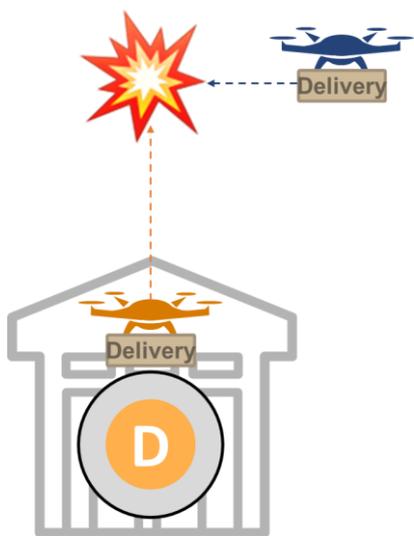
Drone de outras missões



Drones para Serviços de Entrega

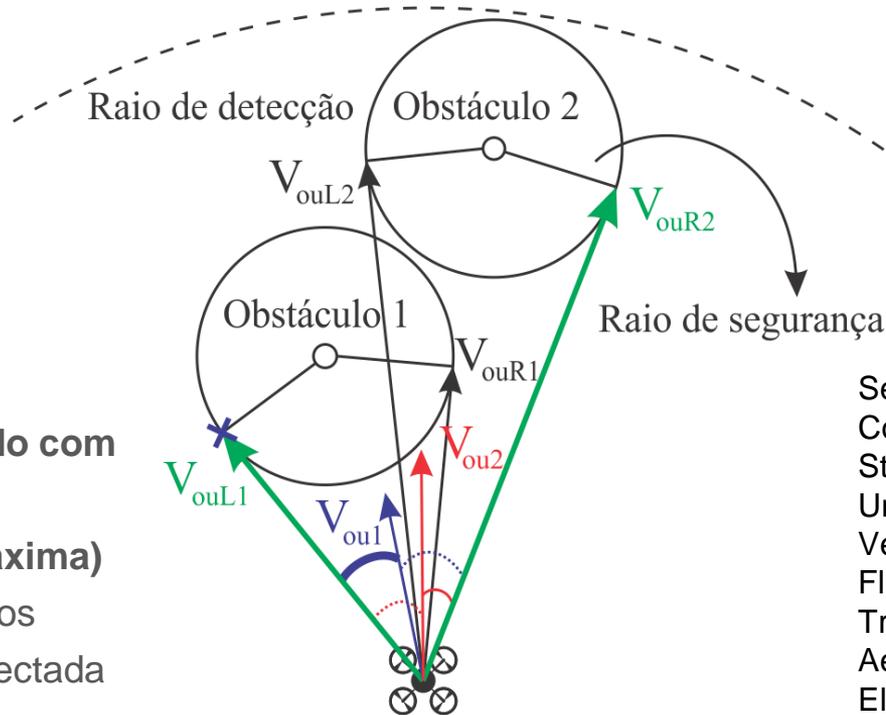


Situações de colisão



Estratégia Geométrica Proposta por Seo et al.

- **Seo et al.**
 1. Detecta colisão
 2. Calcula e realiza desvio
 3. Termina desvio
- Características:
 1. Desvio em forma de ângulo
 2. Sem desvio emergencial
 3. **Manobrabilidade de acordo com desvio**
 4. **Velocidade constante (máxima)**
 5. Desvio em relação a todos os obstáculos com colisão detectada

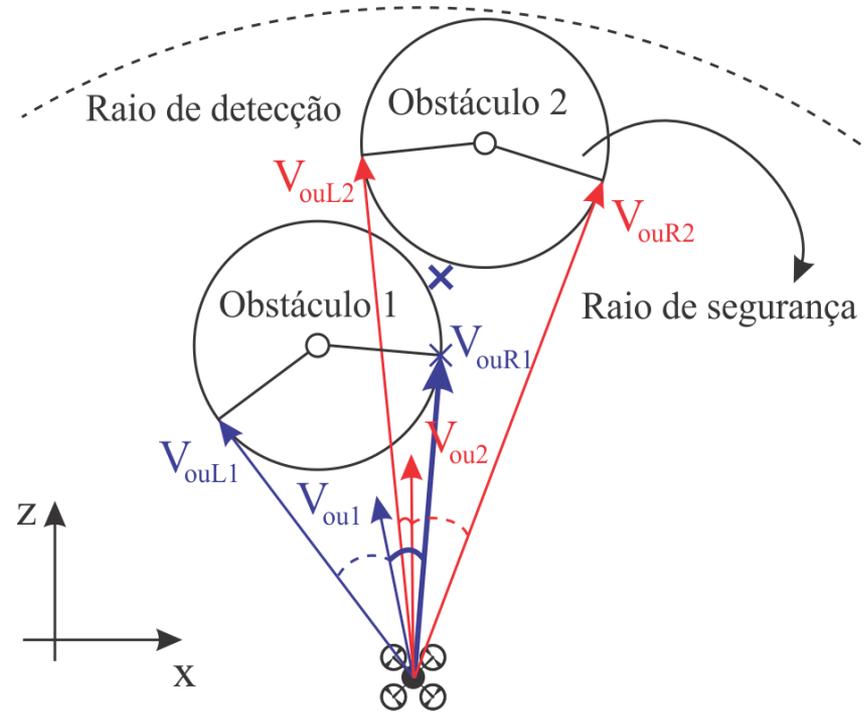


Seo, J., et al. (2017). Collision Avoidance Strategies for Unmanned Aerial Vehicles in Formation Flight. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems.

Estratégia Geométrica Proposta

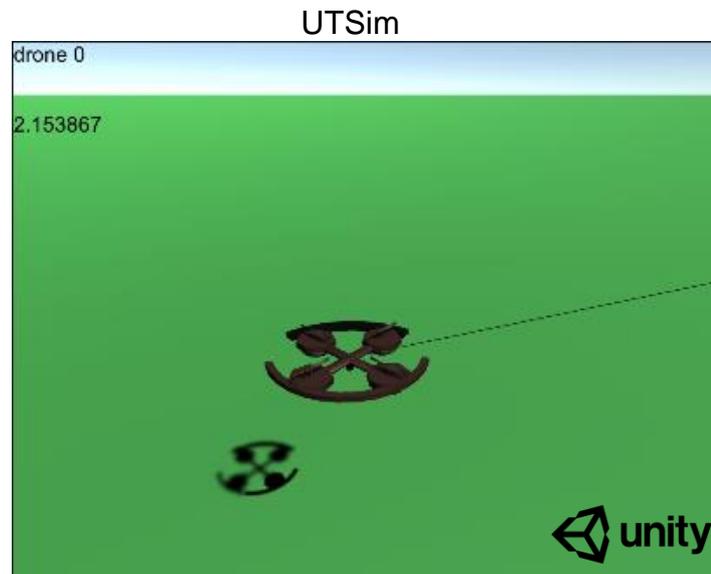
- **GeoDrone**

1. Desvio em forma de posição
2. Tolerância para o término de desvio
3. Ângulo de desvio emergencial
4. **Desvio longitudinal para manobrabilidade de 150%/s**
5. **Velocidade inicial aleatória entre máxima e metade**
6. **Redução de velocidade em caso de colisão detectada para valor aleatório entre atual e metade**
7. Desvio em relação ao primeiro obstáculo ou obstáculo mais próximo



Metodologia - Drones

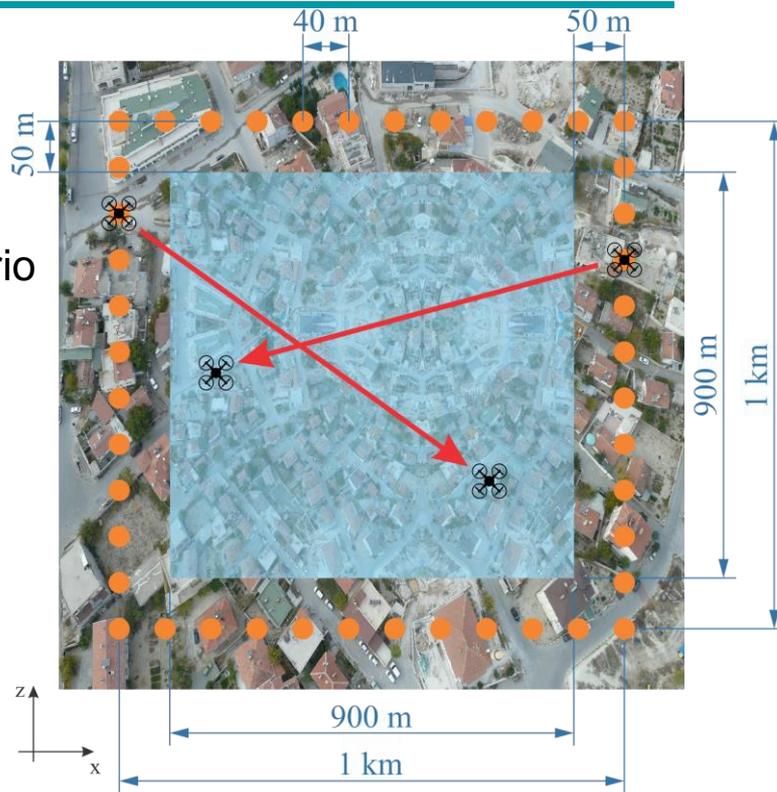
- Velocidade máxima: 20 m/s
- Raio de segurança: 30 m
- Raio de detecção: 100 m (LiDAR)
- Sete frotas:
 - 2, 5, 10, 20, 50, 100 e 200 drones
- Plano de voo:
 - Decolagem a altitude de 10 m
 - Voo até ponto de entrega
 - Pouso, entrega e decolagem
 - Retorno ao CD de origem
 - Pouso



- Al-Mousa et al. (2019). UTSim: A framework and simulator for UAV air traffic integration, control, and communication. International Journal of Advanced Robotic Systems

Metodologia

- Ambiente de simulação:
 - 100 CDs – um a cada 40 m
 - Decolagens a cada 10 s de CD aleatório
 - Área de entrega: 0,81 km²
 - 30 execuções
- Três abordagens
 - *Fazer nada*
 - Desvio *Seo et al*
 - Desvio **GeoDrone**



Resultados – Número de Drones Colidentes

Seo et al: +36% *Fazer nada*

densidade maior

GeoDrone:

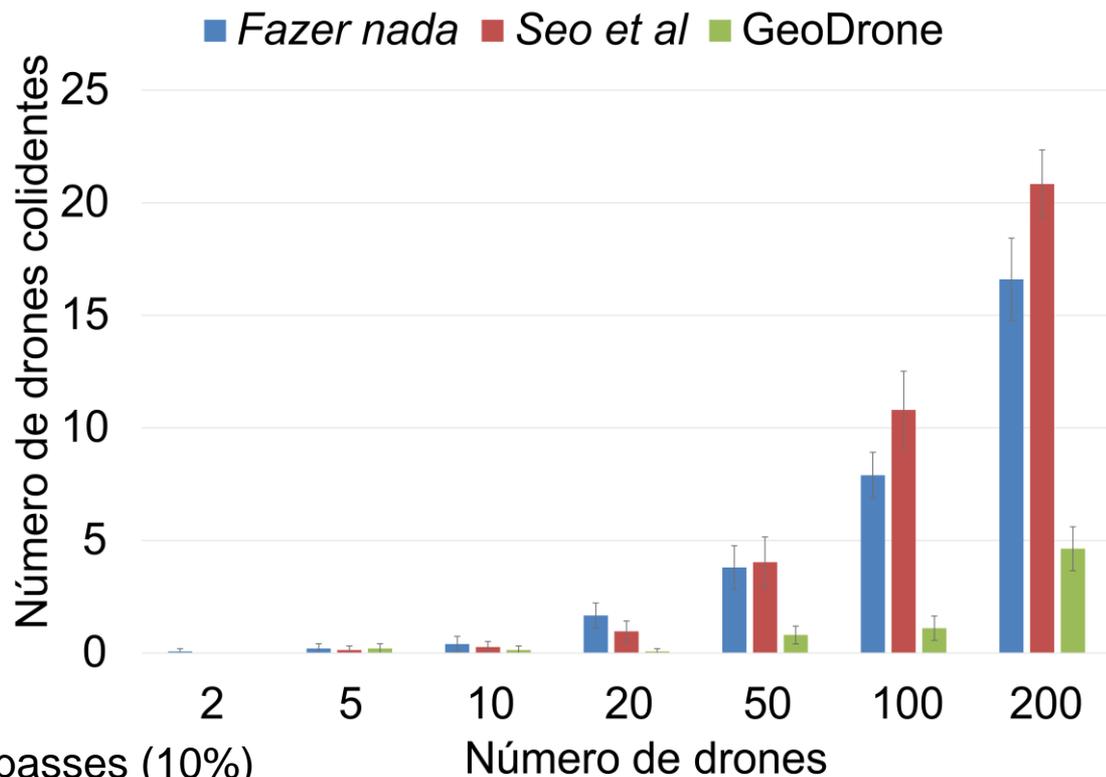
até 25x menos que *Fazer nada* e

até 14,5x menos que *Seo et al*

Manobrabilidade 150°/s: 4,4x

Velocidade inicial aleatória: 2,24x

Redução de velocidade: eliminou impasses (10%)

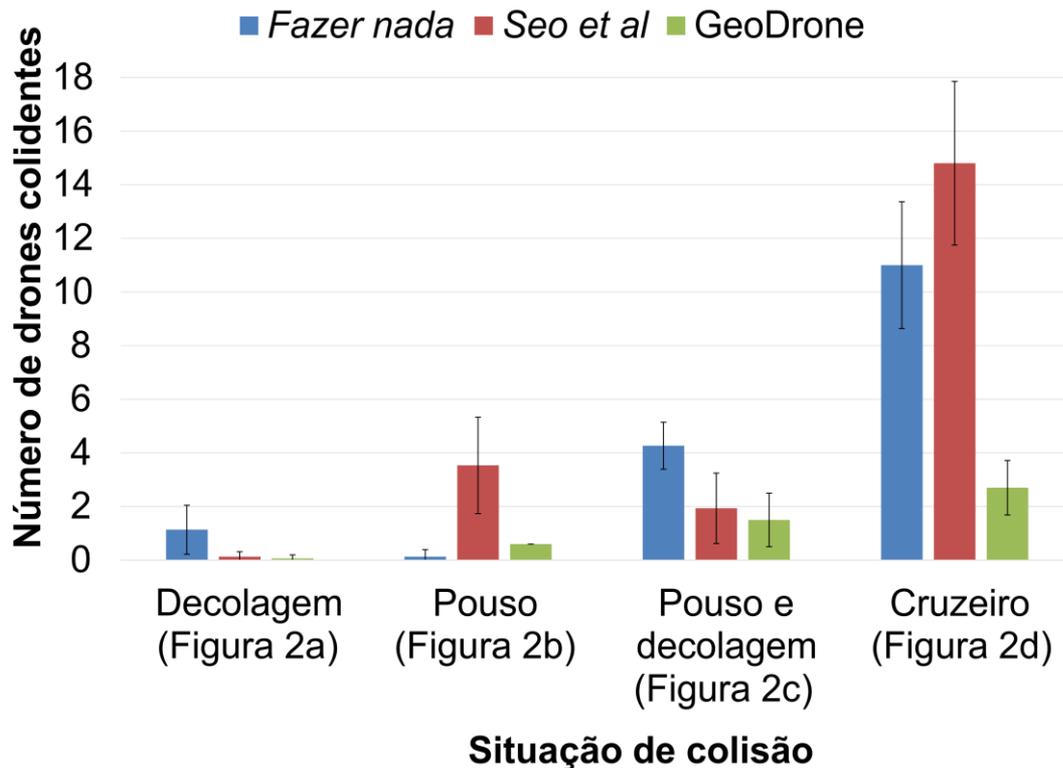
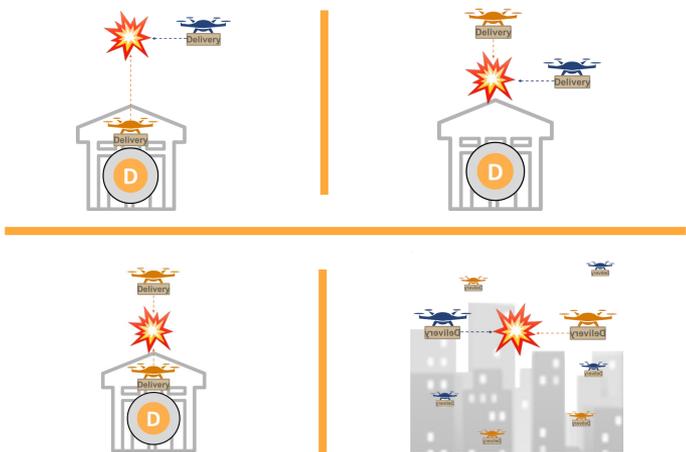


Resultados – Situações de Colisão para 200 drones

GeoDrone em cruzeiro reduz:

Até 4,07x menos que *Fazer nada*

Até 5,48x menos que *Seo et al*



Outros Resultados

- Número de drones detectados na colisão

- *Fazer nada*: $2,12 \pm 0,11$ drones
- *Seo et al.*: $2,79 \pm 0,12$ drones
- **GeoDrone**: $2,94 \pm 0,44$ drones

- Tempo de execução

- *Fazer nada*: $11,8 \pm 0,031$ min
- *Seo et al.*: $17,5 \pm 5,13$ min → 10% de execuções com impasses!
- **GeoDrone**: $15,9 \pm 2,3$ min

Conclusão

- **GeoDrone**: estratégia geométrica de prevenção de colisões
- Cenário de serviço de entregas por drones em cidades inteligentes
 - Número de drones colidentes
 - **GeoDrone** reduz até 14,5x
 - Situações de colisão
 - Maioria em cruzeiro – redução de até 5,48x em relação a *Seo et al.*
 - Número de drones detectados na colisão
 - Situações mais complexas com desvios
 - Tempo de execução
 - Espaço para melhoria

Trabalhos Futuros

- Controlar pousos e decolagens de forma centralizada em cada drone ponto
- Variar velocidades dos drones de acordo com a carga e a distância
- Considerar os recursos computacionais dos drones
 - Custo e viabilidade das estratégias de prevenção de colisões



INCT

InterSCity



UNICAMP

fabiola.oliveira@ufabc.edu.br

<http://interscity.org>

