

MANNAERIALROUTE: DESIGN DE ROTAS AÉREAS PARA DELIVERY UTILIZANDO A INTERNET DOS DRONES

Thiago de Andrade Beni (PIBIC/FA/UEM), Linnyer Beatrys Ruiz Aylon (Orientadora),
e-mail: ra117817@uem.br

Universidade Estadual de Maringá /Centro de Tecnologia/Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Ciência da Computação/Sistemas de Computação

Palavras-chave: drone, IoT, geração de rotas.

Resumo:

A Internet dos Drones é uma área de pesquisa atual e com grandes oportunidades. Ela é uma das tecnologias exponenciais tema de pesquisa do Ecossistema Manna. Dado a crescente popularização da Internet dos Drones (IoT), os drones estão sendo experimentados para o serviço de delivery, dentre outras aplicações. Porém, a geração de rotas eficiente ainda é um campo de estudo em aberto. Este trabalho de pesquisa estuda os modelos de geração de rotas e realiza um comparativo entre entregas via terrestre e aérea. Os resultados mostram que a entrega aérea tem potencial para reduzir significativamente o tempo de entrega em relação à abordagem terrestre. Este trabalho também elenca potenciais desafios, como o custo e a autonomia limitada de voo dos drones.

Introdução

A Internet dos Drones (IoT) é uma estrutura que tem como objetivo proporcionar o acesso aos drones a um espaço aéreo controlado, provendo os serviços necessários para aplicações de drones. Em um cenário de IoT, os drones sobrevoam o espaço aéreo, que é composto por vias aéreas, interseções ou nós (Gharibi; Boutaba; Waslander, 2016).

Com o constante avanço da IoT, drones passaram a ser experimentados em diferentes aplicações, como o serviço de delivery. Nesse cenário, drones podem realizar completamente o serviço de entrega, ou colaborar parcialmente com veículos terrestres. Um dos grandes problemas a serem investigados consiste na elaboração eficiente de rotas utilizando drones (Eskandaripour; Boldsai Khan, 2023). Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo estudar a geração de rotas em serviços de delivery considerando IoT como rede colaborativa. Além disso, realizar um estudo de caso envolvendo entrega de mercadorias, comparando entregas realizadas por meio de vias terrestres convencionais e as efetuadas utilizando vias aéreas, verificando possíveis vantagens e desvantagens.

Materiais e Métodos

Para determinar a melhor rota para um drone em um cenário de IoT, deve ser considerado diversos fatores, como o motivo do deslocamento do drone, velocidade e autonomia de voo, distância do percurso e tempo de viagem. Nesse contexto, o ambiente foi modelado como um grafo. Por motivos de segurança e privacidade, escolheu-se utilizar apenas as ruas públicas como vias aéreas, as quais são representadas pelas arestas do grafo. A distância geográfica foi adotada como parâmetro para o custo associado a cada aresta ponderada, correspondendo ao

tamanho real das vias. Adicionalmente, os vértices do grafo representam as interseções entre as vias públicas e são associados a um ponto cardeal, contendo valores de latitude e longitude.

Para a geração de rotas, optou-se por utilizar o algoritmo de Dijkstra (Cormen et al., 2002). Esse algoritmo é usado para encontrar o caminho mais curto entre um vértice inicial e um vértice final em um grafo ponderado. Indutivamente, o algoritmo encontra também o caminho mais curto para todos os demais vértices dada a iteração considerando todos os vértices como vértice final.

Para este projeto, a empresa Aiqfome disponibilizou um *dataset* anonimizado, contendo informações limitadas sobre entregas realizadas pela empresa. Os dados utilizados referem-se às entregas realizadas na cidade de Maringá entre os dias 01/10/2022 e 28/02/2023, totalizando 714 entregas. As informações utilizadas para análise foram: (i) localização de saída e chegada; e (ii) horário de saída e chegada.

Para extrair as informações dos vértices e arestas, utilizou-se a biblioteca *osmnx*¹, disponível para a linguagem de programação Python, que é utilizada para modelar, analisar e visualizar redes de ruas disponibilizadas pela plataforma *OpenStreetMap*².

Com essas ferramentas, é possível determinar o menor caminho entre dois pontos cardeais, utilizando somente as vias públicas. Em um cenário de *IoD*, é necessário enviar ao drone a informação contendo todo o trajeto que o drone deve percorrer.

Para isso, utilizou-se a função de Haversine, que calcula a distância e o ângulo entre dois pontos cardeais. Dessa maneira, a partir dos dados de latitude e longitude extraídos dos vértices do menor caminho determinado pelo algoritmo de Dijkstra, cria-se um vetor contendo tuplas, e em cada tupla há a distância que o drone deve percorrer e o ângulo em relação ao norte geográfico, medido pelo sentido horário.

Durante a análise, comparou-se as entregas realizadas por via terrestre com o modelo criado para geração de rotas. Os parâmetros utilizados para autonomia e velocidade de voo foram extraídos das especificações do modelo *DLV-1*, fabricado pela empresa *SpeedBird*, com velocidade de 10 m/s e autonomia de 6 km. O motivo da escolha foi que o drone apresentado é o único que recebeu autorização da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) para realizar entregas no Brasil.

Resultados e Discussão

Em relação ao algoritmo utilizado para gerar o caminho do drone, os resultados obtidos foram consistentes e de acordo com as expectativas, gerando a Figura 1.a contendo o caminho no mapa e a Figura 1.b o vetor contendo as distâncias e ângulos a serem percorridos. No vetor com o caminho resultante, cada etapa é representada em uma tupla, em que o primeiro elemento representa o ângulo, em graus e o segundo a distância, em metros.

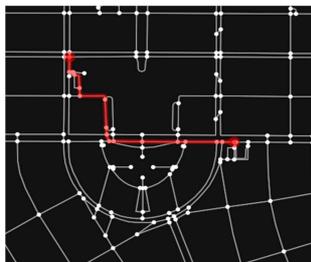


Figura 1.a – Caminho gerado no mapa.

```
[[181.33, 38.217), (94.78, 6.809), (94.45, 3.295), (164.07, 6.73),  
(160.18, 36.203), (177.91, 20.129), (99.02, 60.415), (178.0, 71.754),  
(176.49, 17.814), (162.17, 17.894), (89.94, 10.397), (91.36, 68.032),  
(90.71, 84.212), (89.86, 18.539), (90.56, 74.393), (90.84, 12.888),  
(91.52, 28.476)]
```

Figura 1.b – Ângulos e distância a serem percorridos.

¹ <https://osmnx.readthedocs.io/en/stable/>

² www.openstreetmap.org

Em relação à análise realizada no *dataset*, inicialmente verificou-se a relação entre o tempo para concluir a entrega e a distância entre o local de saída (loja) e o destino final (local da entrega). Para isso, criou-se um gráfico de dispersão contendo as entregas realizadas, juntamente com uma linha de tendência, mostrado na Figura 2.a. No gráfico, é possível verificar que há uma relação entre tempo e distância, de modo que quanto maior a distância, maior o tempo de entrega tende a ser, ou seja, a linha de tendência possui um coeficiente angular positivo. É possível verificar também que há uma grande quantidade de *outliers*, isto é, pontos que divergem da linha de tendência. Um possível motivo para a quantidade de *outliers* é que muitas vezes os entregadores realizam diversas entregas em uma só viagem, consequentemente demorando mais para realizar as entregas deixadas por último. A Figura 2.b mostra o resultado obtido a partir do modelo criado para geração de rotas. É possível observar que os pontos presentes no gráfico são mais próximos à linha de tendência, indicando que o tempo de entrega seria mais fácil de prever. Além disso, de modo geral, o tempo de entrega é reduzido, quando comparado com as entregas por via terrestre.

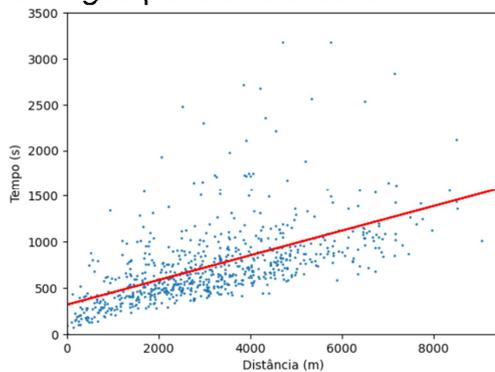


Figura 2.a – Gráfico tempo versus distância - entrega terrestre.

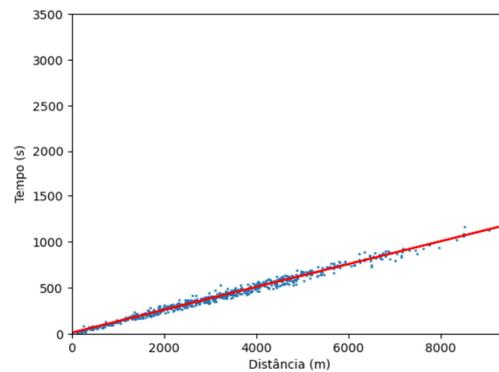


Figura 2.b – Gráfico tempo versus distância - modelo com drones.

Verificou-se também a relação entre velocidade média e distância. Para isso, criou-se os gráficos da Figura 3. O gráfico da Figura 3.a mostra a distância arredondada e apresenta também o desvio padrão. Como é possível observar, a velocidade média aumenta conforme a distância aumenta, chegando em um nível de saturação próximo a 6 m/s. Um motivo para isso é que, em caminhos mais longos, é possível escolher rotas melhores, atingindo assim uma velocidade média maior.

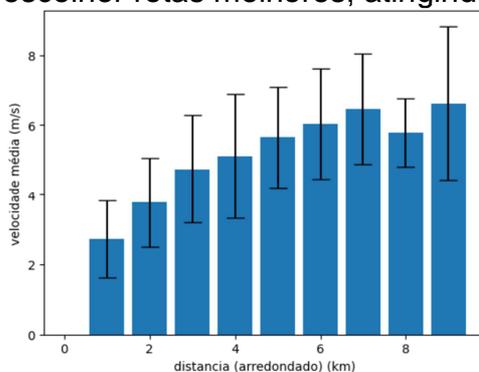


Figura 3.a – Gráfico velocidade média versus distância arredondada - entrega terrestre

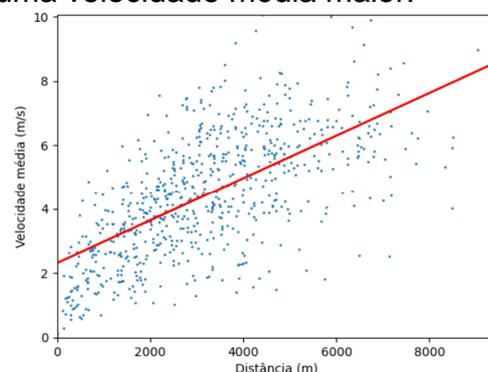


Figura 3.b – Gráfico velocidade média versus distância- entrega terrestre

Com isso, verificou-se a redução no tempo de entrega, comparando o modelo com drones com as entregas via terrestre. A Figura 4 mostra o gráfico resultante, nele, é possível verificar que, para distâncias curtas e médias, o modelo utilizando drones gerou uma redução significativa, entretanto, para distâncias maiores, observa-se que em muitos casos o modelo gerou um aumento no tempo de entrega. Considerando todas as entregas, a redução de tempo média foi de 44,61%.

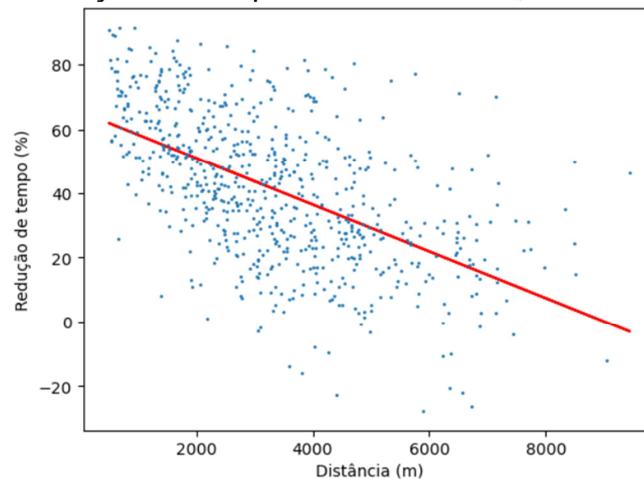


Figura 4 – Gráfico redução no tempo de entrega versus distância.

Por fim, analisou-se a quantidade de drones necessária para realizar a entrega. Considerando uma autonomia de 6 km, 38% das entregas demandam apenas um drone, 46,4% dois drones, 14,6% três drones e 1,1% quatro drones. Com isso, observa-se que autonomia de voo pode ser um fator limitador considerando um serviço de entrega utilizando drones.

Conclusões

Este trabalho se propôs a estudar modelos de geração de rotas e comparar entregas por via terrestre com vias aéreas. Além disso, verificou-se que há vantagens em um sistema de entregas utilizando drones, principalmente na redução de tempo, entretanto, ainda há diversos desafios para a implementação de tal sistema, como o alto custo e baixa autonomia de voo.

Agradecimentos

Ao Ecosistema Manna, Fundação Araucária de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (F.A.) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Brasil pelo apoio, auxílio e incentivo em todas as etapas do projeto.

Referências

CORMEN, T. H. et al. **Algoritmos: teoria e prática**. Editora Campus, v. 2, p. 296, 2002.

ESKANDARIPOUR, Hossein; BOLDSAIKHAN, Enkhsaikhan. Last-mile drone delivery: Past, present, and future. **Drones**, v. 7, n. 2, p. 77, 2023.

GHARIBI, Mirmojtaba; BOUTABA, Raouf; WASLANDER, Steven L. Internet of drones. **IEEE Access**, v. 4, p. 1148-1162, 2016.