

Comparação de Consumo de Energia de Voos para Cobertura de Terrenos Baseados em Movimentos de Vai-e-Volta e Espiral

Nicolas B. da Silva¹; Pedro H. G. Marchi¹, Rodrigo de B. Acosta², Tauã M. Cabreira³, Paulo R. Ferreira Jr⁴; Júlio C. B. Mattos⁴

¹ Curso de Engenharia de Computação

² Curso de Ciência da Computação

³ Programa de Pós-Graduação em Computação

⁴ Centro de Desenvolvimento Tecnológico - UFPel

{nbdsilva, phgmarchi, rdbacosta, tmcabreira, paulo, julius} @inf.ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Veículos aéreos não tripulados (*Unmanned Aerial Vehicles* - UAV), popularmente chamados de drones, consistem em veículos aéreos sem pilotos a bordo, controlados remotamente por pessoas no solo, sistemas inteligentes ou por rotas pré-programadas em software.

Em diversas atividades a utilização dos UAVs é muito eficiente, mas estas atividades precisam de um planejamento prévio sobre como utilizar o drone de uma forma que cumpra com o seu objetivo levando em consideração a energia disponível que sua bateria proporciona, a qual geralmente é de curta duração.

Podemos citar alguns exemplos de situações em que UAVs são empregados que necessitam da análise citada anteriormente: missões de busca e salvamento, mapeamento de terreno, monitoramento de áreas específicas, distribuição de agrotóxicos em plantações, monitoramento climático, entre outras.

Um dos principais tópicos que devem passar pela análise é a trajetória que o UAV irá fazer para cobrir o terreno a ser monitorado, também conhecido como cobertura de terreno ou planejamento de caminho para cobertura (FRANCO, 2015). A maneira mais comum adotada para cobrir o terreno é baseado em movimentos de vai-e-volta, também conhecido como boustrophendon ou padrão lawnmower (OST, 2012). Além do movimento vai-e-volta encontramos na literatura movimentos baseados em espirais, movimentos circulares que, a cada volta completada, diminui-se o raio do círculo a ser percorrido, ou ainda movimentos mais sofisticados chamados de sector search e barrier patrol (OST, 2012).

Este trabalho tem como objetivo fazer uma análise de consumo dos movimentos de vai-e-volta e espiral e realizar uma comparação entre eles. Foi considerado que tais voos podem ocorrer em diferentes altitudes, alterando o caminho a ser percorrido em função da modificação da área coberta, e, consequentemente, a quantidade de vento ao que o veículo é exposto. Foi utilizado um circuito embarcado utilizando um Arduino Pro Mini, em conjunto com alguns *Shields*, para a obtenção dos dados de corrente e tensão e um quadrimotor montado pela empresa Skydrones para a realização dos voos.

2. METODOLOGIA

Primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica sobre veículos aéreos não tripulados: tipos existentes, possíveis aplicações, tipos de movimentos realizados, fatores que influenciam no consumo energético durante o voo, entre outros. Nesta etapa, focou-se principalmente no tipo quadrimotor, o qual era o que utilizado, para saber que tipos de situações poder-se-ia realizar para a obtenção dos dados. O quadrimotor utilizado foi montado pela empresa Skydrones

(SKYDRONES, 2016), possui um controlador Ardupilot APM 2.5 (ARDUPILOT, 2016), seu frame é um FPV FZY-QU4D de fibra de carbono que possui uma estrutura de fixação do controlado e um trem de pouso. Além disso, o drone possui quatro motores do tipo brushless de 750kV cada e aproximadamente 180W, cada um com seu controlador de motor de 30A, alimentados por uma bateria Zippy Compact de 5000mAh, com hélices APC do tipo slowfly de 12 polegadas.

A próxima etapa consistiu em decidir como obter os dados de consumo sem que o voo sofra alterações. Sendo assim, optou-se por utilizar um circuito embarcado pequeno e leve, preso e conectado ao drone, coletando os dados de consumo de tensão e corrente. Visando essas características, optamos por utilizar um Arduino Pro Mini (ARDUINO, 2016) em conjunto com sensores de tensão e corrente para a obtenção dos dados, um shield de cartão SD para o armazenamento e um shield RTC para realizar o processamento do instante de cada amostra.

Após o circuito ser concluído e conectado no UAV, foi realizada a fase de planejamento dos voos, aos quais foi decidido realizar quatro voos pré-programados via software, abrangendo uma área de 40x50m em voos de 5m e 10m de altura, dois voos utilizando o método vai-e-volta e dois voos utilizando o método em espiral (Figura 1).

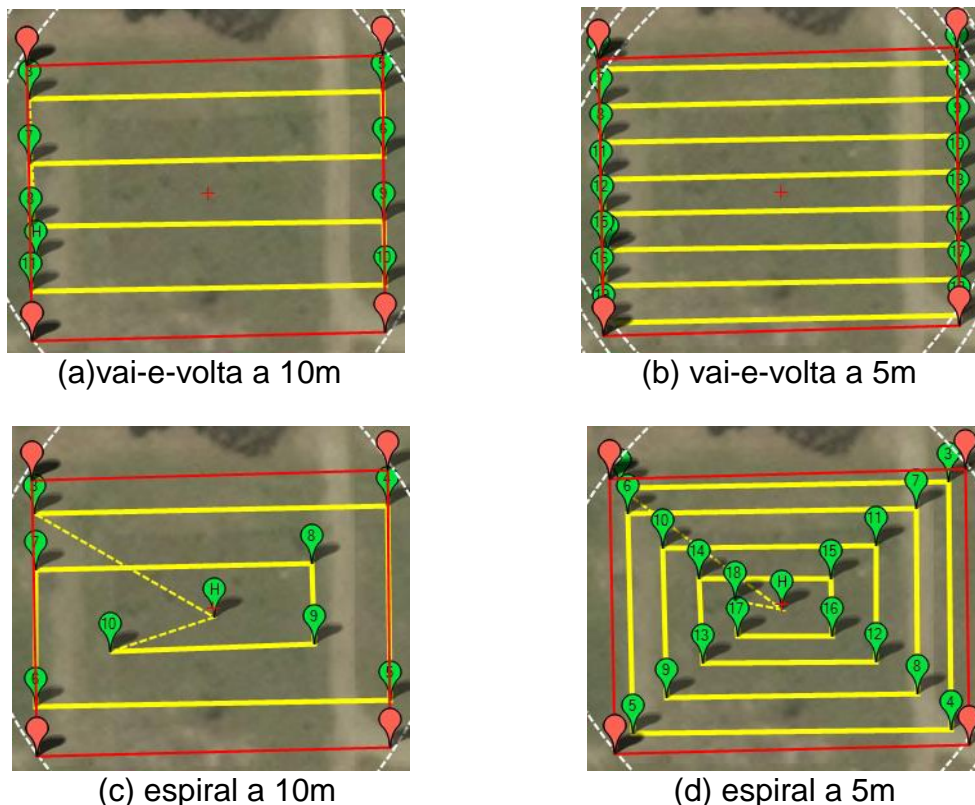


Figura 1: Planos de voo dos experimentos realizados.

A linha vermelha denota a área a ser monitorada pelo UAV, a amarela denota o trajeto que o UAV realizou para cobrir tal área e os pontos em verde, são os momentos de mudança de direção que o UAV realizou.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta o consumo de corrente em cada voo realizado nos testes, a taxa de amostragem foi de 10ms com uma precisão de 66mV/A, mostradas como uma nuvem de pontos. Além disso, foram plotadas curvas de tendências baseadas em médias móveis com intervalo de 50 valores.

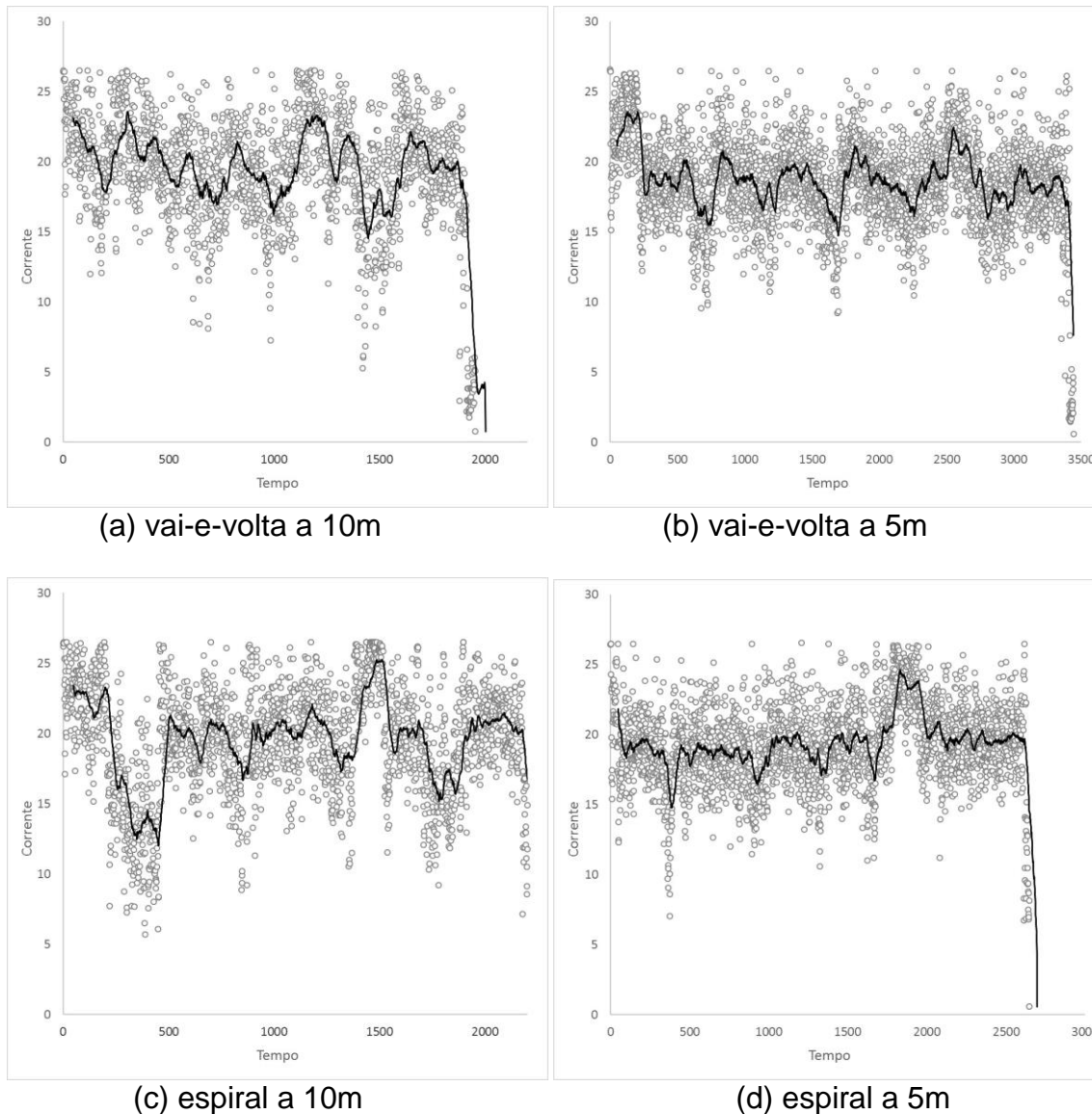


Figura 2: Consumo de corrente.

Analisando os gráficos, podemos notar um pico de corrente no início dos experimentos, isso se deve a potência exercida dos motores para quebrar o momento de inércia do UAV, ou seja, a decolagem.

Nos experimentos, os caminhos de vai-e-vem são executados com os trechos parciais longos de 50m e os trechos parciais curtos de 5m e 9m, de acordo com a altitude. Além de empregar a velocidade ótima nos trechos longos, o número de manobras de retorno foi minimizado pela escolha do lado mais comprido para a realização dos trechos parciais retos mais longos. Mesmo diante destas circunstâncias, os voos em espiral obtiveram resultados superiores aos voos utilizando movimentos de vai-e-vem.

Nos caminhos de vai-e-vem são realizados muitos caminhos parciais muito curtos (5m e 9m), onde a velocidade ideal deveria ser bem menor. Já nos voos em espiral, como se tem caminhos parciais de diversos tamanhos, esse efeito não tem tanto impacto. Com isso, pode-se concluir que os voos em espiral consomem menos energia se comparados ao vai-e-vem quando não se varia dinamicamente a velocidade do veículo.

Finalmente, cabe destacar que os dados do monitor de energia foram comparados com o log gerado pelo software de controle conectado com o veículo durante os voos no modo de telemetria. Estes logs não apresentaram uma resolução precisa, tendo intervalos de medição que podem chegar a 10s dependendo da qualidade do link de comunicação, baseado em rádio, em cada momento. Com isso, os dados possuem diferenças significativas que não permitiram que se pudesse verificar a precisão do que foi obtido pela telemetria. Com isso, conclui-se pela não recomendação do uso dos dados de telemetria para o tipo de análise conduzida neste artigo, reforçando a necessidade do emprego de monitores de energia como o desenvolvido para a realização deste trabalho.

4. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma análise do padrão de consumo energético de quadrimotores durante a realização de voos de cobertura de terreno baseados em movimentos vai-e-vem e espiral. O artigo descreveu a metodologia desenvolvida e o módulo de consumo de energia desenvolvido para medição de corrente e tensão durante os voos.

Os resultados apresentados demonstram que os movimentos em espiral são mais eficientes energeticamente que os movimentos de vai-e-vem, apesar deste último ter sido aplicado com a velocidade ótima nos trechos mais longos e com a minimização no número de manobras de retorno. Além disso, não recomenda-se o uso das informações geradas pelos logs do software de controle, dado o alto intervalo de tempo entre as medições.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARDUINO. **Arduino Pro Mini**. 2016. Acessado em 15 de ago. 2016. Online. Disponível em <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardProMini>.

ARDUPILOT. **Ardupilot**. 2016. Acessado em 15 de ago. 2016. Online. Disponível em <http://ardupilot.com/ardupilot/index.html>.

FRANCO, C. D., BUTTAZZO, G., Energy-aware coverage path planning of uavs. In: **IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC)**, Vila Real, 2015, Porto: IEEE , 2015, pp. 111–117.

OST, G., **Search path generation with uav applications using approximate "convex decomposition"**, 2012, Tese (Mestrado em Controle) – Instituto de Tecnologia, Universidade de Linkopings.

SKYDRONES, **Drones**. 2016. Acessado em 15 de ago. 2016. Online. Disponível em <http://www.skydrones.com.br/drones>.