



TELEMETRIA E SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS EM VOO PARA UMA AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (RPA) TELEMASTER

Ferreira C. O*, Nepomuceno L. M.†, Negreiros S. L. V. ζ, Neves A. M. ζ,
Silva R. G. A.†, Góes LC†, Fischer C.*

**Instituto Federal de São Paulo e. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São Paulo, Brasil. † Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São Paulo, Brasil. ζ CENIC Engenharia Indústria e Comércio..*

Resumo. Neste trabalho serão apresentados o desenvolvimento e a implementação da telemetria e do sistema de aquisição de dados para uma Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) (1), derivado do inglês (“*Remotely Piloted Aircraft*”), o Telemaster, que pertence ao Laboratório de Sistemas Aeronáuticos (LSA) no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Para essa aeronave foram desenvolvidos e instalados sensores de posição para adquirir o ângulo de deflexão das superfícies de controle nos ailerons, profundores e no leme. Para o desenvolvimento dos sensores foram estudados diferentes tipos de estruturas mecânicas bem como diferentes tipos de sensores, a fim de obter a melhor configuração para esta aplicação específica. Também foram instalados um sistema GPS (*Global Positioning System*, sistema de posicionamento global), para obter informações sobre o posicionamento geográfico da aeronave, e um tubo de pitot com o propósito de coletar dados anemométricos dos ensaios em voo realizados. O sistema de aquisição de dados e comunicação com a Estação de Pilotagem Remota RPS (1), derivado do inglês (“*Remotely Piloted Station*”) foi desenvolvido utilizando a plataforma Arduino e um sistema de antenas de radiofrequência em 915 MHz, esta frequência foi adotada para não ter interferência com o sistema de controle manual da aeronave que é de 2.4 GHz. Para a estação de pilotagem remota foi desenvolvido um sistema de processamento de dados usando o software Scilab. Esse sistema desenvolvido faz parte de um projeto maior que tem como finalidade elaborar o modelo matemático da RPA Telemaster a fim de projetar o controle e torná-lo um veículo autônomo.

Palavras-chave: *Aeronave remotamente Pilotada, Aquisição de dados, Telemetria, Estação de pilotagem remota.*

Introdução. Cada vez mais tem-se usado sistemas inteligentes aliados à sistemas mecânicos para serviços manuais que são difíceis ou demandam esforço, tempo, alta periculosidade e outros fatores que influenciam negativamente uma atividade. Um

exemplo de tal fato é a utilização de sistemas de aeronaves remotamente pilotadas (RPAS) (1), derivado do inglês (“*Remotely Piloted Aircraft Systems*”) para o setor agrícola, segundo Kühl:” Uma das diversas aplicações dos RPA’s é no sensoriamento remoto, quando aplicado à fins agrários inclui possibilidade de monitoramento ambiental, manejo de recursos naturais, técnicas de Agricultura de Precisão (AP), monitoramento florestal, entre outros.” (2), além das atividades realizadas com RPA’s citadas por Kühl elas ainda podem realizar mapeamento aéreo, sensoriamento remoto, filmagens aéreas, pulverização, inspeção e segurança e até para cálculos volumétricos(3).

Os gastos com insumos podem ser reduzidos em 80% com a utilização de RPAS nas aplicações agrícolas, segundo Barreto (4). Isso impulsiona cada vez mais pesquisas nesse campo com o intuito de otimizar esses sistemas.

Para que seja possível tornar autônoma uma RPA como o “Telemaster”, apresentado na Figura 1, é necessário projetar e desenvolver uma malha fechada de controle para manter a aeronave estável em voo. Com o intuito de projetar o controlador é necessário criar um modelo matemático que descreva a dinâmica de voo do Telemaster. Para a elaboração do modelo matemático e utilizado a técnica de identificação de parâmetros do modelo, para que possa ser realizada a identificação é imprescindível a aquisição de dados de ensaios em voo com o auxílio da telemetria para a aeronave.



Figura 1. Aeronave remotamente pilotada “Telemaster”.

Texto principal. Com o objetivo de saber o posicionamento exato das superfícies de controle da aeronave sendo estas os ailerons, o leme e o profundor e como defletem em relação ao comando enviado pelo piloto, foi necessário projetar um sistema específico de aquisição destas medidas. Primeiramente foi feita uma pesquisa para definir o sensor a ser utilizado no projeto, dentre muitos sensores o escolhido foi o sensor SS10693 (sensor utilizado em motores de automóvel), já que por ser um sensor eletrônico projetado para suportar altas variações de temperatura em contato com produtos químicos, isenta o

produto de problemas de corrosão, desgaste e mau contato, garantindo maior precisão e durabilidade, além de ter um baixo custo. Após definido o sensor projetou-se um sistema mecânico para acoplá-lo às superfícies de controle, nesta etapa foram projetadas várias versões para o sistema.

Uma primeira versão foi desenvolvida com três hastes de madeira (compensado naval de 3mm de espessura) conforme visto na Figura 2 interligadas pela cavidade central do sensor, servindo uma delas como calço para a outra e um tarugo também em madeira conforme ilustrado na Figura 3. Na Figura 4 é apresentado o sensor instalado no profundor do Telemaster. Essa versão foi substituída já que o corte de encaixe do sensor não o comportou e por ter os “cantos vivos” (acumuladores de tensão).



Figuras 2. Hastes de compensado naval (3mm) utilizadas no suporte.



Figura 3. Montagem das peças em conjunto com o sensor SS10693.



Figura 4. Sensor completo instalado no profundor do Telemaster.

Após isso projetou-se a segunda versão para o sistema, corrigindo as inadequações da primeira como pode ser visto na Figura 5, pode ser visto também a nova configuração de montagem na Figura 6.



Figuras 5. Segunda versão das peças para o sistema, agora com as curvas suavizadas.



Figura 6. Nova configuração de montagem com o sensor SS10693.

As peças de madeira foram substituídas, uma vez que sofriam deformação por causa da alta vibração da estrutura, causada pela vibração do motor. Então criou-se a terceira versão das peças suporte, agora em fibra de Carbono (Figura 7) com duas camadas de tecido com fios a 90°, garantindo às peças maior resistência a vibração. Segundo o Doutor G.W. Lebrão em seu artigo “Fibra de carbono”, “Além da resistência e rigidez, as fibras de carbono possuem excelente resistência à fadiga, características de amortecimento de vibrações, resistência térmica e estabilidade dimensional. As fibras de carbono possuem também boa resistência elétrica e térmica e são quimicamente inertes, exceto quanto à oxidação (Callister,1997).” (5), assim sendo a fibra de Carbono demonstrou ser o material ideal para a aplicação.



Figura 7. Peças definitivas para o sistema de medição de deflexão das superfícies de controle da aeronave em fibra de Carbono.

No Gráfico 1 pode-se comparar as versões 2 e 3 do sistema de medição de deflexão das superfícies de controle instaladas na aeronave a partir dos dados coletados no ensaio em voo, sendo o gráfico a gravação dos dados para o leme do Telemaster. É perceptível que o efeito de vibração da aeronave foi aumentado utilizado a terceira configuração do sensor, porém não se corre mais o risco das peças sofrerem fragmentação.

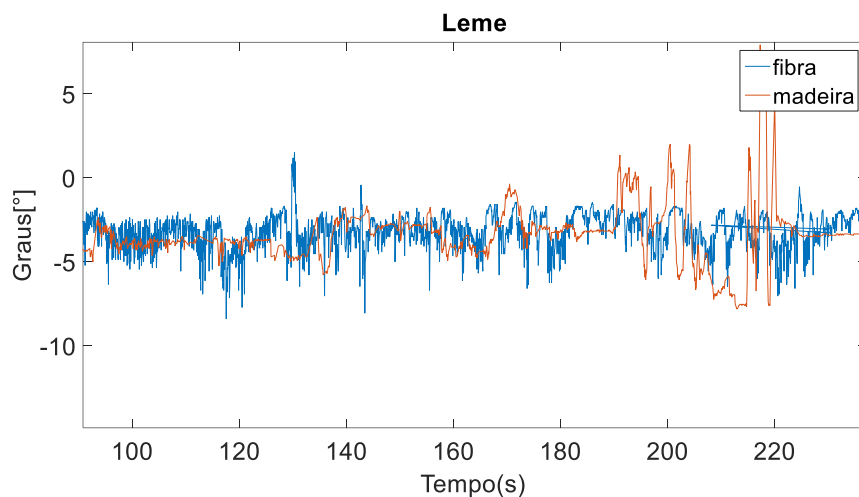


Gráfico 1. Gráfico dos dados coletados do leme do Telemaster em voo com os sistemas 2 e 3 de medição de deflexão da superfície.

No Gráfico 2, é apresentado o resultado final da aquisição de dados realizada em voo, pode se observar que ainda com o aumento da vibração nas peças o sistema possui eficácia, podendo assim ser considerado coerente para a aplicação.

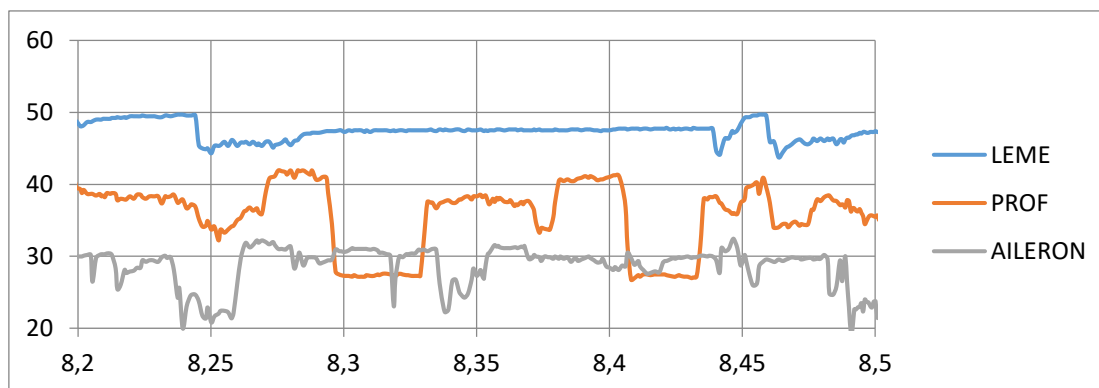


Gráfico 2. Dados coletados pelo sistema de medição da deflexão das superfícies de controle da aeronave.

Para a aquisição dos dados anemométricos foi utilizado o módulo para Arduino MPXV7002 em conjunto com um tubo de pitot. Segundo Queiroz (6) diz que: “A corrente do fluido, escoando sobre o tubo, deve exercer a mínima influência sobre a pressão estática, evitando uma diferença entre a pressão estática verdadeira e medida.” Para atender ao requisito foi necessário instalar o tubo de pitot na ponta da asa, já que foi o local da aeronave que revelou ser o melhor em relação aos requisitos estabelecidos para a medição dos dados.

Os dados de posicionamento geográfico foram coletados através do módulo para Arduino GPS NEO-6M (Figura 8), que conta com uma antena para a captação do sinal dos satélites e uma placa GY-GPS6MV, a medida possui precisão de aproximadamente 2,5 m e taxa de aquisição de até 5Hz (7). O GPS foi instalado no extradorso da fuselagem da aeronave para a melhor captação de sinal na antena.



Figura 8. Módulo GPS NEO-6M.

A fim de coletar e tratar os dados oferecidos por esses módulos e sensores foi desenvolvido uma rotina na plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre Arduino da classe Mega, que usa o micro controlador ATMEGA 2560, a programação foi desenvolvida em linguagem C/C++. Foi escolhida essa plataforma pelo seu custo benefício e por poder ser facilmente conectada à um computador e programada via IDE (“Integrated Development Environment”, ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado). (8)

O programa foi estruturado em duas grandes partes, uma rotina onde encontram-se as variáveis para armazenar dados enviados pelos sensores e o tratamento desses dados para envio por telemetria, na outra rotina encontra-se a conversação do Arduino com o módulo GPS, que é feita por protocolo de comunicação I²C (“*Inter-Integrated Circuit*”, que traduzido para o português significa Circuito Inter-Integrado)

O envio desses dados foi feito por telemetria, com um sistema de antenas de radiofrequência em 915 MHz, esta frequência foi adotada para não ter interferência com o sistema de controle manual da aeronave que é de 2.4 Ghz.

Para a coleta, tratamento, gravação e apresentação em tempo real dos dados coletados pela telemetria foi desenvolvida uma rotina no software Scilab, sendo os dados gravados em arquivos do tipo “.mat” e abertos em software Excel

Conclusão. Pode-se constatar durante o desenvolvimento dessa parte do projeto que para estruturar o novo sistema de medição das superfícies de controle da aeronave foi necessário uma idealização inicial do projeto com um sistema simples, depois disso aprimorar o sistema conforme as necessidades requeridas para o projeto (como troca de material, relação de dimensões e até mesmo troca de sensores), após a troca de material do sistema (de madeira naval para fibra de carbono) foi constatado o aumento na vibração do sistema, uma vez que a fibra de carbono é mais rígida que a madeira naval, a troca de



material foi feita somente pra evitar a intensa flexão do sistema, já que as peças em fibra de carbono flexionam menos que as em madeira, correndo assim menos riscos de fragmentação. Para a programação foi necessário construir rotinas separadas para a coleta de cada sensor separadamente, feito isso integrou-se todos eles em uma rotina completa, simplificando assim o programa principal, o mesmo foi feito com a programação em Software *Scilab*. O objetivo principal do projeto foi atingido, visto que os dados que são necessários para a projeção do modelo matemático para o RPA Telemaster foram coletados com sucesso. Ao longo dos próximos meses espera-se que o modelo matemático para o Telemaster seja finalizado e a malha de controle esteja em funcionamento a fim de tornar a aeronave uma RPAS com piloto automático, tornando-a autônoma.

Referências bibliográficas.

- (1) ANAC.gov.br [internet] [acessado em: 15:35h do dia 13/09/2018]: <http://www.anac.gov.br/perguntas-frequentes/drones/aeronaves/>
- (2) “Avaliação da acurácia do cálculo de volume de pilhas de rejeito utilizando VANT, GNSS E LiDAR” [Internet] [acessado em: 13:20h do dia 13/09/2018]: <http://www.scielo.br/pdf/bcg/v22n1/1982-2170-bcg-22-01-00073.pdf>
- (3) R.S. Küll, “Percepção de produtores agrícolas e prestadores de serviço diante da utilização de veículos aéreos não tripulados – VANTs” [Internet] [acessado em: 10:20h do dia 13/09/2018]: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/178252/TCC%20-%20Rafael%20Schramm%20Kuhl.pdf?sequence=1>
- (4) Jornal eletrônico da Globo, G1.com [Internet] [acessado em: 08:43h do dia 13/09/2018]: <https://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/agrishow/2017/noticia/usados-na-pulverizacao-drones-geram-economia-de-80-ao-produtor-rural.ghtml>
- (5) G.W. Lebrão, “Fibra de Carbono” [Internet] [acessado em: 12:35h do dia 14/09/2018]: <https://maua.br/files/artigos/artigo-fibra-de-carbono-prof.-guilherme.pdf>
- (7) Vida de silício, “módulo GPS NEO-6M” [Internet] [acessado em: 17:03h do dia 13/09/2018]: <https://portal.vidadesilicio.com.br/modulo-gps-neo-6m/>
- (8) Filipeflop, “o que é Arduino” [Internet] [acessado em: 23:19h do dia 13/09/2018]: <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>