



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Covilhã | Portugal



PROJECTO DE AERONAVES – 10403

2011/2012



Long Endurance Electric UAV

UAV-11

Project Description

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	3
2. REQUISITOS	4
2.1. Missão	4
2.2. Desempenho	4
2.3. Motorização	5
2.4. Asas	5
2.5. Fuselagem	5
2.6. Empenagens	5
2.7. Trem de Aterragem	5
2.8. Carga Útil	5
2.9. Peso e Centragem	5
2.10. Comandos e Sistemas	6
2.11. Transporte	6
2.12. Normas	6
3. TAREFAS	6
3.1. Configuração	6
3.2. Aerodinâmica e Estabilidade	6
3.3. Propulsão e Desempenho	6
3.4. Sistemas	7
3.5. Estrutura e Materiais	7
3.6. Calendário de Tarefas	7
3.7. Realização do Trabalho	7
4. AVALIAÇÃO	8
4.1. Teste	8
4.2. Apresentação	8
4.3. Relatório	9
4.4. Exame	9
4.5. Classificação	9
5. BIBLIOGRAFIA	9
5.1. Livro de Texto	9
5.2. Livros de Projecto	9
5.3. Outros Livros de Interesse	10

1. INTRODUÇÃO

A actividade aérea internacional tem recorrido, nos últimos anos, e em crescente escala, aos veículos aéreos não tripulados (UAV - Unmanned Aerial Vehicle) para missões de vários tipos, como por exemplo: fotografia aérea, reconhecimento militar, investigação de fenómenos atmosféricos em grande altitude, comunicação rádio, vigilância de incêndios, desenvolvimento de tecnologia, etc.. Apesar da tecnologia envolvida, os UAVs, não sendo tripulados, possuem dimensões mais reduzidas do que os tripulados, tornando a sua operação mais flexível e mais económica. A crescente capacidade de automação e comunicação e a evolução dos materiais disponíveis tem permitido a operação destas aeronaves a distâncias e altitudes cada vez maiores tornando o seu potencial igual, ou mesmo superior, a outras aeronaves que necessitam de transportar a bordo os sistemas de apoio à tripulação. Para missões de vigilância a curta distância, o investimento necessário para o desenvolvimento e operação de um UAV é comparativamente inferior aos equivalentes tripulados, pelo que a sua utilização nessas tarefas resulta num custo/benefício muito mais apelativo. O sector dos UAVs é o único sector da indústria aeroespacial com um crescimento significativo nos últimos 25 anos, com uma taxa média de crescimento de mais de 14% ao ano.

A área dos UAVs está em grande desenvolvimento sendo, em muitos casos, geradora de conceitos e tecnologias para as aeronaves tripuladas. Actualmente, a maior parte dos UAVs em operação têm aplicações militares. O uso de UAVs em aplicações civis está, no entanto, a crescer rapidamente a par da criação de legislação adequada. Portugal necessita de entrar nesta área de grande valor acrescentado para que possa ser mais autónomo no desenvolvimento de meios de base tecnológica essenciais à sustentabilidade dos seus recursos e ao crescimento económico regional e nacional, a empregar os seus meios humanos especializados e a ser um exportador competitivo de tecnologia de ponta.

Portugal também tem necessidade do uso dos UAVs em várias áreas de actuação. A vigilância da mancha florestal, que nos últimos anos tem sucumbindo aos fogos, é um exemplo importante. A aplicação de sistemas de vigilância aérea não tripulados permite um elevado grau de operacionalidade e disponibilidade nas tarefas desta natureza e é uma forma complementar para os meios de vigilância terrestre e de monitorização via satélite já existentes.

Nos últimos anos a propulsão eléctrica para aeronaves tem tido um grande desenvolvimento e uma grande adesão. A sua aplicação vai desde os aeromodelos, passando pelos UAVs e chegando aos motoplanadores. Como as baterias têm uma densidade energética limitada, resultando em voos de pequena duração, a utilização de células fotovoltaicas para carregamento das baterias é uma opção interessante que já tem sido explorada. A propulsão convencional com motor alternativo permite voos de maior duração e com a ajuda de um alternador acoplado ao motor as baterias que fornecem energia aos sistemas de bordo podem ser recarregadas em voo. Para evitar consumo de gasolina para produção de energia eléctrica a incorporação de células fotovoltaicas na aeronave pode fornecer parte da energia eléctrica necessária a bordo.

Esta disciplina tem como principal objectivo transmitir aos alunos o que é o projecto conceptual de aeronaves e quais os passos necessários para o realizar tendo em conta os requisitos de missão e desempenho, os constrangimentos de projecto, os métodos de análise e a optimização. Para tal será desenvolvido um projecto de uma aeronave sujeita a requisitos específicos que permitirá aplicar os conhecimentos adquiridos numa aeronave nova.

A optimização do projecto reveste-se de extrema importância no desenvolvimento de uma nova aeronave. Por isso, o desenvolvimento de um UAV eléctrico de grande autonomia é um bom exercício para aprender e aplicar essa necessidade. Assim, pretende-se fazer o

projecto conceptual de um UAV elétrico com grande autonomia tendo em conta alguns requisitos de projecto. A aeronave deve ter boas qualidades de voo para permitir boa precisão na pilotagem por parte do piloto. Deseja-se um UAV equipado com um motor elétrico e com células fotovoltaicas. O veículo tem que apresentar uma baixa potência requerida pelo que é necessário otimizar a estrutura e a aerodinâmica para consumir pouca energia. A simplicidade e rapidez de construção e a simplicidade de reparação são essenciais neste UAV para manter o nível de operacionalidade elevado.

Esta descrição do projecto apresenta os requisitos a que o avião deve responder, em termos de missão, configuração, desempenho, sistemas, materiais e normas de projecto. Também são descritas as tarefas necessárias realizar durante o semestre bem como o plano de trabalhos a cumprir. Este projecto requer dedicação e trabalho contínuo para que os prazos sejam cumpridos e resulte um bom avião.

2. REQUISITOS

Os requisitos para esta aeronave são apresentados abaixo e durante o decorrer do projecto devem ser respeitados. Possíveis alterações nos requisitos serão discutidas e acordadas pelo docente e por todos os elementos envolvidos no projeto.

Os seguintes aspetos devem orientar processo de projeto:

Grande autonomia: conseguida com a utilização de tecnologias verdes (sistema propulsivo elétrico com energia solar), em particular usando células fotovoltaicas de grande eficiência, baterias de grande capacidade/densidade energética, motores elétricos compactos e eficientes e configuração aerodinâmica apropriada para grande autonomia.

Capacidade “morphing”: conseguido através da utilização de uma asa projetada de raiz com esta capacidade para estender o envelope de voo em cada fase da missão.

Estrutura de alta resistência e baixo peso: conseguida com o emprego de materiais avançados (compósitos e outros), com a fuselagem e asa projetadas para boa resistência ao impacto na aterragem e usando técnicas de construção simples.

Missão múltipla: conseguida através da capacidade de utilização de diferentes cargas úteis (volume e peso) com aviônicos modulares que permitam fácil carregamento de software ou troca de componentes para responder a diferentes requisitos da missão.

2.1. Missão

O UAV-11 deve ser projetado para realizar a seguinte missão: ser lançado à mão e subir até à altitude da missão, permanecer em voo durante 5 horas e descer sobre o espaço de aterragem. Em caso de falha na aproximação podem realizar-se novos circuitos até a aterragem ser segura.

2.2. Desempenho

O veículo deve demonstrar as seguintes prestações (num dia típico de Verão na Covilhã):

Descolagem	lançamento à mão
Velocidade de cruzeiro	10 m/s a 20 m/s
Tempo de voo mínimo	5 horas

Alcance	180 km
Teto de serviço	2000 m

2.3. Motorização

O motor deve ser elétrico, ter grande eficiência e ser compacto, e o ESC (variador) deve ser compatível com aquele. As baterias podem ser Li Ion, LiPo ou LiFe. O hélice deve ser escolhido de acordo com o desempenho do motor e o desempenho requerido para a aeronave.

2.4. Asas

As asas devem ter um projecto aerodinâmico e estrutural cuidado para que a eficiência da aeronave seja elevada e permitir, assim, realizar a missão desejada. As asas devem ser destacáveis da fuselagem para arrumação e transporte. A estrutura deve ser projectada em materiais com resistência e rigidez específicas altas para tornar o veículo o mais leve possível. A aplicação de células fotovoltaicas na asa tem que ser estudada. Conceitos “morphing” podem ser implementados para melhorar o desempenho da aeronave.

2.5. Fuselagem

A fuselagem deve ser esbelta e leve, mas possuir o espaço necessário para transportar os sistemas e a carga útil. A substituição do equipamento e o acesso à carga útil devem ser rápidos e simples. O compartimento da carga útil deve poder conter um paralelepípedo de 100mm x 100mm x 100mm para transportar equipamentos de missão específicos.

2.6. Empenagens

As empenagens, se existirem, devem ser pequenas mas efectivas. Elas devem utilizar na sua estrutura os mesmos materiais da asa. Deve avaliar-se a necessidade de serem desmontáveis para arrumação e transporte.

2.7. Trem de Aterragem

O UAV-11 é lançado à mão e aterra de barriga. Caso se deseje que ele descole de forma convencional numa pista o trem de aterragem tem que ser alijado após a descolagem para permitir alto desempenho em voo.

2.8. Carga Útil

Todos os componentes electrónicos, eléctricos e equipamentos de missão devem ser agrupados dentro da fuselagem de acordo com a sua função para permitir que a sua preparação ou troca seja rápida. A carga útil deverá estar contida na fuselagem de forma a não se deslocar durante o voo.

2.9. Peso e Centragem

O passeio do CG (centro de gravidade) deve ser tal que não imponha qualquer limite de operação independentemente do valor da carga útil que transporte

2.10. Comandos e Sistemas

Todos os sistemas da aeronave devem ser eléctricos e/ou mecânicos, actuados por servos. A pilotagem é feita à distância via rádio ou através de um sistema de voo autónomo. O sistema eléctrico deve ser alimentado por baterias.

2.11. Transporte

A aeronave tem que ser desmontável para poder ser guardada e transportada num volume com as seguintes dimensões: 1.0m x 0.3m x 0.3m.

2.12. Normas

As normas de projecto a utilizar, no que respeita ao dimensionamento da estrutura, são as JAR-VLA. Os factores de carga de operação são, em princípio, +3 e -3, mas devem ser verificados com o diagrama n-V. Todo o trabalho desenvolvido deve ter como objectivo principal a segurança e o desempenho.

3. TAREFAS

Existem várias tarefas no projecto que devem ser realizadas segundo o calendário abaixo. Todos estes aspectos dependem uns dos outros, pelo que tem que haver uma inter-relação e actualização entre eles. O projecto é um processo iterativo em que a perfeição não é possível nem necessária, mas deve haver um esforço para que o resultado tenha algum grau de optimização.

Os cálculos podem ser realizados com a ajuda de folhas de cálculo. Os desenhos devem ser, preferencialmente, realizados no software de CAD CATIA V5 da Dassault.

3.1. Configuração

A configuração do veículo deve ser escolhida de forma a permitir que os requisitos sejam completamente satisfeitos. Esta tarefa é de extrema importância porque deve integrar todas as necessidades das outras partes do projecto numa configuração viável. Deve ser realizado um estudo tridimensional preliminar de todos os elementos principais e integrá-los na estrutura. Devem ser feitos desenhos 3D em CAD da aeronave completa.

3.2. Aerodinâmica e Estabilidade

O estudo aerodinâmico deve incidir na escolha dos perfis, geometria das superfícies sustentadoras, carenagens, determinação das características aerodinâmicas (C_L , C_D e C_M), bem como garantir que as escolhas feitas no projecto não afectem negativamente a aerodinâmica. Também é necessário realizar um estudo de estabilidade e controlo.

O projecto aerodinâmico deve privilegiar a definição da geometria da asa. As asas devem ser optimizadas tendo em conta os compromissos necessários para as diferentes fases de voo.

3.3. Propulsão e Desempenho

O sistema propulsivo (motor, hélice, variador e baterias) deve ser escolhido e dimensionado de acordo com os requisitos apresentados. Deve ser feita uma estimativa do desempenho (velocidades, tempos, consumos, etc.). A missão deve ser verificada para dias de Verão típicos em Portugal.

3.4. Sistemas

Deve ser feito o estudo do sistema de aterragem, do sistema de controlo e do sistema eléctrico. Este estudo, para além da selecção dos componentes deve incluir a definição da posição dos componentes na aeronave. Componentes comercializados devem ser escolhidos, preferencialmente, para acelerar o processo de projecto e de construção. É necessário realizar uma base de dados com fornecedores, características de funcionamento, massas e preços dos componentes adoptados.

3.5. Estrutura e Materiais

O tipo de estrutura e os materiais para as diferentes partes da aeronave devem ser escolhidos adequadamente tendo em atenção a sua configuração e função. O dimensionamento estrutural preliminar da asa deve ser realizado. Deve ser feita uma base de dados de materiais com fornecedores, características físicas, características mecânicas e preços. Deve ser realizado um estudo do processo de fabricação a usar, bem como estimativas do peso e centragem e do custo final da aeronave.

3.6. Calendário de Tarefas

O quadro abaixo apresenta o calendário de tarefas do projeto que deve ser cumprido.

Mês	S.	Outubro					Novembro					Dezembro					Janeiro					Fev.	
Tarefa \ Semana	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Aulas Teóricas																							
Configuração																							
Aerodinâmica/Estabilidade																							
Propulsão/Desempenho																							
Sistemas																							
Estrutura e Materiais																							
Teste																							
Apresentação																							
Relatório																							
Exames																							

Legenda:

- Aulas teóricas
- Trabalho a desenvolver durante o semestre
- Semanas sem aulas
- Momentos de Avaliação

3.7. Realização do Trabalho

O projecto é realizado em grupos de 4 alunos. Este projecto requer bastante dedicação para ser terminado dentro do prazo.

	Aluno	Nº	Grupo	E-mail	Tarefa
Turno 09h					
01					Configuração
02					Aerodinâmica
03					Desempenho
04					Sistemas
05					Estrutura
06					
07					
08					
09					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
Turno 11h					
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					
08					
09					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

4. AVALIAÇÃO

A avaliação é baseada num teste, numa apresentação e num relatório.

4.1. Teste

O teste abrange as matérias teóricas expostas e discutidas nas aulas até ao dia da sua realização (10 de Janeiro de 2012 – semana 16). O teste é dividido em duas partes; a primeira sem consulta e a segunda com consulta.

4.2. Apresentação

No final do semestre realiza-se uma apresentação (17 de Janeiro de 2012 – semana 17). Na apresentação, quando o projecto estiver praticamente concluído, cada grupo (todos os elementos têm que intervir) deve mostrar aos outros que o seu projecto cumpre os requisitos, descrevendo os passos que levaram ao resultado final. Esta apresentação tem uma duração de 20 minutos a 30 minutos por grupo, dependendo do número de grupos.

4.3. Relatório

Cada grupo deve redigir um relatório onde incluirá todos os passos relevantes no projecto da aeronave, compreendendo a configuração, as decisões tomadas, os cálculos, os resultados, etc. Devem ser também incluídos todos os esboços e desenhos necessários para a compreensão do projecto, bem como as três vistas da aeronave com as dimensões e características principais. O número de páginas do relatório não deve exceder as 30, usando um tamanho de letra 12 e espaçamento entre linhas simples. O relatório deve ser entregue no último dia de aulas (20 de Janeiro de 2011 – semana 17).

4.4. Exame

Não existe um exame escrito mas, caso a nota do período lectivo seja negativa ou se deseje fazer melhoria, deve ser entregue um novo relatório de projecto nos períodos de exames, nas semanas 20 e 21.

4.5. Classificação

A classificação do período lectivo é $F=0,3T+0,2A+0,5R$ e a aprovação é com $F \geq 10$. O mesmo se passa para a classificação de exame.

1.	Frequência ($F=0,3T+0,2A+0,5R$)		100
	T Teste	10-01-2012	30
	A Apresentação	17-01-2012	20
	R Relatório	20-01-2012	50
2.	Exame de Época Normal ($E=0,3T+0,2A+0,5R1$)		100
	R1 Relatório (1ª chamada)	??-02-2012 – ??h?0	50
	R1 Relatório (2ª chamada)	??-02-2012 – ??h?0	50
4.	Exame de Época Especial ($E=0,3T+0,2A+0,6R2$)		100
	R2 Relatório	??-07-2012 – ??h?0	50

5. BIBLIOGRAFIA

Abaixo estão listados alguns livros que podem ser consultados para a realização deste projecto. Os relatórios de projecto de anos anteriores também podem ser consultados mas tendo em atenção que a informação neles contida pode estar incorrecta. Muita informação importante pode ser encontrada na internet através de pesquisas criteriosas.

5.1. Livro de Texto

01. Raymer, D. P., *Aircraft Design: A Conceptual Approach* - 4rd edition, AIAA Education Series, 2006

5.2. Livros de Projecto

02. Stinton, D., *The Design of the Aeroplane*, Blackwell Science, 1983
03. Jenkinson, Lloyd R., Marchman III, James F., *Aircraft Design Projects for Engineering Students*, Butterworth-Heinemann, 2003
04. Barros, C., *Introdução ao Projecto de Aeronaves – Volumes 1 & 2*, CEA/UFMG, 1979
05. Brandt, S. A., Stiles, R. J., Bertin, J. J., Whitford, R., *Introduction to Aeronautics: A Design Perspective*, AIAA Education Series, 1997
06. Corke, T. C., *Design of Aircraft*, Pearson Education, Inc., 2003
07. Howe, D., *Aircraft Conceptual Design Synthesis*, Professional Engineering Publishing, 2000
08. Jenkinson, L. R., Simpkin, P., Rhodes, D., *Civil Jet Aircraft Design*, Arnold, 1999
09. Pazmany, L., *Light Airplane Design*, Pazmany Aircraft Corporation, 1963
10. Roskam, J., *Airplane Design – Volumes I to VIII*, The University of Kansas, 1990
11. Torenbeek E., *Synthesis of Subsonic Airplane Design*, Delft University Press, 1982

5.3. Outros Livros de Interesse

12. Abbot & Doenhoff, *Theory of Wing Sections*, Dover Publications Inc, 1959
13. Barnaby Wainfan, *Airfoil Selection – Understanding and Choosing Airfoils for Light Aircraft*, 1988
14. Barnes W. McCormick, *Aerodynamics, Aeronautics and Flight Mechanics – 2nd edition*, John Wiley & Sons Inc, 1995
15. Bernard Etkin, Lloyd Duff Reid, *Dynamics of Flight, Stability and Control – 3rd edition*, John Wiley & Sons Inc., 1996
16. Bill Clarke, *The Cessna 172 – 2nd edition*, Tab Books, 1993
17. Darrol Stinton, *Flying Qualities and Flight Testing of the Airplane*, AIAA Education Series, 1996
18. David A. Lombardo, *Aircraft Systems – Understanding Your Airplane*, Tab Books, 1988
19. Euroavia, *Future Trainer Concept*, 1999
20. Geoff Jones, *Building and Flying Your Own Plane*, Patrick Stephens Limited, 1992
21. Ian Moir & Allan Seabridge, *Aircraft Systems*, Longman Scientific & Technical, 1992
22. *Jane's All the World Aircraft*, 1995
23. JAR-23, *Joint Aviation Requirements for Normal, Utility, Aerobatic and Commuter Category Aeroplanes*, JAA, 1994
24. JAR-27, *Joint Aviation Requirements for Small Rotorcraft*, JAA, 1993
25. JAR-VLA, *Joint Aviation Requirements for Very Light Aeroplanes*, JAA, 1990
26. Ladislao Pazmany, *Landing Gear Design for Light Aircraft – Volumes I & II*, Pazmany Aircraft Corporation, 1986
27. John Cutler, *Understanding Aircraft Structures*, Blackwell Science, 1999
28. Martín Cuesta Alvarez, *Vuelo con Motor Alternativo*, Paraninfo, 1981
29. Robert C. Nelson, *Flight Stability and Automatic Control*, McGraw-Hill, 1989
30. S. Hoerner, *Fluid-Dynamic Drag*, *Hoerner Fluid Dynamics*, 1965
31. S. Hoerner, *Fluid-Dynamic Lift*, *Hoerner Fluid Dynamics*, 2nd Edition, 1985
32. Stelio Frati, *L'Aliante*, Editore Ulrico Hoepli, Milano, 1946
33. Ted L. Lomax, *Structural Loads Analysis for Commercial Transport Aircraft – Theory and Practice*, AIAA Education Series, 1996
34. *The Metals Black Book – Volume 1 – Ferrous Metals*, Casti Publishing Inc, 1995
35. *The Metals Red Book – Volume 2 – Nonferrous Metals*, Casti Publishing Inc, 1995
36. T. H. G. Megson, *Aircraft Structures for Engineering Students – 2nd edition*, Edward Arnold, 1990

37. Tony Bingelis, *Firewall Forward – Engine Installation Methods*, EAA Aviation Foundation, 1992
38. Tony Bingelis, *Sportplane Construction Techniques – A Builder’s Handbook*, EAA Aviation Foundation, 1992
39. Tony Bingelis, *The Sportplane Builder – Aircraft Construction Methods*, EAA Aviation Foundation, 1992