

UAV.ART

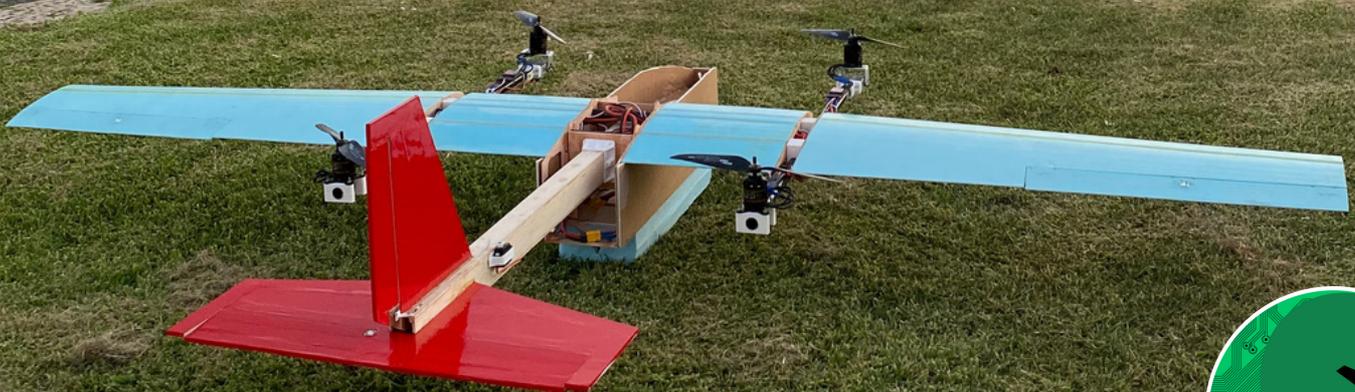
INNOVATING THE ART OF FLYING

VTOL

Descobre o novo aeromodelo VTOL do UAV-ART e o seu processo de construção

GMV - XKY e IMA

Aprende mais acerca da arquitetura IMA e do papel da GMV no projeto



10ª EDIÇÃO | JUNHO 2022

A NEWSLETTER

Caros leitores, bem-vindos à 10ª edição da Newsletter do UAV-ART! Sou aluno do 1º ano do curso de Engenharia Eletrónica e entrei neste projeto há cerca de um ano. Fazer parte do UAV-ART tem sido uma excelente experiência! Quando entrei, tinha como objetivo desenvolver as minhas competências relacionadas com o trabalho em equipa e automação de aeronaves não tripuladas. Desde então, tive a possibilidade de conhecer novas pessoas incríveis que partilham o mesmo gosto que tenho pela aviação e o aeromodelismo.

Recentemente assumi o cargo de liderança da equipa de Estruturas e Aerodinâmica e, a partir desse momento, o foco do meu trabalho tem passado pela coordenação da equipa e pelo design e construção de um aeromodelo protótipo com capacidade de descolagem e aterragem vertical (VTOL), um desafio que tem posto à prova toda a capacidade e dedicação de todos os colaboradores do UAV-ART. Com este conceito de aeromodelo, que é completamente novo para o projeto, pretendemos aumentar o envelope de operação do UAV, de forma a não ficarmos limitados a operar em pistas dedicadas a aeromodelos e aviões.



Outra vertente do meu trabalho no projeto, é a minha ocupação do cargo de piloto de testes dos nossos aeromodelos. Deste modo, tenho a possibilidade de sentir em primeira mão todas as modificações estruturais, aerodinâmicas e eletrónicas feitas nos aeromodelos, assim facilitando a determinação de aspetos individuais a melhorar.

Nesta edição poderão conhecer um pouco mais sobre o processo de construção do nosso novo aeromodelo VTOL, assim como descobrir aquele que tem sido o papel da GMV no nosso projeto, e compreender a aplicabilidade do conceito de Aviónica Modular Integrada (IMA) no nosso projeto. ➔



Francisco Loureiro
Equipa de Estruturas e Aerodinâmica

VERTICAL TAKE-OFF AND LANDING

No semestre passado, a Equipa de Estruturas e Aerodinâmica dedicou-se ao design e construção da mais recente iteração do aeromodelo de testes do projeto, o X-Plane. Após alguns voos de teste iniciais e alguns ajustes, podemos afirmar com confiança que o aeromodelo cumpriu com sucesso o seu propósito: permitir ao Projeto testar várias configurações de eletrónica e realizar as manobras necessárias em voo de modo a obter dados experimentais que nos permitissem afinar o nosso controlador de voo.



Um dos testes de voo do X-Plane

Concluída esta etapa, a Equipa de Estruturas e Aerodinâmica começou a pensar nos próximos passos. Tendo começado recentemente a virar os nossos esforços para a monitorização de florestas, seria uma mais valia ter um aeromodelo com capacidade de descolar e aterrar verticalmente, comumente designado por VTOL (Vertical Take Off and Landing), eliminando assim a necessidade de uma pista própria para o efeito. Esta mudança é benéfica a nível logístico, já que nos permite voar num maior número de localizações e iria ser inevitável, já que não é viável contar que as florestas ou outros terrenos que queiramos vigiar tenham uma pista de aeromodelismo adjacente. Assim sendo, a Equipa enveredou por este novo desafio de desenhar e construir um aeromodelo dotado de voo vertical e horizontal.

O primeiro entrave deste desafio foi qual a configuração de VTOL explorar. Há diversas configurações de aeromodelos que permitem que este voe na vertical e horizontal e, tal como é costume em aeronáutica, há que realizar trade-offs para se obter a configuração que mais se adequa à nossa missão. De modo a ser possível a execução do voo vertical tem de haver a presença de motores e as respetivas hélices montadas na direção vertical. No entanto, para o modo de voo convencional, ou seja, o horizontal temos várias opções. É possível ter um par motor hélice dedicado inteiramente ao voo horizontal, sendo que nesta configuração os motores não variam de orientação. Assim, quando se desejar transitar do modo de voo vertical para horizontal, o motor irá fazer a aeronave ganhar velocidade até que a sustentação proporcionada pelas asas seja suficiente para o voo, desligando-se em seguida os motores responsáveis pelo voo vertical.

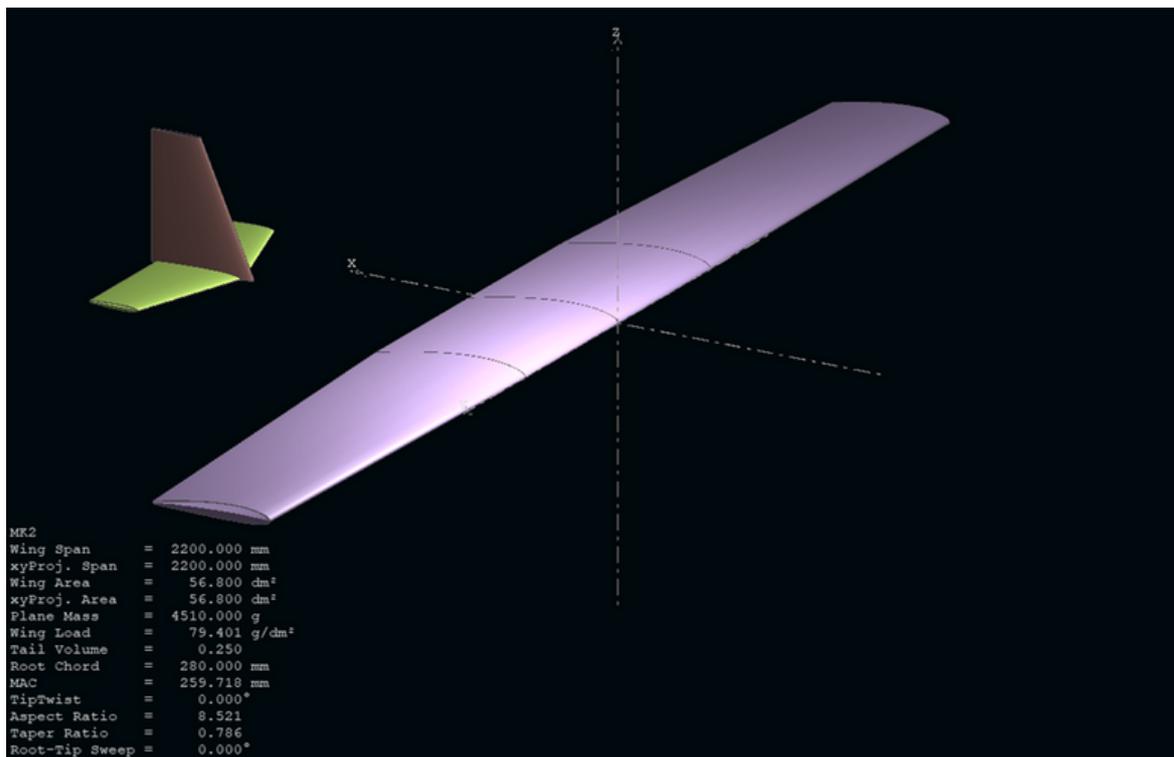
É também possível ter uma configuração em que os motores ou a própria asa rodem, de modo a realizar uma transição entre o modo vertical e horizontal de voo. Esta é uma configuração mais desafiante, já que este tipo de sistemas introduz novas complexidades aquando da transição entre modos de voo. Quando se pretende transitar de voo vertical para horizontal, os motores rodam, passando a ter uma componente vertical e outra horizontal de propulsão. Esta componente horizontal faz com que a aeronave ganhe velocidade, até ao ponto em que a sustentação nas asas é suficiente para manter voo horizontal, ponto em que os motores estão já totalmente orientados na horizontal. Na figura abaixo podemos ver os dois tipos de configuração lado a lado.



VTOL com motores distintos para voo vertical (Arcturus UAV T-20) e horizontal vs VTOL com motores com orientação variável (VQ100)

A equipa optou pela configuração da debaixo, ou seja, em que os motores serviriam tanto para propulsão vertical quanto para propulsão horizontal, através de um mecanismo que permitisse aos motores rodarem. Acreditamos que esta configuração seja mais otimizada aerodinamicamente já que não há fases do voo em que existem hélices paradas a gerar atrito.

Tendo a configuração definida, passou-se de seguida ao dimensionamento e definição dos métodos de construção. Após estudos aerodinâmicos, concluiu-se que o peso máximo à descolagem seria de 5 kg e que seria necessária uma envergadura de 2.2 m de asa para um voo cruzeiro a 18 m/s. Na figura da página seguinte podemos ver o design do aeromodelo no software XFLR5, para análises aerodinâmicas.



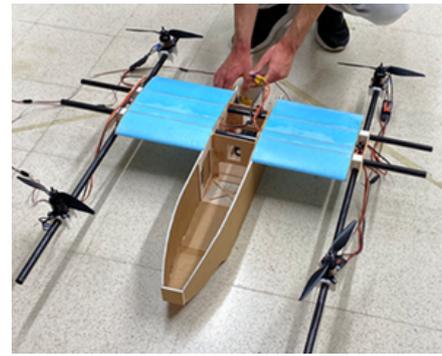
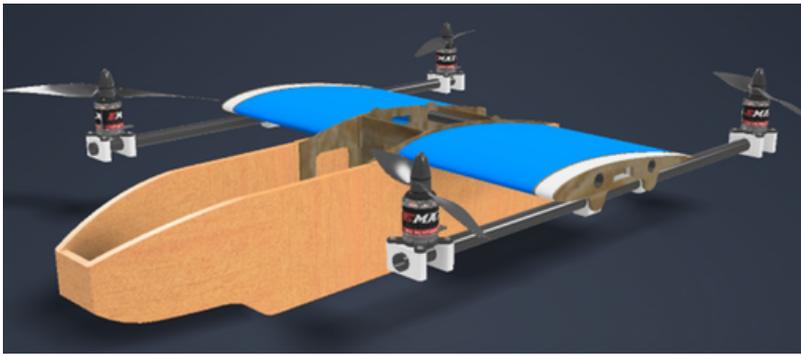
Design das superfícies aerodinâmicas do aeromodelo no XFLR5

Um dos objetivos principais era que esta aeronave fosse modular, o que permite a substituição de seções individuais no caso de danos sem ter de refazer toda a estrutura e facilita o transporte da aeronave. Uma configuração modular também permite a substituição de seções constituintes da aeronave por outras com características distintas, para se poder ver as diferenças nas respostas do aeromodelo e a sua eventual otimização. Assim sendo, o aeromodelo é composto por 3 seções principais: a asa, a cauda e a fuselagem.

A fuselagem é constituída por uma secção central reforçada, que é responsável por ligar as três principais fontes de esforços numa aeronave: a cauda, a asa e o trem. É importante garantir a resistência estrutural desta seção central, já que é onde estão ligados todos os outros componentes da aeronave, pelo que se optou por fazer uma estrutura em contraplacado.

Juntamente a esta estrutura de contraplacado encontra-se também uma secção central da asa e os encaixes dos tubos em que se encontram os motores. Esta secção da asa tem como objetivo principal a transmissão de esforços dos motores no voo vertical para o resto da estrutura. Assim sendo é de extrema importância que seja capaz de resistir aos esforços de torção. Para tal, a equipa fez esta parte da asa em XPS com uma camada de fibra de vidro a 45°. Para os suportes para os motores foram utilizados tubos de carbono, que se encontram presos à secção central da asa através de peças impressas em 3D em PETG. A rotação dos motores será feita com recurso a servomotores de elevado torque, que irão estar montados nos tubos.

Por fim a fuselagem é ainda composta por uma skin exterior, que ajuda a distribuir os esforços, mas cujo objetivo principal é dotar a aeronave de uma forma aerodinâmica. Nesta fase de experimentação, a skin foi feita de k-line, devido à leveza e facilidade de construção. Numa fase posterior a skin será feita de fibra de vidro. Na página seguinte pode-se ver a modelação desta seção central com a skin em k-line, e uma foto da sua construção.



Modelação da fuselagem e respetiva fase de construção

A cauda é constituída por dois componentes: o boom e os estabilizadores. O boom é a peça que liga os estabilizadores à secção central reforçada da fuselagem e é feito com pranchas de balsa e reforços de contraplacado. Os estabilizadores são neste momento feitos de k-line, devido às razões mencionadas anteriormente e devido à elevada facilidade de mudança no que toca às suas dimensões.

As asas serão feitas recorrendo à técnica clássica de aeromodelismo, através de uma combinação de nervuras e longarinas de madeira, é possível obter uma estrutura leve e resistente aos esforços aerodinâmicos proporcionados pelo voo. As nervuras serão feitas de balsa, tal como a cobertura do bordo de ataque para fechar a célula em D, enquanto as longarinas serão de pinho, de modo a proporcionar uma maior resistência à flexão. As asas terão flaps junto à raiz, o que permite aterragens mais lentas já que os flaps providenciam sustentação adicional à asa, permitindo ao aeromodelo voar mais devagar.

Esta fase da construção ainda não foi concluída, pelo que se pode ver a modelação da asa em software CAD abaixo:



Modelação da estrutura interna da asa

Por fim, a asa é coberta com monokote, o que dota o espaço entre nervuras com a forma do perfil que permite gerar sustentação, e aumenta a resistência à torsão. Está também a ser ponderada a inclusão de winglets para a ponta das asas, que melhoram a performance aerodinâmica da asa ao impedir a formação de vórtices turbulentos no bordo marginal.

Apesar de complexa e de enfrentarmos novos desafios, a construção deste aeromodelo tem progredido como o esperado e têm-se obtido resultados muito promissores. Até ao momento, ainda só se testou o aeromodelo em voo vertical, sendo que o passo seguinte é testar o voo horizontal e por fim juntar os dois voos, no que será o obstáculo mais proeminente nesta construção: a transição entre voo vertical e horizontal. ✈

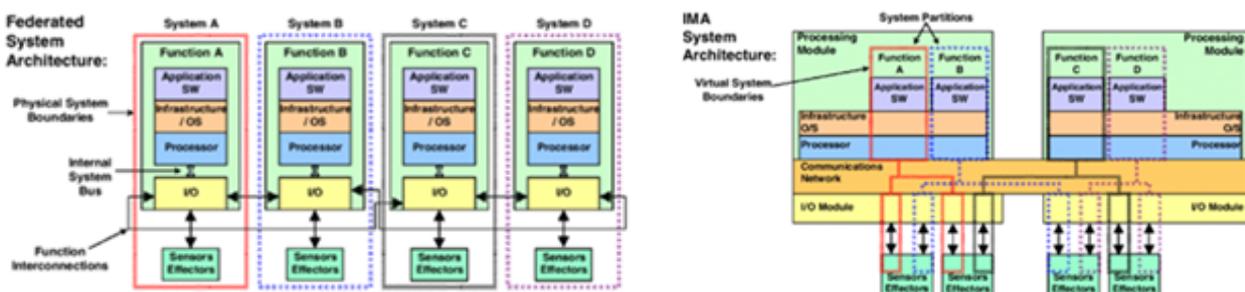
GMV - XKY e IMA

A GMV é um grupo multinacional presente na Europa, América e Ásia com uma equipa de mais de 2 500 pessoas, que opera em diferentes setores de alta tecnologia, incluindo espaço, aeronáutica, transportes e defesa, e segurança. Além da sua vasta história de trabalho inovador na área Aeroespacial, a GMV também foi o 1º patrocinador do UAV-ART e apoia o projeto já há mais de 1 ano.



Um dos frutos desta parceria foi a partilha de conhecimento numa das áreas mais importantes, não só na aviação comercial, mas recentemente, também nas aeronaves não tripuladas, como é o caso dos aeromodelos do UAV-ART, o conceito de Aviónica Modular Integrada (IMA). Esta partilha de conhecimento, iniciou-se com uma série de formações providenciadas pela GMV aos colaboradores do UAV e materializou-se dentro do projeto numa sequência de passos para pavimentar o caminho no sentido de aplicar os conceitos de IMA integralmente.

Portanto, para começar a compreender o conceito de Aviónica Modular Integrada (IMA) e a sua origem, é necessário primeiro discutir a arquitetura da eletrónica dentro dos aviões até ao final do século XX, chamada Arquitetura Federada. Neste modelo, cada função do avião está contida numa caixa preta independente, também designada de Line Replaceable Unit (LRU), que possui todos os componentes necessários para o desempenho dessa função, incluindo software e hardware. Assim, para cada função do avião existe uma LRU independente o que torna toda a arquitetura bastante modular e facilita a substituição de peças defeituosas. No entanto, à medida que a complexidade e o número de funções a desempenhar pelos aviões aumentou, começaram a sobressair as desvantagens da Aviónica Federada, que necessitava de acrescentar muito peso e volume para cada uma das novas funcionalidades introduzidas, o que rapidamente se torna inoportável.

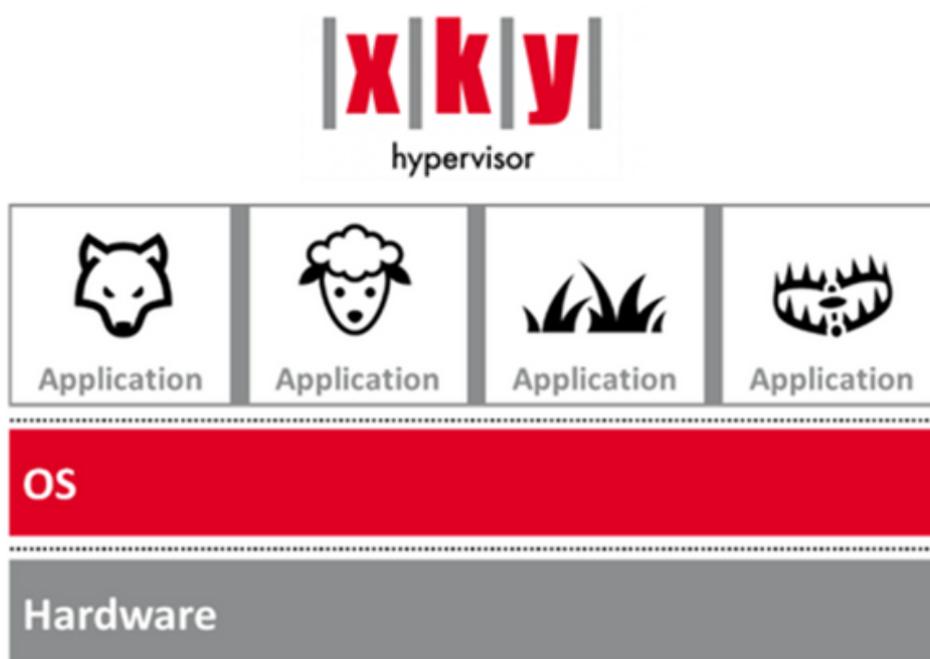


Arquitetura federal (à esquerda) e arquitetura IMA (à direita)

Neste sentido, nasce então o conceito de Aviónica Modular Integrada (IMA) que, em oposição à tradicional Aviónica Federada, permite partilhar recursos entre várias funções, reduzindo assim, drasticamente, o número de equipamentos no avião. Ou seja, em vez de se utilizarem recursos duplicados para cada função, o conceito IMA permite que tudo esteja a ser executado numa mesma plataforma, desde que esta cumpra alguns requisitos básicos:

- garantir que o novo computador a bordo providencie uma separação virtual entre as várias aplicações (que no modelo Federal era uma separação física);
- validar que o desempenho de cada aplicação não é comprometido pela presença de outras.

Posto isto, é necessário utilizar um sistema operativo focado na partição robusta entre as várias aplicações, de forma a cumprir com o primeiro e o segundo requisitos da arquitetura IMA, tal como o sistema operativo em tempo real XKY, desenvolvido de raiz pela GMV. O XKY, sendo um sistema operativo em tempo real (RTOS) tem a vantagem de permitir o controlo absoluto sobre a quantidade de recursos e tempo atribuídos a cada aplicação, não permitindo, por exemplo, que uma aplicação crítica (sem a qual o aeromodelo não consegue voar) como o piloto automático, seja ofuscada por uma aplicação não crítica, como uma câmara a bordo.



Exemplo de uma arquitetura IMA implementada em XKY

Formalmente, o RTOS limita o tempo que cada aplicação tem para utilizar o processador, e a quantidade de memória atribuída a cada uma delas, permitindo a partição das várias aplicações no espaço e no tempo. Com esta divisão temporal, o processador na execução das diversas aplicações segue um horário definido em que corre, isto é, com base na figura acima, as aplicações Lobo, Ovelha, Relva e Armadilha são executadas de forma intercalada e nunca simultânea.

Esta organização periódica de cada aplicação enquadra-se perfeitamente no modus operandi da maioria das aplicações a bordo de um aeromodelo. Além disso, a utilização deste sistema em tempo real permite a divisão dos recursos de um só computador de bordo para várias aplicações, de uma forma controlada. No caso do UAV-ART, dado que temos no nosso computador de bordo o piloto automático a correr simultaneamente com os algoritmos de deteção de fogos florestais, uma alternativa como o RTOS é bastante vantajosa, apesar das dificuldades que podem surgir na implementação dos algoritmos de controlo neste tipo de ambiente em tempo real.

Desta forma, a equipa de Sistemas começou a pavimentar o caminho no sentido de futuramente ser implementada uma alternativa em tempo real. Para tal, foi realizada uma completa transcrição do código do piloto automático de Python para C e realizada uma investigação e formação interna sobre os conceitos do XKY e RTOS.

Para concluir, pode-se rematar que, no mundo complexo dos aeromodelos modernos, em especial dos pequenos UAV's, existe um leque cada vez mais variado de funcionalidades distintas e um limite bastante reduzido de espaço e peso que conseguem acomodar estas funcionalidades. Neste cenário, torna-se cada vez mais sensato a utilização dos conceitos IMA e de sistemas em tempo real RTOS nos computadores de bordo destes aeromodelos, com o objetivo de conseguir aumentar o número de funções, removendo a possibilidade de conflitos entre elas. Assim, o trabalho da equipa de Sistemas na preparação do código do piloto automático em C e o apoio da GMV nas formações de IMA e na partilha de documentação sobre o XKY, irão permitir que a arquitetura dos nossos aeromodelos se aproxime cada vez mais do estado da arte, com um maior controlo e precisão nas várias aplicações que utilizamos nos nossos aeromodelos para conseguir monitorizar os nefastos fogos florestais que atingem todos os anos o nosso país.

Por fim, gostaríamos de agradecer à GMV, como nosso primeiro patrocinador e por ter partilhado todo este conhecimento com a equipa. Esperamos continuar a inovar a arte de voar com o vosso apoio. ➔



Projeto UAV-ART

Coordenadores



Afonso Oliveira



Simão Caeiro

Líderes de Equipa

Estruturas e Aerodinâmica

Controlo

Sistemas

Visão

Marketing



Francisco Loureiro



Pedro Martins



Diogo Ferreira



Arthur Lago



Vítor Narciso

Colaboradores



Afonso Vale



Alexandre Nogueira



António Arco



Arthur Lobo



Artur Silva



Bernardo Marques



Bernardo Pinto



Diogo Cochicho



Duarte Morais



Eduardo Brito



Filipe Valqueresma



Francisca Martins



Francisco Serra



Gonçalo Carreira



Inês Silva



Joana Mariano



João Barreira



João Moura



João Peixoto



José Medeiro



Leonor Azevedo



Luís Silva



Maria Fernandes



Miguel Rodrigues



Renato Loureiro



Ricardo Rocha



Rodolfo Amorim



Rodrigo Amorim



Rui Beltrão



Tomás Henriques

COM O APOIO DE:



MUNICÍPIO
ARCOS DE VALDEVEZ

