

Plataforma de Baixo Custo para Coleta de Imagens NDVI

Vinicius Andrei Cerbaro¹, Michele Fornari², Willingthon Pavan¹, José Maurício Cunha Fernandes³, Nathália Pinto Cechetti¹

¹ Instituto de Ciências Exatas e Geociências, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil, cerbaro@ufl.edu, pavan@upf.br, nathalia.cechetti@gmail.com

² Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil, micheleforari@gmail.com

³ Embrapa Trigo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil, mauricio.fernandes@embrapa.br

RESUMO

O manejo integrado de plantas compreende o uso de múltiplas estratégias, incluindo, quando possível, sistemas baseados em modelos de simulação para a previsão de doenças e auxílio na tomada de decisões. Um sistema de previsão de doenças deve ser capaz de fazer projeções dos principais eventos no desenvolvimento das mesmas, o que a maioria não faz. Neste sentido, o monitoramento preventivo das áreas de cultivo por meio do processamento de imagens provenientes do sensoriamento remoto torna-se uma solução viável. Comumente aliado a sensores orbitais (satélites), o sensoriamento remoto ganha, com o avanço tecnológico, novas ferramentas de apoio, tais como os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs). Neste contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um Veículo Aéreo Não Tripulado para coleta de imagens. Composto por uma câmera fotográfica de baixo custo, a qual foi modificada para capturar o infravermelho próximo, o VANT desenvolvido almeja a coleta de índices de vegetação, com ênfase no NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*).

PALAVRAS-CHAVE: VANT, NDVI, Sensoriamento Remoto, Hexacopter.

ABSTRACT

Integrated plant management includes the use of multiple strategies, including model-based simulation systems for predicting diseases. A disease forecasting system should be able to make projections of main events for diseases development, what the most doesn't. In this way, the preventive monitoring growing areas by remote sensing images becomes a praticable solution. Remote sensing is commonly combined with orbital sensors. But with advance of technology new support tools became available, such as Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). In this context, this paper aims to present a development of one UAV which will be utilized to

colect images. Composed by a low coast camera, which was modified to capture near infrared bands, the developed UAV aims to colect vegetation indexes with emphasis on the NDVI.

KEYWORDS: UAV, NDVI, Remote Sensing, Hexacopter.

INTRODUÇÃO

O manejo integrado de culturas agrícolas compreende o uso de múltiplas estratégias, incluindo, quando possível, sistemas de monitoramento preventivo e sistemas baseados em modelos de simulação para a previsão de doenças e auxílio na tomada de decisões. Entretanto, diferentes sistemas de previsão não têm atendido as expectativas para o manejo adequado das plantas. Entre os motivos, pode-se citar o excesso de complexidade, a falta de portabilidade das soluções, a exigência contínua de esforços de validação, o alto custo de implementação e manutenção e a falta de interesse ou aversão ao risco por parte dos usuários.

Segundo Everaerts (EVERAERTS et al., 2008), um sistema de previsão de doenças deve ser capaz de fazer projeções dos principais eventos no desenvolvimento das mesmas, o que a maioria não faz. Neste sentido, o monitoramento preventivo das áreas de cultivo, torna-se uma solução viável e baseia-se no processamento de dados provenientes do sensoriamento remoto.

Desta forma, o sensoriamento remoto é uma ferramenta imprescindível para o atual cenário dos estudos relacionados com a agricultura de precisão, em particular, para o monitoramento da vegetação. Este sensoriamento possibilita, por meio de dados captados por sensores específicos, avaliar o crescimento das culturas, assim como verificar a ocorrência de pragas, doenças e diversos eventos meteorológicos.

Os dados obtidos a partir do sensoriamento remoto são, comumente, coletados por meio de sensores multiespectrais orbitais (satélites). Estes sensores possuem resolução espectral limitada e susceptibilidade a fatores atmosféricos, como, por exemplo, a cobertura de nuvens, o que impossibilita a extração de informações mais detalhadas dos alvos (PIZARRO, 1999). Como alternativa à utilização dos sensores orbitais e, com diferentes características de aplicabilidade, surgem os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs).

Popularmente conhecidos como Drones, os VANTs surgiram em ambientes militares, para fins de espionagem e patrulhamento. Contudo, nos últimos anos houve um aumento significativo do uso civil destes equipamentos. Além de conquistarem cada vez mais pessoas como instrumento de diversão, são empregados em diversas atividades comerciais e de pesquisa, tais como mapeamento e reconhecimento (MEDEIROS, 2007).

Neste contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma plataforma para coleta de imagens NDVI, composta por um Veículo Aéreo Não Tripulado e uma câmera fotográfica de baixo custo, a qual foi modificada para capturar o infravermelho próximo, sendo este utilizado para gerar a imagem NDVI.

MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção são discutidos conceitos fundamentais para a compreensão deste trabalho. Este capítulo apresenta uma breve descrição das ferramentas e tecnologias utilizadas para o desenvolvimento da plataforma, bem como as possibilidades da sua utilização.

Motores e Controladores Eletrônicos de Velocidade

Utilizados em VANTs elétricos de pequeno porte, os motores *brushless* funcionam por meio de ímãs permanentes fixados no rotor, eliminando a necessidade das escovas, as quais são comumente utilizadas em motores elétricos.

Este tipo de motor apresenta vantagens em relação aos motores escovados, entre elas: consumo de energia reduzido, vida útil prolongada e redução de interferências eletromagnéticas, as quais causam ruídos no sistema eletrônico do equipamento (SANCHEZ et al, 2011).

Contudo, para obter o mesmo nível de controle que os motores com escovas, os motores *brushless* requerem um circuito integrado complexo e, por consequência mais caro, o qual é chamado de controlador eletrônico de velocidade (*Electronic Speed Controller – ESC*). Os ESCs controlam a velocidade do motor por meio de circuitos que recebem comandos do controlador da aeronave e repassam a carga elétrica necessária para os motores (SANCHEZ et al, 2011). Pode-se observar na Figura 1 um ESC (a esquerda) conectado em um motor *brushless*.

Figura 1 - ESC conectado ao motor *brushless*.



Fonte: (rcgroups.com, 2014).

ArduPilot

O ArduPilot é uma plataforma para controle de veículos aéreos e veículos terrestres não tripulados. O seu projeto possui software e hardware *open source* e baseia-se na plataforma Arduino, juntamente com o conceito DIY, que é um acrônimo de *Do It Yourself*, em português, faça você mesmo. Neste contexto, a proposta da plataforma ArduPilot é oferecer um sistema expansível, configurável, modular e de baixo custo (ARDUPILOT, 2015).

Seguindo os conceitos do Arduino, com o ArduPilot é possível criar uma solução completa para controle e gestão de voo por meio da utilização de expansões, como sensores de estabilização, posicionamento, navegação e plataformas de comunicação sem fio.

Atualmente na versão 2.6, o ArduPilot possui software desenvolvido por uma comunidade e oferece diversos modos de voo, desde um simples modo de estabilização até voos programados por GPS. Um comparativo entre os modelos existentes pode ser visualizados na Tabela 1 (ARDUPILOT, 2015).

Tabela 1 – Versões do controlador de voo ArduPilot.

Características	ArduPilot	ArduPilotMega 1 (1280)	ArduPilotMega 1 (2560)	ArduPilotMega 2.6
Status	Descontinuado	Descontinuado	Ativo	Ativo
Processadores	Atmega 328, attiny	Atmega 328, Atmega 1280	Atmega 328, Atmega 2560	Atmega 2560, Atmega 32u2, MPU-6000
Sensores onboard	Apenas externos	3-axis Gyro, 3-axis Acel, barômetro, magnetometro	3-axis Gyro, 3-axis Acel, barômetro, magnetometro	6-axis MPU-6000 (Gyro + Acel), barômetro, magnetometro, GPS
Memoria interna	0	2MB	2MB	4MB
Tamanho (mm)	30x50x30	40x72x20	40x72x20	40x65x10
Montagem eletrônica necessária	A placa inteira vem desmontada	Apenas alguns componentes para soldar	Apenas alguns componentes para soldar	A placa vem pronta para voar

APM Planner

O APM Planner é um software para gestão de voo, específico para o controlador ArduPilot e é compatível com os sistemas operacionais Windows, Linux, Mac OS e Android (Figura 2). Por meio do APM Planner é possível programar todas as coordenadas as quais o VANT deve percorrer durante a missão, monitorar as condições da aeronave e alterar ou cancelar a rota, mesmo após o início de sua execução (MISSION PLANNER, 2015).

Criado por Michael Osborne, o APM Planner é totalmente *open source* e mantido por uma comunidade de desenvolvedores. Além de oferecer as opções de gestão de voo, também possui opções para a configuração e calibração dos controladores ArduPilot.

Figura 2 - Interface de voo do APM Planner.



Fonte: (ardupilot.com, 2014)

First Person View

First Person View (FPV), em português “visão em primeira pessoa”, é uma técnica muito difundida e assemelha-se aos jogos de computador do gênero tiro em primeira pessoa (do inglês *First Person Shooter* - FPS), nos quais os jogadores enxergam apenas o ponto de vista do seu personagem. Quando utilizado com VANTs, o FPV possibilita ao usuário imergir ao cenário, como se estivesse fisicamente dentro do VANT.

Basicamente, o FPV compreende uma câmera e um transmissor de vídeo instalados no VANT, e um receptor com uma tela de vídeo ou um óculos imersivo (Figura 3) instalados em solo, junto ao piloto.

Figura 3 - Óculos FPV.



Fonte: (onedrone.com, 2014)

ECalc

O software eCalc (ECALC, 2014) é uma ferramenta matemática WEB que auxilia os interessados, principalmente iniciantes, a projetar, simular e validar a configuração de VANTs. Na interface do eCalc, o usuário pode preencher uma série de campos com as configurações do VANT, tal qual ele deseja montar. É possível informar o número de motores, as características da bateria, os tipos de hélices e demais dados relevantes.

Ao concluir, o software apresenta, por meio de relatórios tabulares e gráficos, a viabilidade do projeto, a autonomia de voo, o peso máximo suportado, desperdícios de potência e aponta falhas encontradas na configuração, se estas existirem. Desta forma, o usuário não necessita um conhecimento técnico avançado acerca de questões aerodinâmicas, mecânicas e físicas para a montagem de VANTs.

Sensor NDVI

Soluções apresentadas na literatura (RISSINI, 2011; DWORAK et al., 2013) utilizam em suas soluções, câmeras com suporte nativo à captura de imagens NDVI, como por exemplo a Fuji IS-1 e a XNite Canon 450.

Outros trabalhos (TURNER et al., 2011; PRIMICERIO et al., 2012) referenciam sensores desenvolvidos pela empresa Tetracam, os quais possuem alta resolução e conseguem capturar imagens com comprimento de onda superior a 250nm da faixa visível do espectro e 920nm da faixa do infravermelho próximo.

Contudo, as câmeras citadas acima possuem custos elevados e, visando soluções financeiramente mais acessíveis, alguns trabalhos apresentam maneiras de transformar câmeras de uso comum, que produzem apenas imagens RGB, em câmeras NDVI (AGRIBOTIX, 2013).

Por meio da substituição do filtro bloqueador do infravermelho próximo, por um filtro bloqueador do vermelho visível, é possível obter uma solução para a captação de imagens NDVI com custo reduzido em relação as câmeras citadas anteriormente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados os meios utilizados para alcançar os objetivos e detalhes sobre o funcionamento da plataforma. As etapas para a constituição da plataforma foram divididas em: escolha do tipo de VANT e seleção dos componentes necessários; escolha do sensor NDVI à ser acoplado no VANT; montagem e calibração.

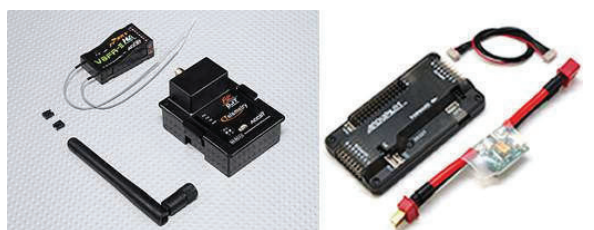
Tipo do VANT e componentes

Com os avanço nas pesquisas de diversas áreas, surgiram diferentes modelos de VANTs para diversos fins e, com esta ampla variedade, cabe ao interessado escolher o modelo que mais se adequa ao problema que precisa ser resolvido. Entre os modelos de VANTs disponíveis no mercado e encontrados na literatura (MEDEIROS, 2007; VARDHAN et al., 2014) pode-se citar: aviões, dirigíveis, helicópteros e multicópteros.

Para o desenvolvimento deste projeto optou-se por montar um VANT do tipo Multicóptero, este dotado de 6 motores (Hexacóptero). A escolha deste tipo de VANT justifica-se pelo fato de que o mesmo possui alta capacidade de carga, permitindo o acoplamento de sensores de maior porte, estabilidade para a captação das imagens, redundância (se um motor parar de funcionar o VANT consegue continuar voando) e fácil adaptação a diferentes cenários de campo, como, por exemplo, voos com velocidade do vento elevada.

Para realizar o processamento de voo e controle do VANT, foi utilizado o controlador ArduPilot v2.6, juntamente com um receptor FrSky 2.4Ghz VFR8-II de 8 canais (Figura 4), um transceptor 3DR 900Mhz para comunicação com o computador (telemetria) e um receptor GPS uBlox-6M com bússola digital interna.

Figura 4 - Módulo FrSky e APM 2.6



Fonte: (hobbyking.com, 2015)

Para acompanhar, em tempo real, o posicionamento do VANT e monitorar a qualidade da imagem captada, foi utilizado um transmissor de vídeo FPV Boscam 5.8Ghz com antenas polarizadas Fast Shark, conectado em uma câmera GoPro Hero3 (Figura 5).

Figura 5 - GoPro, transmissor Boscam e antenas Fast Shark.



Fonte: (agribotix.com, 2013)

Utilizando a ferramenta web eCalc, foram simuladas diferentes configurações e combinações de motores, hélices, baterias e controladores de velocidade. Diante dos resultados obtidos com as simulações optou-se por utilizar motores Tarot 4114/360KV juntamente com hélices de carbono 15x5.5 polegadas (diâmetro x passo), controladores de velocidade de 40 amperes e duas baterias Turnigy NanoTech 6S de 8 amperes (Figura 6).

Figura 6 - Componentes para a montagem do VANT.



Fonte: (O autor, 2015)

Sensor NDVI

Para montar o sensor NDVI optou-se por utilizar a câmera Canon PowerShot SX260 HS, visto que a mesma possui características que vão de encontro as necessidades (peso, qualidade de imagem e bateria), contém um receptor GPS integrado (viabilizando o georreferenciamento automático das imagens) e é compatível com o firmware provido pelo *Canon Hack Development Kit* (CHDK), possibilitando, assim, o desenvolvimento de um script que integre a câmera e o controlador do VANT.

Outro fator que motivou a escolha desta câmera, é a existência de filtros NGB (*Near Infrared, Green, Blue*) compatíveis com o seu sensor de imagem. Desta forma, foi possível modificá-la, para que esta capte a faixa do infravermelho próximo do espectro eletromagnético, possibilitando a captação de imagens NDVI.

Para a montagem da câmera foi necessário desmontar a sua lente e substituir o filtro RGB, o qual bloqueia o infravermelho, pelo filtro NGB da empresa Event38, sendo este o filtro escolhido (Figura 7).

Figura 7 – Substituindo o Filtro em uma câmera RGB.



Fonte: (agribotix.com, 2013)

Montagem e calibração

A montagem e ajuste do VANT foi realizada em laboratório, utilizando ferramentas auxiliares, como o software de configuração e análise APM Planner, o qual auxilia na interpretação de ruídos e demais anomalias que possam ocasionar falhas durante o voo.

Por sua vez, a câmera utilizada para captar as imagens precisa ser calibrada antes de cada voo, visto ser um sensor passivo, isto é, que não emite luz própria e utiliza a luz solar refletida pelas plantas para captar e gerar as imagens. Nuvens e posição solar são exemplos de fatores que podem alterar a quantidade de luz refletida e exigem, entre outros, um re-balanceo do branco da câmera.

Para adaptar a câmera ao VANT foi modelado e impresso, utilizando uma impressora 3D, um Gimbal (Figura 8). Este, por sua vez, é um mecanismo com recurso a motores que possibilita manter um objeto perfeitamente nivelado no plano horizontal, isto é, apesar do VANT inclinar conforme vai fazendo as mais diversas manobras o Gimbal mantém a câmera sempre nivelada e sem vibrações.

Figura 8 - Em laranja, o Gimbal impresso utilizando uma impressora 3D.



Fonte: (O autor, 2015)

Após o término do processo de calibração, o qual compreende o ajuste de constantes numéricas utilizadas nos cálculos de estabilidade do VANT (Cálculo PID) e alinhamento dos sensores (acelerômetro, giroscópio e barômetro), foram realizados testes em áreas de cultivos experimentais de soja para, desta forma, obter-se parâmetros para avaliação da plataforma. Pode-se observar na Figura 9 o VANT desenvolvido e algumas imagens coletadas.

Figura 9 - VANT e imagens coletadas durante os voos de teste.



Fonte: (O autor, 2015)

CONCLUSÕES

O equipamento mostrou-se muito confiável durante o voo, principalmente em altitudes superiores a 30 metros, onde não ocorreram significativas situações de turbulência, as quais implicam na qualidade da imagem captada e na autonomia do VANT. Com autonomia de voo total de 30 minutos, foi possível realizar a coleta de grandes áreas em um único deslocamento ao campo. Deste modo, justifica-se também, a autonomia elevada, como um vantagem de um VANT personalizado, visto que equipamentos comerciais comumente operam com autonomia de 15 ou 20 minutos.

Diante dos resultados observados durante os voos e perante as imagens coletadas, percebe-se as reais possibilidades de aplicação desta plataforma em atividades de sensoriamento agrícola. Prospecta-se a realização de uma validação da câmera que foi montada com outro sensor comercial já consolidado, afim de validar o filtro NGB utilizado, para que seja possível a sua utilização na coleta de dados e avaliação das culturas.

REFERÊNCIAS

- EVERAERTS, J. et al. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for remote sensing and mapping. 2008. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, v. 37, p. 1187-1192.
- PIZARRO, M. A. Sensoriamento remoto hiperespectral para a caracterização e identificação mineral em solos tropicais. 1999. Dissertação (Mestrado). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- ECALC. *Calculadora para Multicópteros*. Disponível em: <<http://www.ecalc.ch/>>. Acesso em: 27 Jul. 2014.
- RISSINI, A. L. NDVI, Crescimento e Produtividade de Cultivares de Trigo Submetidas a Doses de Nitrogênio. 2011. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Centro-Oeste. Guarapuava, Paraná.
- DWORAK, V. et al. *Strategy for the development of a smart NDVI camera system for outdoor plant detection and agricultural embedded systems*. *Sensors*, v. 13, n. 2, p. 1523-1538, 2013.
- TURNER, D. L., A. W. C. Development of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for hyper resolution vineyard mapping based on visible, multispectral, and thermal imagery. *Proceedings of 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment*. 2011. p. 4.
- PRIMICERIO, J. et al. *A flexible unmanned aerial vehicle for precision agriculture*. *Precision Agriculture*, v. 13, n. 4, p. 517-523, 2012.
- MEDEIROS, F. A. Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão. 2007. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria.
- SANCHEZ, A., et al. Hovering flight improvement of a quad-rotor mini UAV using brushless DC motors. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, p. 85-101, 2011.
- ARDUPILOT. Open Source Autopilot. Disponível em: <<http://ardupilot.com/>>. Acesso em: 12 Jul. 2015.
- MISSION PLANNER. Open Source Ground Station. Disponível em: <<http://planner.ardupilot.com/>>. Acesso em: 12 Jul. 2015.
- ECALC. Calculadora para Multicópteros. Disponível em: <<http://www.ecalc.ch/>>. Acesso em: 11 Mai. 2015.
- VARDHAN, PDPR H. et al. Development Of Automated Aerial Pesticide Sprayer. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, v. 03, n. 4, 2014.