

## Desenvolvimento de um VANT totalmente configurado para aplicações em Agricultura de Precisão no Brasil

Lúcio André de Castro Jorge<sup>1</sup>  
Ricardo Yassushi Inamasu<sup>1</sup>  
Rhendrix Borges do Carmo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Instrumentação – CNPDIA-EMBRAPA  
Caixa Postal 741 – 13560-970 – São Carlos - SP, Brasil  
{lucio, ricardo} @cnpdia.embrapa.br

<sup>2</sup> Rotomotion do Brasil  
459-C Jessen Lane, Charleston, SC 29492 – USA  
rhendrixcarmo@hotmail.com

**Abstract.** Interest in Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) is growing worldwide and several efforts are underway to integrate UAV operations routinely and safely into civil applications. This document describes a new UAV applied in precision agriculture. It is shown the description of the system, softwares and first results in agriculture. The paper concludes with recommended actions for moving forward. The intent in describing the issues and first results in precision agriculture at Embrapa was to show the better results of an UAV in agriculture until now described.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, precision agriculture, UAV, sensoriamento remoto, processamento de imagens, agricultura de precisão, VANT.

### 1. Introdução

O interesse em Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) têm crescido ao redor do mundo. Avanços recentes na tecnologia computacional, desenvolvimento de software, materiais mais leves, sistemas globais de navegação, avançados links de dados, sofisticados sensores e a miniaturização são os motivos do aumento de desenvolvimentos de VANTs. Hoje, mais de 40 países tem trabalho de desenvolvimento de VANT para diferentes mercados. Os Estados Unidos aparecem como um dos líderes em termos de tamanhos, tipos e sofisticções dos sistemas, voltados principalmente para o Mercado militar. Outros países incluem o Japão, Koréa do Sul, Austrália, França, Inglaterra, Itália, Alemanha, além de Israel e África do Sul. O Japão se destaca com mais de 2000 VANTs aplicados em pulverização e outras aplicações na agricultura (Simpson, 2003; De Garmo, 2004).

Apesar dos avanços no século passado, os VANTs ainda são considerados por muitos como estando em sua fase embrionária. As tecnologias que estão sendo empregadas em VANTs hoje estão evoluindo rapidamente e se apresentam com grande promessa. Os sistemas autônomos estão se tornando mais sofisticados e confiáveis. VANTs, em virtude da sua capacidade para assumir as missões de alto risco e seu potencial para operações de baixo custo em relação à aeronave tripulada, tem se tornado uma proposta ideal para o desenvolvimento de novas tecnologias. Pesquisas em áreas tais como novos materiais, células de combustível, software adaptativo; memórias; filmes e pulverização sobre as antenas, comunicações e laser poderão remodelar o mercado de novas aplicações.

Przybilla e Wester-Ebbinghaus (1979) fizeram os primeiros experimentos com VANT em fotogrametria. Voaram na escala de 1:1000, com velocidade de obturador da câmera da ordem de 1/1000 s, com velocidade da aeronave suficiente para se obter imagens aceitáveis mesmo em movimento. Zischinsky et al. (2000) usaram imagens obtidas com um modelo do tipo helicóptero para obtenção do modelo 3D de uma mina. Estudos na agricultura começaram despertar interesse logo cedo (Albers et al., 1996; Snyder et al., 1999; Johnson et al., 2001).

Em especial, neste momento, existem vários desafios e perspectivas e para a agricultura destacou-se o monitoramento de recursos naturais, meio ambiente, atmosfera, imageamento hiperespectral, observações de rios e lagos, bem como o imageamento de práticas agrícolas e uso do solo (Jorge et al., 1999; Jorge, 2001; Jorge, 2003; Eisenbeiss, 2004).

Herwitz et al. (2004) realizaram um mapeamento de 1500 ha de plantações de café no Havaí, obtendo imagens multiespectrais coloridas de alta resolução com um VANT.

No Brasil, os primeiros relatos de VANT's ocorreram na década de 80, quando o Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA) desenvolveu o projeto Acauã. Este tinha fins militares especificamente e ficou desativado depois sendo somente em 2007 sendo reativado por uma iniciativa do governo de incentivo ao desenvolvimeto de VANT no Brasil. Na área civil também na década de 80 se destaca o projeto Helix, um VANT de asa móvel que foi desativado nos anos seguintes por falta de mercado e incentivo do governo. Mais tarde, o Cenpra desenvolveu o projeto do dirigível AURORA (Medeiros, 2007), que serviu para capacitar a equipe de desenvolvimento. Dentre as aplicações civis, principalmente focado na agricultura surgiu o projeto ARARA (Aeronave de Reconhecimento Assistida por Radio e Autônoma) (Jorge, 2001). Seu principal objetivo foi a substituição de aeronaves convencionais utilizadas na obtenção de fotografias aéreas, para monitoramento de áreas agrícolas e áreas sujeitas a problemas ambientais, por VANT's de pequeno porte que realizam missões pré-estabelecidas pelos usuários. De 1999 a 2005 foi feito um grande esforço no desenvolvimento da aeronave de asa fixa deste projeto patenteada pela Embrapa (Embrapa, 2004), nunca chegando a uma operação completamente autônoma como se planejou no projeto ARARA inicial. Esta versão patenteada da Embrapa foi utilizada na AGX Tecnologia Ltda., São Carlos, para fins comerciais no Brasil. (Trindade Junior et al., 2004; Jorge et al. 2004) No entanto, foram mais de 23 quedas, fazendo com que a Embrapa parasse de participar do projeto tomando outros rumos.

A Embrapa investiu no desenvolvimento de outra plataforma e outra aeronave que fosse capaz de operar nas condições de campo adversas que são as áreas agrícolas, porém com bom desempenho e baixo risco. Inspirados pelo exemplo da Yamaha, que iniciou o desenvolvimento do helicóptero sem piloto (RMax) (Ozdemir, 2005) muito flexível e preciso durante a pulverização para controle de pragas em culturas de arroz, soja e trigo, a Embrapa iniciou a busca de uma solução por uma plataforma similar, desenvolvendo em conjunto com a Rotomotion uma nova solução para aplicações agrícolas. Além da aeronave, estão sendo desenvolvidos softwares e sistemas de captura de imagens adequados para as diferentes aplicações agrícolas.

Neste trabalho é apresentada a primeira versão deste novo sistema bem como os primeiros resultados de monitoramento para o projeto de Agricultura de Precisão financiado pela FINEP, Embrapa e CNPq.

## **2 Descrição do VANT Embrapa-Rotomotion**

A EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), cuja missão é viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação para a sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira está desenvolvendo o projeto em rede "Agricultura de Precisão para a Sustentabilidade de Sistemas Produtivos do Agronegócio Brasileiro", na linha Macroprograma 1- Grandes Desafios Nacionais, dentro do qual existem previstos vários desenvolvimentos na linha de padronização ISOBUS, com o desenvolvimento de equipamentos específicos que devem se comunicar através deste padrão.

Além deste projeto da Embrapa, está sendo desenvolvido o projeto FINEP Convênio n°: 1481/08, denominado ISOBUS2, através do qual está sendo desenvolvido o veículo aéreo VANT.

Dentro da Rotomotion está sendo desenvolvido VANTs elétricos e a combustão. Porém a série especial para a Embrapa é uma série a combustão de baixo custo que se baseia no SR20 (Figura 1), elétrico, porém com motor a gasolina, então denominado SR30.



Figura 1: VANT SR20 da Rotomotion

Na Figura 2 é apresentado o diagrama de comunicação que foi implementado no VANT SR30. No centro existe o VANT e o barramento padrão ISOBUS que se comunica com a câmera digital estudada. O VANT por sua vez se comunica também com a estação de controle em solo através de um link de comunicação que é melhor assegurado através de uma estação de rastreamento do sinal.

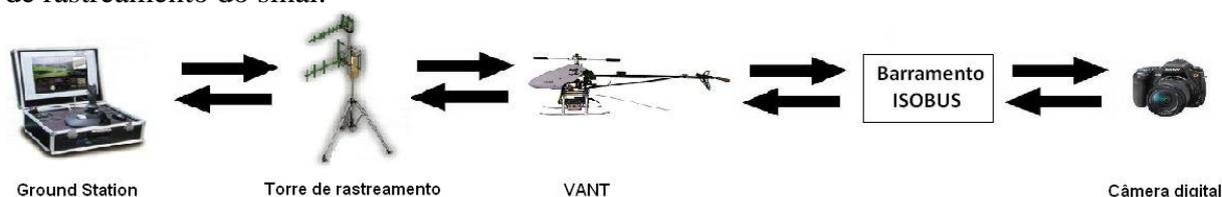


Figura 2: Diagrama de comunicação utilizado no trabalho

Como já mencionado anteriormente todo o veículo não tripulado possui uma *ground station*, que é o computador com o software de controle ou qualquer outro dispositivo que seja capaz de enviar os dados de controle do VANT. O VANT utilizado é o SR30 da Rotomotion e está ilustrada na Figura 3. Com a programação e monitoramento da posição do VANT, é possível voar até a coordenada descrita e tirar fotos.

O GCS (*Ground Control Station*) recebe as coordenadas via o click do mouse em uma tela que contém o mapa do local. O mapa deve conter a devida proporção e um ponto de referência, este ponto é a referencia para os cálculos de deslocamento do VANT. Estes dados devem ser passados para o GCS para que este ajuste o tamanho da imagem para que fique proporcional com a *grid* de latitude e longitude do software. O ponto de referência serve para fixar a imagem no espaço.



Figura 3: VANT SR30 desenvolvido com motor a gasolina

A figura 4 contém a imagem da tela do GCS do SR30.

Existe uma forma de criar scripts utilizando arquivos.txt, através do qual podem ser passados diversos comandos para a aeronave, conforme definições da biblioteca de programação do VANT.

O VANT possui um GPS acoplado, assim como, uma unidade de navegação inercial. O motivo do veículo não aceitar comandos de movimento diretamente ligados pelo GPS, é pela grande margem de erro deste, logo a unidade de navegação inercial faz melhor este trabalho, garantindo uma melhor precisão da posição. A navegação inercial é utilizada por foguetes, submarinos, navios também para determinar coordenadas.

Uma unidade de navegação inercial nada mais é que um sistema de navegação que integra as acelerações em Norte/Sul, Leste/Oeste por meio de sensores inerciais, determinando a posição. Segue abaixo listada algumas vantagens da navegação inercial:

- Não necessita de informação exterior;
- Não requer emissões ou recepções de sinais;
- Imune a interferências.

O piloto automático ou *Autonomous Flight Control System* (AFCS) é um pacote integrado montado pela Rotomotion. O AFCS recebe comando do controle de da estação de solo (GCS) através da telemetria de controle do sistema que atua no helicóptero de forma autônoma e consiste de 5 componentes (Figura 5):

1. Unidade Inercial (IMU) 3 eixos, 6 graus de liberdade
2. Magnetômetro de 3 eixos
3. GPS
4. Sistema de radio com interface de servo e *safety pilot*
5. Computador de voo com Linux



Figura 4: GCS da Rotomotion

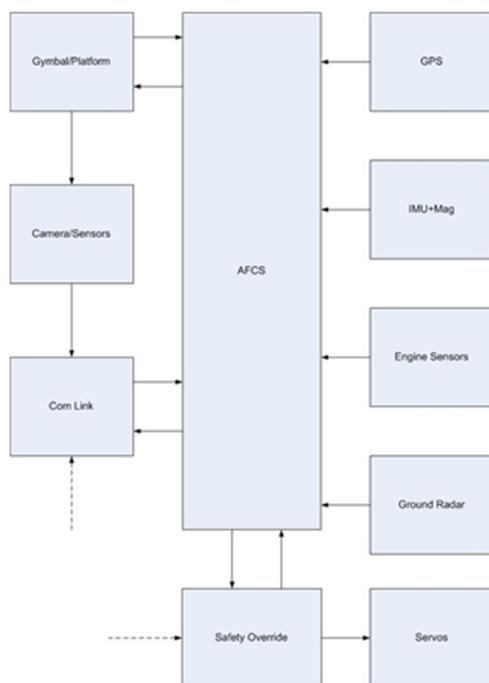


Figura 5: Sistema de Controle

Na figura 6 podem ser vistos os detalhes da câmera e sistemas de controle do SR30.



Figura 6: detalhe do câmera de vídeo e sistemas de controle

### 3. Primeiros resultados

Durante o desenvolvimento deste trabalho foi criado, um circuito de comunicação serial (Figura 7) que faz o interfaceamento entre o computador e a câmera Sony utilizada, para isto foi necessário também adaptar tensões entre dispositivos (computador e circuito integrado). Foi também desenvolvido, com sucesso, um programa para enviar e receber dados no padrão ASCII no barramento serial do VANT. Foram implementadas *threads* para que o *loop* eterno de recepção de dados não interfira no envio de dados. Desta forma a automação das funções da câmera foi bem sucedida.

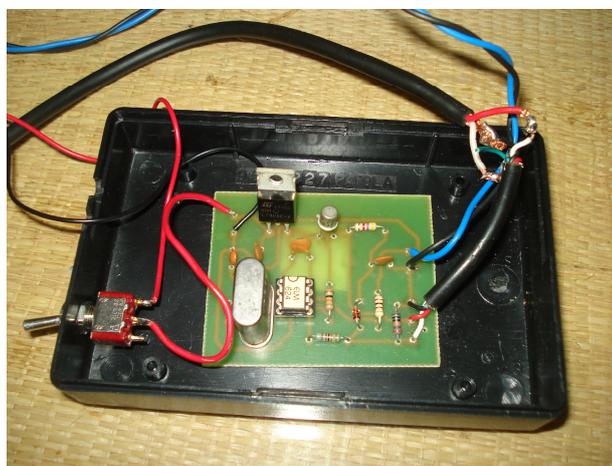


Figura 7: Placa confeccionada para o circuito final de acionamento da câmera Sony

Também foi calculado o deslocamento da aeronave (figura 8a) para execução da missão (figura 8b). O cálculo da distância entre coordenadas a serem percorridas pelo VANT deve ser feito tanto em Latitude como em Longitude. Para simplificar, foi utilizado apenas o cálculo da distância em longitude.

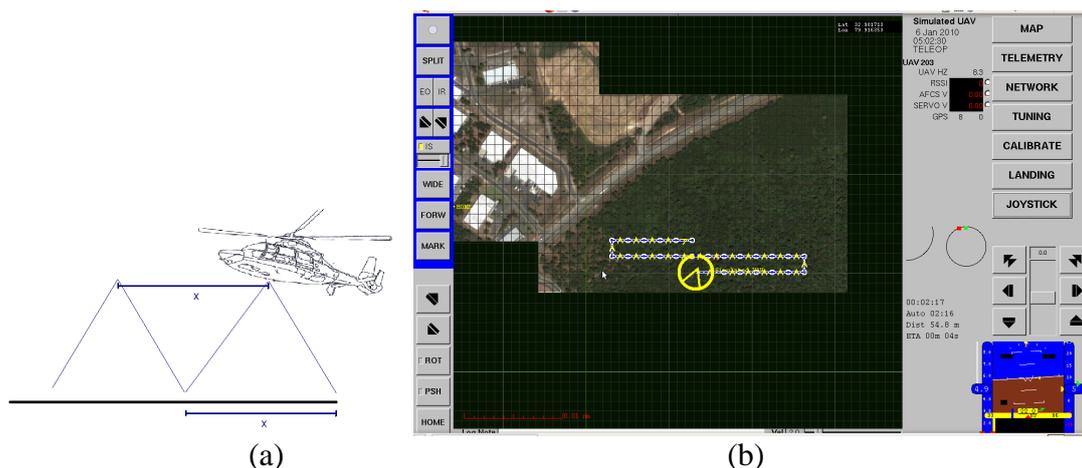


Figura 7: (a) esquema de deslocamento do VANT e (b) execução de uma missão programada

Não foi possível implementar a conexão da câmera diretamente no barramento ISOBUS, pois será feito numa segunda etapa esta modificação no VANT.

Foi criado também um programa que gera scripts que entram coordenadas automaticamente no GCS, auxiliando assim o usuário a manipular com mais facilidade mais de um VANT, que podem ser pré-processadas as entradas antes de ser criado o script. Por exemplo, com a entrada de diversas coordenadas pode-se calcular o menor caminho a ser percorrido. Foi implementada uma opção de percorrer uma área de forma a tirar fotos de todas as posições para montar um mosaico.

Efetua-se um cálculo de comparação entre a coordenada almejada e coordenada de fato. Os cálculos foram realizados no padrão do GCS que é o WGS84. Os testes efetuados se mostraram satisfatórios para o projeto de agricultura de precisão da Embrapa.

Estão sendo também desenvolvidos os programas para geração do mosaico automático, através da transformada SIFT e de processamento automático para classificação da cobertura do solo baseado em redes neurais.

Na figura 8 pode ser observada a transmissão da imagem em tempo real de execução da aeronave. Com este vídeo de alta performance é possível ver detalhes da área em análise.



Figura 8: Imagem transmitida em tempo real durante a missão programada

#### 4. Referências

Albers, B.J., J.E. Nyquist, C.B. Purdy. The department of Energy's Use of Airborne Remotely Piloted Vehicles for Environmental Management. 23 Annual AUVSI Symposium and Exhibition. Orlando, FL., USA. 1996.

- De Garmo, M. T. Issues Concerning Integration of Unmanned Aerial Vehicles in Civil Airspace. Center for Advanced Aviation System Development – Mitre, McLean, Virginia. 2004.
- Eisenbeiss, Henri. A mini unmanned aerial vehicle (UAV): system overview and image acquisition. International Workshop on "Processing and visualization using high-resolution imagery". Pitsanulok, Thailand. Nov. 2004.
- Herwitz, S.R. et al. Imaging from an unmanned aerial vehicle: agricultural surveillance and decision support. Computers and Electronics in Agriculture. v.44, 2004 p.49–61
- Johnson, L.F., Bosch, D.F., Williams, D.C., Lobitz, B.M. Remote sensing of vineyard management zones: implications for wine quality. Applied Engineering in Agriculture v.17, 2001. p.557–560.
- Jorge, L.A.C. Metodologia para utilização de aeromodelos em monitoramento aéreo: análise de imagens. EMBRAPA Instrumentação Agropecuária, São Carlos, SP, Brasil. Circular Técnica 18 de Novembro de 2003.
- Jorge, L.A.C. Determinação da cobertura de solo em fotografias aéreas do Projeto Arara, 2001. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação)Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Jorge, L.A.C.; Trindade Junior, O.; Dainese, R.C.; Cereda Jr, A. . Aeromodelo para Sensoriamento Remoto em Agricultura de Precisão. In: GIS BRASIL 2004, 2004, São Paulo - SP, 2004.
- Jorge, L. A. C. ; Souza, N. P. ; Trindade Junior, O. ; Tozzi, C. L. ; Torre Neto, A. . Studies of Soil Conservation for Precision Farming by Digital Color Image Analysis. In: 1999 ASAE Annual International Meeting, 1999, Toronto, Ontário Canada. Anais do ASAE Annual International Meeting, 1999.
- Medeiros, F.A. Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão, 2007. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Özdemir, S. Multi objective conceptual design optimization of na agricultural aerial robot, 2005. 182f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Aeroespacial)Middle East Technical University, Turquia.
- Przybilla, H.-J., Wester-Ebbinghaus, W. Bildflug mit ferngelenktem Kleinflugzeug. Bildmessung und Luftbildwesen. Zeitschrift fuer Photogrammetrie und Fernerkundung. Herbert Wichman Verlag. Karlsruhe. 1979.
- Simpson, A.D.. Development of an unmanned aerial vehicle for low-cost remote sensing and aerial photography. Master of Science Thesis. University of Kentucky, Lexington, Kentucky. 2003.
- Snyder, C., Havlin, J., Kluitenberg, G., Schroeder, T. Evaluating the economics of precision agriculture. In: Proceedings of the Fourth International Conference of Precision Agriculture, Part B, ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI, 1999. pp. 1621–1632.
- Trindade Junior, O. ; Jorge, L.A.C. ; Aguiar, J.G.B. . Using UAVs for Precision Farming - First Results. In: Unmanned Systems North America, AUVSI 2004, 2004, Baltimore, Maryland, USA. Anais of AUVSI 2004, 2004.
- Trindade Jr, O., Jorge, L.A.C., Aguiar, J.G.B. Using UAVs for precision farming: first results. Proceedings of AUVSI's Unmanned Systems, Anaheim, Canada. Aug./2004.
- Zischinsky, Th., Dorfner, L., Rottensteiner, F.. Application of a new Model Helicopter System in Architectural Photogrammetry. Amsterdam. IAPRS Vol. XXXIII. B5/2. 2000.