

Quadrirotores/Microdrone como Portadores de Geosensores aplicados ao Cadastro Territorial

Antoninho João Pegoraro ¹
Jürgen Wilhelm Philips ²

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC
88040-970- Florianópolis - SC, Brasil

¹ ajpegoraro@smail.ufsc.br

² jphilips@gmx.net

Abstract : Although the basic mathematical principles of photogrammetry remain unchanged, its implementation has undergone great transformations, from the kind of image production and processing and also the final products have changed. The unmanned aerial vehicles, popularly known as quadrirotores / microdrones, has been originally developed in this decade in Germany and become so popular that many companies started to build similar equipments under own names, but keeping its basic operating principle. The focus of this work is based on published papers about these new flight equipments to propose its use in aerial cadastral data collection using images from low levels high positions. These devices are quite more economic than traditional aerial surveying equipments, and more flexible in certain applications. As tool it contributes substantially in the acquisition of aerial imagery used in cadastral update and development of new technologies. The applications of these technologies are still limited these days, although the potential use is extensive. Compared with regular Aircraft, microdrones doesn't enjoy the same credibility and acceptability. There is still the need to improve the flight system to better respond to unforeseen situations. We understand also that these vehicles pose no danger to air traffic because they are operated at very low altitude and they are in any situation under full visual control.

Keywords: remote sensing, photogrammetric, quadritors

Introdução

A fotogrametria clássica é considerada a melhor ferramenta para o desenvolvimento de grandes extensões de mapeamento em escala média, entretanto em áreas de pequena dimensão ela não é viável do ponto de vista econômico. Este trabalho não tem a pretensão de concorrência, mas sim de trazer uma alternativa viável de sensoriamento remoto para estudos de pequenas áreas.

Conforme Jensen (2009), desde os anos de 1980, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DOD) vem investindo bilhões de dólares no desenvolvimento de veículos aéreos não-tripulados (VANTs) para atender aos requisitos de missões específicas táticas ou daquelas que precisem de grande autonomia de voo para reconhecimento ou vigilância.

Veículos aéreos não tripulados são termos genéricos que identificam aeronaves que podem voar sem tripulação, normalmente projetadas para operar em situações perigosas e repetitivas em regiões consideradas hostis ou de difícil acesso. Existe uma grande diversidade de tipos de VANTs, muitos deles ganhando destaque e tornando-se uma opção interessante no cenário comercial atual. Estão se tornando também uma realidade mais forte na aviação civil, com isso surge a necessidade de uma regulamentação e métodos que auxiliem na integração desses veículos ao espaço aéreo controlado e não segregado.

Para Furtado et al (2008), a integração dos VANTs no espaço aéreo civil ainda possui grandes barreiras que passam pelos domínios de regulamentação corrente, falta de experiência operacional e deficiências tecnológicas. Para a utilização de VANTs no espaço aéreo brasileiro, novos estudos sobre metodologias de análise e tecnologias deverão ser incorporados aos sistemas de controle atuais, promovendo uma convivência segura e confiável entre aeronaves tripuladas e não tripuladas.

O Controle de Tráfego Aéreo Brasileiro (CTA) ainda não está devidamente preparado para aplicações com VANTs. Será preciso, além de uma legislação a respeito, recursos computacionais e treinamentos adequados para os controladores de tráfego aéreo e pilotos. Estações de Controle de VANTs deverão comunicar-se com as estações de controle tradicionais, e estas com as aeronaves, sejam elas tripuladas ou não. Sistemas anti-colisão pró-ativos e colaborativos precisam ser implementados, permitindo a convivência entre o mundo tripulado e o não tripulado.

Com os avanços na engenharia de controle e ciência dos materiais, foi possível desenvolver pequenos veículos aéreos não tripulados quadrirotores, conhecidos também como “Microdrones”, Figura 1(a), controlados por uma estação base, Figura 1 (b), que podem ser equipados com câmeras e sensores, deste modo nos permitindo obter uma visão de pássaro sobre o meio ambiente. Quaristsch (2009). Estes podem ser equipados com geosensores, tais como, câmeras de vídeo, câmaras fotográficas, GPS, sensores climáticos ou lasers de varredura, possibilitando a obtenção de dados de forma rápida, eficaz e econômica, Nebiker, et al,(2007).



(a)



(b)

Figura 1 : (a) MD4-1000, (b) estação de controle

Fonte: <http://www.microdrones-asia.com>

Conforme Stepaniak (2008), o projeto quadrirotor supera a desvantagem do helicóptero tradicional em sua complexidade mecânica. Por exemplo, num helicóptero tradicional, um complexo articulado no rotor central é necessário que, simultaneamente, permite as pás do rotor a retalho com variação no elevador e também permite mudanças de ordem no campo.

O quadrirotor é controlado pelo método de impulso diferencial e torque que foi desenvolvido para o modelo conversor de ventos. Os motores são dispostos em pares de contra-rotação de motores de modo a que, nominalmente, o torque de reação gerada a partir do primeiro par de motores é exatamente o oposto da reação de torque a partir do segundo par de motores, que estão girando no sentido oposto. Com torques equilibrados, não há momento rotação e o corpo não guina em torno do eixo vertical.

O alto grau de liberdade de vôo permitido por estes equipamentos pode ser explorado de forma a obter informações que até então não eram possíveis, pois eles incorporam tecnologias que permitem decolagem vertical, vôo pairado estabilizado e facilidade de aterrissagem. Quaritsch et al (2008). Eisenbeiss (2009), cita que em um de seus estudos, logo após completar a aquisição de dados, as imagens obtidas pelo VANT foram “costuradas” para uma visão panorâmica, dando uma visão geral da área em estudo. Usando as imagens não retificadas concluiu que já era possível identificar a estrutura principal e até mesmo reconhecer características, que não eram visíveis a partir do solo.

Conforme o site da empresa Microdrones, o MD4-1000, Figura 1(a), é provavelmente um dos mais modernos VANT deste segmento disponível no mercado global. Incorpora o que há de mais moderno em termos de equipamentos, e foi concebido para executar funções na área de documentação de terra, coordenação, pesquisa, vigilância, comunicação, fiscalização e observação. O corpo do MD4 1000 e o adaptador de câmera são feitos de fibra de carbono material composto que apresenta a característica de peso leve e alta rigidez. A concepção dos braços dobráveis é mais conveniente para o transporte. Um conceito de carga modular permite de forma flexível adaptar o equipamento para a missão pretendida. A disponibilidade de uma câmera digital de alta resolução, várias soluções de vídeo adaptadas às diferentes condições de iluminação e sistema de imagens infravermelho deixam o MD4-1000 com capacidade de realizar diversas possibilidades de gravação e transmissão de imagem.

A estação base, Figura 1 (b), concentra toda a informação relevante para ao vôo tais como: telemetria completa, imagens de vídeo tomadas direto do aparelho. O MD4-1000 também pode voar por controle remoto ou de forma autônoma, com a ajuda do sistema de navegação GPS *Waypoints*. O sistema 2.0B CAN-BUS e AAHRS (Atitude, Altitude e Sistema de Referência de Rumos), que integrado com acelerador, giroscópio, magnetômetro, barômetro, termômetro e higrômetro, permite a operadores inexperientes aprenderem a voar num curto espaço de tempo. Para sua segurança o equipamento, irá pairar no ar automaticamente se a operação de controle remoto parar. Se permanecer por mais de 30 segundos sem sinal do controle remoto ou com a bateria fraca, o veículo voltará ao pouso de emergência automaticamente. A duração de vôo pode ser de até 70 minutos (dependendo da carga transportada e das condições ambientais, como velocidade do vento e da temperatura ambiente). A gravação dos dados de vôo pode ser copiada para um CD ou DVD.

O Editor Waypoint fornece os meios para criar planos programados detalhados de voo que o MD4-1000 poderá executar na forma autônoma. Além da rota simples existem inúmeras funções fotográficas como, por exemplo, tirar fotos de uma vista panorâmica ou circulando em torno de um determinado ponto de interesse. O vôo planejado é exibido em 3D e pode ser exportado para o Google Earth TM, se necessário.

O Quadro 1, apresenta as principais características do Microdrone MD-1000.

Quadro 1 : Principais características do Microdrone MD4-1000

Características do MD4-1000	
Tamanho	2,1 m
Material	Fibra de carbono reforçado com plástico
Nível de ruído	71 dBA pairando a 3m
Modo de navegação	Navegação por waypoint autônoma e manual radio controlada
Sensores internos	Acelerômetro, giroscópio, pressão atmosférica, umidade, GPS, DGPS, termômetro , tacômetro
Tipo de bateria	LIPO (vida útil de 150 cargas)
Transmissor	Dois canais digital/analógico
Tempo máximo de voo	70 min. (dependendo da carga, temperatura e vento) 50 min. (300g) 40 min. (600g)
Carga máxima	1,2 Kg
Empuxo máximo	106N ao nível do mar
Potencia	4 x 250 W

O decodificador Downlink recebe a telemetria do equipamento e permanentemente exibe todos os dados importantes sobre a tensão da bateria, posição, altitude, atitude, duração do vôo, velocidade, trajetória de voo, distância do ponto de origem, temperatura ambiente, rotações do motor, entradas de controle remoto, condições operacionais e muitos outros detalhes. Todos os dados são salvos pelo sistema de registro de voo para posterior análise. Mesmo que seja sob o modo de voo manual de controle remoto, o sistema pode apresentar uma posição em tempo real do equipamento no mapa, se este foi instalado como um mapa digital, ou imagens de dados de mapa do local da operação.

Irschara et al. (2010), utilizou o VANT MD4-200 (Microdrone), Figura 2, equipado com uma câmera Pentax Optio A40 em dois voos por controle remoto manual, para obtenção de 615 imagens de 12 megapixels de diferentes pontos de visada, e 8 pontos de controle em solo obtidos por estação total. Em seu trabalho, defendem a ideia que que no futuro, o sensoriamento remoto vai presenciar uma grande diversificação de sensores e plataformas de sensores que também se beneficiará dos recentes avanços das tecnologias da computação para empregar novos algoritmos anteriormente demasiados e complexos de se aplicar. Sua pesquisa é sustentada por três etapas de atividades: a primeira delas é de que um veículo aéreo não tripulado (VANT), equipado com câmeras digitais pode fornecer informações visual valiosas sobre a superfície da terra de forma rápida e com baixo custo de quase qualquer ponto de vista. A segunda demonstra um fluxo de trabalho de ponta a ponta para processar um bloco considerável de imagens, Figura 3, de forma totalmente automatizada. Em terceiro lugar, construiu esse fluxo de trabalho, visando basicamente comparar um conjuntos de imagens desordenadas, como geralmente coletadas por um Vant, com o auxílio de uma unidade de processamento gráfico (GPU), capaz de executar algoritmos complexos em um tempo aceitável, com os resultados obtidos com o software PhotoModeler para atender e orientar essas imagens automaticamente e demonstrar seu desempenho em termos de automação, precisão e tempo de processamento. Conclui que é viável, rápido e preciso a reconstrução Figura 4, de cenas desordenadas captadas pela plataforma VANT e que os resultados obtidos pelos dois processamentos alcançam praticamente os mesmos níveis de precisão.



Figura 3 : Imagens desordenadas obtidas pelo VANT MD4-200

Fonte: *Irschara et al. (2010)*

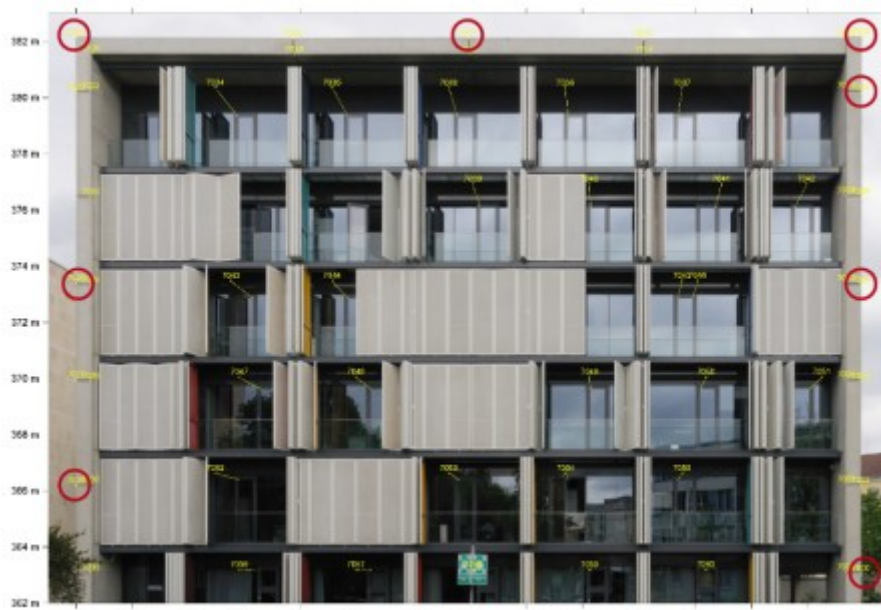


Figura 4 : Reconstrução da cena a partir de imagens desordenadas

Fonte: *Irschara et al. (2010)*

Como em todas as tecnologias, é necessário que pesquisas e metodologias sejam desenvolvidas para que se possa explorar seu potencial, é neste sentido, que esta proposta busca nessa ferramenta material para o estudo da viabilidade dos geosensores a bordo de um microdrone na obtenção de informações em tempo real ou quase real de fenômenos ambientais ou antrópicos, com baixo custo relativo. Embora os potenciais de utilização encontrados fossem amplos, as aplicações reais ainda estão em fase de exploração. Isto se deve ao fato de ser uma tecnologia pouco conhecida, com pouco incentivo a pesquisa e talvez porque os seus fabricantes ainda não estão totalmente conscientes e familiarizados com as necessidades especiais dos fotogrametristas e profissionais usuários de dados de Sistemas de Informações Geográficas e cadastrais.

1. Metodologia de Trabalho

A primeira etapa da pesquisa consistiu de uma ampla pesquisa bibliográfica objetivando reunir informações sobre as aplicações dos VANTs para fins de investigação científica, mais especificamente ao Microdrone MD4 1000 e seus periféricos, assim como seu potencial de aplicação e limitações técnicas na obtenção de imagens aéreas.

Foi levantado o que a legislação vigente permite tratando-se de VANTs e feito um levantamento de necessidades para a execução de determinadas missões. Segurança, risco, áreas permitidas, planos de voo, alturas limites entre outras. Para as próximas etapas deverão ser pesquisados os equipamentos imageadores, as principais características das câmeras fotográfica,

câmera de *link*, objetiva, tamanho do pixel e capacidade do sensor (CCD, CMOS) velocidade, arrasto. Levantar as melhores condições.

Numa segunda etapa pretende-se utilizá-lo num estudo de caso, na coleta de imagens aéreas e fazer um relato de suas reais aplicações e limitações técnicas. As imagens obtidas e informações complementares aliadas a aplicativos computacionais serão processados de forma a possibilitar suas aplicações nos mais diversos produtos, dentre os quais:

- restituição das imagens baseado em levantamentos de campo por pontos de controle;
- obtenção de pontos de controle para modelagem digital do terreno;
- restituições fotogramétricas, e ortorretificação;
- análise dos dados medidos, com os levantados pelas imagens;
- caracterização das áreas quanto ao uso do solo a partir das imagens restituídas;
- aplicação dos produtos obtidos em sistema de informações geográficas (SIG);
- apoio ao georreferenciamento de pontos de difícil acesso;
- identificação e mapeamento de áreas de ocorrência dos fenômenos dinâmicos (enchentes, deslizamentos, inundações etc.);
- obtenção de fotografias panorâmicas para aplicações gerais.

2. Resultados e Discussão

Com visto, o VANT em questão incorpora um conjunto de sensores como: acelerômetros, giroscópios, magnetômetros, sensores de pressão atmosférica e temperatura que juntamente com a tecnologia INS que permite o equipamento voar de uma forma muito estável e segura. Um módulo GPS permite manter a posição exata e resistir ao vento, quando o equipamento não recebe comandos de direção. Todos os dados dos sensores são gravados para pós-voos e análise do sensor selecionado, que também é transmitido em tempo real para a estação base. Isto permite observar o estado atual do sistema, a posição e orientação.

Acredita-se que esta pesquisa traga uma grande contribuição ao Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) e áreas correlatas, pois as tecnologias e suas aplicações, que estão surgindo, devem ser estudadas e aplicadas para melhorar e/ou facilitar a tarefa de cadastrar e atualizar os bancos de dados que o compõem.

As imagens aéreas obtidas pelo uso dos geosensores embarcados aos microdrones e seus periféricos em breve trarão informações que contribuirão ao estudo de fenômenos dinâmicos e a melhoraria das técnicas de obtenção de dados para os sistemas cadastrais em áreas urbanas e rurais e dispor de uma metodologia para respostas rápidas de aplicação geral.

As possibilidades de estudos que podem ser realizados, utilizando os dados do cadastro territorial multifinalitário, podem ser aplicadas na gestão de riscos a atualizações cadastrais. Para isso, basta que o projeto seja dimensionado de forma a permitir o acesso fácil e rápido as informações e que as mesmas se mantenham atualizadas.

De modo geral, a utilização deste equipamento pode desenvolver tecnologias que visem:

- Melhorar as técnicas de obtenção de dados para os sistemas cadastrais em áreas urbanas e rurais;
- Dispor de uma metodologia com respostas rápidas na atualização das feições temáticas;
- Propor alternativas de pesquisa ou de metodologias relacionadas.
- Aproveitar a experiência adquirida nesta pesquisa, permitindo a montagem de um protótipo similar nacional, que possa vir atender nossas necessidades, pois o mercado mundial disponibiliza os componentes, bem como os softwares de apoio. Este deverá atender a legislação aérea brasileira em vigor.
- Elaboração de tese de doutorado;
- Produzir artigos científicos na área do cadastro e áreas afins.

O Quadro2, apresenta um resumo das principais vantagens e aplicações dos quadrirotores encontradas em trabalhos já publicados.

Quadro 2 : Vantagens e aplicações encontradas dos quadrirotores

Quadro resumo dos quadrirotores	
Vantagens	Aplicações
<ul style="list-style-type: none"> • Elétrico, motores silenciosos; • Pode escolher pessoalmente as fotos em tempo real e no local. Você sabe exatamente o que está sendo fotografado; • Voo autônomos com GPS integrado; • Voo estática geoestacionários; • Possibilidade de interromper a qualquer momento a mudança do voo automático para o manual e vice-versa; • Programas de segurança em caso de perda ou sinal GPS ou bateria fraca; • Deslocamento rápido; • Pode ser controlado por controle remoto ou voar autonomamente com a ajuda de um sistema de navegação por GPS; • Pode ser equipado com câmeras de vídeo com visão noturna, que transmitem em tempo real para a estação base; • Difíceis de serem detectados por radar; <ul style="list-style-type: none"> • Economicamente viáveis; • Treinamento e operação simples; • Fácil portabilidade • Voo geoestacionário 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecimento da intervenção antes da aplicação da lei; • Monitoramento de áreas sensíveis; • Detecção de pessoas usando o sistema infra-vermelho; • Monitoramento de multidões • Procurar por pessoas extraviadas ; • Detecção de situação de incêndio; • Fotografia de qualquer ângulo e aspectos de da propriedades; • Podem operar em locais inacessíveis aos convencionais; • Vídeo e telemetria transmitidos em tempo real em uma estação terrestre ou de um computador; • Vigilância e reconhecimento aéreo • Fotografias e vídeos aéreos • Investigações arqueológicas • Inspeção para seguradoras • Agrimensura, cartografia, engenharia ambiental • Serviços de Inspeção (geradores eólicos, estufas de fumo, plataformas de petróleo, oleodutos, redes elétricas, etc.

3. Conclusões

Como é um equipamento relativamente novo no mercado e com uma metodologia ainda pouco desenvolvida, carece de muita pesquisa e atualização profissional. Esta proposta requer muita investigação, das publicações de cunho científico adotadas em outros países, bem como de um projeto piloto. Em se tratando dos quadrirotores microdrones estes equipamentos são conhecidos como ambientalmente corretos por serem veículos elétricos, silenciosos, portanto não poluidores. Permitem escolher as imagens em tempo real no local e em qualquer ângulo, sabendo-se exatamente o que está sendo fotografado, inclusive locais inacessíveis aos sistemas convencionais.

Pode-se utilizar um GPS integrado, permitindo voos programados e geoestacionários, vídeo e telemetria transmitidos em tempo real em uma estação terrestre ou de um computador. Permite também interromper a qualquer momento o voo automático para o manual e vice-versa, são equipados com programas de segurança em caso de perda do sinal do GPS ou de bateria fraca. Pode-se também equipá-los com câmeras de vídeo infravermelho, para buscas especiais.

A tecnologia dos VANTs sofreu grandes avanços nos últimos anos e certamente continuará avançando. Quando se considera o VANT em aplicações civis, há um grande escopo de cenários possíveis para sua utilização. Por exemplo, pesquisa ambiental remota, monitoração e certificação de poluição, gerenciamento de queimadas, segurança, monitoração de fronteira, oceanografia, cartografia, agricultura, cadastramento e aplicações de pesca entre outras. Isto

tudo deverá passar por comprovação trazendo para esta pesquisa resultados que deverão apresentar relevância ou não desses equipamentos no campo tecnológico e na sua contribuição para a melhoria do Cadastro Territorial Multifinalitário.

A gestão de informações espaciais, nas administrações municipais, terão em breve mais uma alternativa de captação de informações espaciais que poderá ser agregada a infinidade de recursos tecnológicos e instrumentos de informática atualmente disponíveis. A importância da inovação tecnológica não reside apenas na possibilidade de realizar trabalhos com maior rapidez e menores custos, mas também na possibilidade da utilização de novos instrumentos, para disponibilizar informações com mais facilidade.

Esse trabalho abordou exemplos de aplicações dos quadrirotos e algumas das principais características levantadas na pesquisa. Espera-se que com base nessa tecnologia em breve tenhamos novas aplicações nas mais diversas áreas.

O trabalho final será o desenvolvimento de um projeto de aplicação envolvendo suas reais possibilidades na obtenção de imagens aéreas e execução de missão planejada, controladas e autônomas, bem como uma avaliação das interfaces com seus periféricos.

4. Citações e Referências

Eisenbeib, H. **UAV Photogrammetry**. Doctor of sciences, 2009. 203p.diss eth no 18515. University of Technology Dresden, Germany, 2009.

Grenzdörffer, G. J.; Engel, A.; Teichert, B. The Photogrammetric Potential of Low-Cost Uavs in Forestry and Agriculture. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. Vol. XXXVII. Part B1. Beijing 2008.

Irschara, A.; Kaufmann, V.; Klopschitz, M.; Bischof, H.; Leberl, F. Towards fully automatic photogrammetric reconstruction using digital images taken from UAVS. **ISPRS TC VII Symposium – 100 Years ISPRS**, Vienna, Austria, July 5–7, IAPRS, Vol. XXXVIII, Part 7A, 2010.

Quaritsch, M.; Stojanovski, E.; Bettstetter, C.; Friedrich, G.; Hellwagner, H.; Rinner, B.; Collaborative microdrones: Applications and Research Challenges. **International Conference on Autonomous Computing and Communication Systems**. ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering). Turim, Itália, 2008.

Furtado, V. H.; Ricardo Alexandre Veiga Gimenes, R. A. V.; Camargo Junior, J.B.; Almeida Junior, J. R. **Aspectos de segurança na integração de veículos aéreos não Tripulados (vant) no espaço aéreo brasileiro**. Grupo de Análise de Segurança – GAS, Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. VII Simposio de Transporte Aereo -Sitraer, Rio de Janeiro, 2008.

Nebiker, S.; Chisten, M.; Eugster, H.; Fluckinger, K.; Stierli, C. Integrating mobile geo sensor into collaborative virtual globes – design and implementation issues. **International Symposium on Mobile Mapping Technology, Interdepartment Research Center for Geomatics, CIRGEO**, Padua, Italy, 2007.

Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

Stepaniak, M. J. **A quadrotor sensor platform**. 2008. 125p. A dissertation presented to the faculty of the Russ College of Engineering and Technology of Ohio University In partial fulfillment of the requirements for the degree Doctor of Philosophy. Ohio University.2008.

Higher, faster, further. Disponível em:

<<http://www.microdronesasia.com/en/products.asp?id=1238&nCont=gs>>. Acesso em: 20/agosto/2010

The new ms4-1000 from microdrones. Disponível em:

<http://www.microdrones.com/en_home.php>. Acesso em: 27/10/2010

Força Aérea vai avaliar uso de veículos aéreos não-tripulados no Brasil. Disponível em:

<<http://www.jusbrasil.com.br/politica>>. Acesso em 27/10/2010