

UTILIZAÇÃO DO VANT PARA INSPEÇÃO DE SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO DE UMA AVENIDA EM BELÉM-PA

Diogo Lisboa ¹; Ana Beatriz Sena ²; Anna Beatriz Aguiar ³; Eliete Barroso ⁴; Marcio de Ferreira ⁵

Resumo – A aplicação de técnicas inovadoras em obras é um dos desafios para o setor de construção civil. Recentes estudos relatam que a inclusão do VANT na construção civil ainda é fundamental para o incremento de sistemas operacionais para o uso positivo desta tecnologia, principalmente para o monitoramento. Esta análise tem como finalidade os procedimentos para inspeção de segurança em obras por meio da captura de (fotos e vídeos) com VANT na obra de prolongamento de uma avenida localizada na região metropolitana de Belém. As informações coletadas a partir de voo em canteiro de obra com intuito de integrar ativos visuais. A avaliação do processo de inspeção de segurança com VANT baseou-se nos aspectos: utilidade e desempenho do equipamento. Os dados obtidos, através do presente trabalho é possível perceber que para a engenharia, o uso de VANTs apresenta diversas vantagens, como monitoramento e acompanhamento da evolução da obra, mapeamento da área onde o projeto será realizado, avaliação de viabilidade, geração de pré-projetos e documentação fotográfica, além de gerar informações para a identificação de atos e condições inseguras. A principal contribuição desta pesquisa é o desenvolvimento de guias para coletar, processar e analisar as condições de segurança através os dados coletados com VANT, com a finalidade de identificar a capacidade de inserção dessa tecnologia em obras de construção civil.

Abstract – The application of innovative techniques in construction is one of the challenges for the construction industry. Recent studies report that the inclusion of the UAV in civil construction is still fundamental for the increase of operating systems for the positive use of this technology, mainly for the monitoring. The purpose of this analysis is the procedures to safety inspection in work by capturing (video, photo) with UAV in a extension work of an avenue located in metropolitan region of Belém. The information is collected from a flight at a construction site with the intention of integrating the visual resources. The evaluation of the safety inspection process based on Advantages: utility and equipment performance. The data obtained through the present work is in a different way, for the use of UAVs presents the advantages, such as monitoring and monitoring the evolution of the work, the mapping of the area where the project will be carried out, the feasibility assessment, the generation of projects and reports, and generate information for the identification of unsafe acts and conditions. One of the main components of the guide to collect, analyze and analyze the security possibilities with the data collected with the UAV, with a key of identification of capacity of insertion of the technology in construction works.

Palavras-Chave – Vant, Inspeção, Segurança, Canteiro de obra.

¹ Graduando Engenharia Civil, Universidade da Amazônia, Belém-PA, (91) 9 8033-4337, diogolisboa109@hotmail.com
² Graduando Engenharia Civil, Universidade da Amazônia, Belém-PA, (91) 9 8317-6137, aana.bia@hotmail.com
³ Graduando Engenharia Civil, Universidade da Amazônia, Belém-PA, (91) 9 8883-3343, annaguarsouza.13@gmail.com
⁴ Eng. Produção, Esp., Universidade da Amazônia, Belém-PA, (91) 9 8193-7034, eliete_chaves@yahoo.com.br
⁵ Eng. Civil, MSc, Universidade da Amazônia, Belém-PA, (91) 9 8251-3648, prof_marcio_murilo@ig.com.br

1. INTRODUÇÃO

A construção civil, interessada em se manter competitiva no mercado, tem estudado soluções que possibilitem a diminuição de custos de produção e aumento do padrão de capacidade dos seus produtos. Jarkas & Bitar (2012) admite que apesar dos avanços tecnológicos, a abundância de materiais de construção, ferramentas e meios financeiros disponíveis, a maioria dos projetos ultrapassam significativamente seus orçamentos. Portanto, dentre os problemas enfrentados pela construção civil à falta de organização e planejamento dos canteiros de obra tem ocasionado imensuráveis prejuízos, em especial pela ineficiência dos processos de logística e segurança do trabalho. Notícias recentes oriundas de jornais e sites em nível nacionais e internacionais revelam que os VANTs (Veículo Aéreo Não Tripulado) podem dar suporte em diversas atividades de construção de forma rápida e eficiente e com menor custo.

Os Veículos Aéreos não Tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como drones e em inglês denominado como Unmanned Aerial Vehicles/Systems (UAV/UAS), são toda aeronave projetada para operar sem piloto a bordo e que não seja utilizada para fins meramente recreativos (Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC, 2012). Inicialmente, os VANTs foram utilizados para fins militares, no entanto, seu uso está tornando-se cada vez mais atraente para aplicações comerciais e governamentais locais devido ao enorme potencial de monitoramento e inspeção Giuffrida (2015).

De acordo com a literatura alguns estudos mostram a aplicação dos ativos visuais dos VANTs na engenharia civil, como aerofotogrametria, mapeamento de áreas de riscos, montagem de estrutura metálica, monitoramento e controle de tráfego e manutenção de estradas e rodovias Mitishita et al. (2014).

Apesar dos avanços com a utilização dos VANTs na engenharia civil o estudo proposto se justifica pelo caráter inovador do uso de uma tecnologia emergente, mas que carece de estudos sistemáticos sobre as suas possíveis aplicações, benefícios, em especial para inspeção de segurança em obra. O foco em segurança de canteiro decorre do fato de suas atividades serem críticas na obra e que muitas tarefas relacionadas às mesmas necessitam de uma visão mais ampla ou estão situadas em locais de difícil acesso às pessoas, que podem, por sua vez, serem alcançados pelos VANTs.

O presente estudo tem como objetivo desenvolver diretrizes para uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANTs) para inspeção em obras, com foco em segurança canteiro, além de identificar fatores-chaves de sucesso.

2. VÉICULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTs)

O Sistema Aéreo Não Tripulado (UAS) é composto por uma estação de controle portátil para operação humana, podendo ser equipado com vários sensores, tais como, câmeras, infravermelho, radar, GPS ou outros dispositivos de comunicação especializados. Dentre os benefícios do uso do VANTs tem-se a capacidade de transferir dados em tempo real entre o VANT e a estação de controle, além de realizar voos mais rápidos, seguros e com um baixo custo quanto comparado a aeronaves tripuladas.

Segundo Siebert e Teizer (2014) o avanço dos VANTs se dá devido ao baixo custo, agilidade de coleta e processamento, facilidade de manobra das aeronaves, e ao eficiente sistema de captura de imagem. O de asa rotativa se assemelha a um helicóptero ou multim, usualmente são aeronaves compactas, de fácil operação e menor custo, sua estrutura permite voos com melhor estabilidade. Por outro lado, o de asa fixa apresentam variados tamanhos de acordo com a funcionalidade, sendo que os de pequeno porte podem apresentar elevada susceptibilidade aos ventos fortes, Jorge & Inamasu (2014).

Devido ao caráter instável da indústria da construção e a dificuldade de monitoramento das atividades, muitos pesquisadores têm buscado aplicar o uso de VANT a fim de buscar alternativa para monitorar os processos, aumentando a confiabilidade das informações coletadas em campo, com o intuito de aperfeiçoar as condições no canteiro por meio da melhoria da visualização do mesmo. Kim e Irizarry (2015) buscaram avaliar o potencial, a utilização e o desempenho do VANT para atividades de 'monitoramento de canteiros em obras de construções de estradas. Como forma de aprimorar o entendimento inicial do uso desta tecnologia em diferentes ambientes da construção civil, o estudo resalta alguns fatores críticos que contribuem ou influenciam no desempenho de VANT para inspeção de segurança.

Dentre os benefícios, Kim e Irizarry (2015) destacam o monitoramento eficaz do local de trabalho, incluindo áreas de difícil acesso, o controle de tráfego de pessoas, veículos e equipamentos pesados, além da melhoria no desempenho da segurança do projeto e da identificação dos potenciais perigos em canteiros Kim & Irizarry (2015).

Gheisari e Esmaili (2016) identificaram aplicações práticas de atividades que podem contribuir com a melhoria da segurança, a fim de facilitar o trabalho de técnicos e gestores.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O método inicial para o andamento deste trabalho consiste em etapas de estudos exploratórios que ajudam na pesquisa, gerando conhecimento teórico durante os processos de concepção ou aplicação no canteiro de obra. Segundo Hevner et al (2004), essa meta-teoria definida como Design Science Research não anseia alcançar verdades absolutas, grandes teorias ou leis gerais, mas sim identificar e compreender problemas do mundo real e propor soluções adequadas, fazendo avanços no conhecimento teórico de determinada área.

As imagens aéreas foram obtidas por um VANT tipo quadricóptero, modelo DJI Mavic Pro (Figura 1), controlado remotamente nas mediações do prolongamento da Av. João Paulo II, situada na região metropolitana de Belém, no estado do Pará, (Figura 2). O modelo utilizado possui uma câmera acoplada e realiza captura de imagens com resolução de 4K; tais imagens foram utilizadas para a validação da inspeção no sistema de processamento de imagens descrito neste artigo de forma a identificar os pontos de inspeção de segurança em canteiro de obra.



Figura 1. Modelo do VANT - utilizado na obtenção de imagens.



Figura 2. Av. João Paulo II – localização do canteiro.

Processamento de imagens

A etapa de processamento de imagens utilizada neste estudo baseia-se na escolha do qual o tipo de tomada de foto ou vídeo que é necessário para o futuro trabalho de escritório. Podem-se tomar dois tipos de captura: pontuais, quando a ponto de inspeção são caracterizadas como de

pequena extensão ou de varredura, quando o ponto de inspeção são numerosas e exigem o mapeamento de uma determinada região do canteiro.

O uso do VANT foi aplicado de forma precursora em duas pontes existentes na Av. João Paulo II, para as quais estavam sendo projetadas obras de construção de pontes e alargamento e prolongamento de vias. Uma dessas pontes, sobre o lago do Bolonha, foi construída com 176 MT. Outra, sobre o lago Água preta, foi construída com 224 MT. Na vistoria inicial, cada uma dessas pontes apresentava números de trabalhadores e medidas de segurança diferentes entre si, necessitando de planejamentos distintos para o uso do VANT. Em comum todas elas apresentavam trechos sobre a água e alta densidade de pessoas envolvidas.

Na ponte sobre o lago do Bolonha a vistoria inicial indicava uma inspeção mais detalhada, visto que a estrutura treliçada estava pronta, assim verificando os nós (pontos de encontro da estrutura) da ponte. Nessas condições, a varredura executada pelo VANT (foto da figura 3) teve o objetivo de identificar e fotografar pontos.



Figura 3. Sequência de voo, tipo varredura na ponte sobre lago do Bolonha.

Na ponte sobre o lago Água Preta a vistoria inicial indicava uma inspeção mais ampla, visto que a estrutura da ponte ainda está em fase de construção, em parte dela seu acesso era restrito.



Figura 4. Sequência de voo, tipo varredura na ponte sobre Água Preta

Neste dia, foram registradas as fotografias, para conhecer o canteiro e monitoramento do mesmo. As condições climáticas foram favoráveis ao voo, com ótimas condições de visibilidade e sem interferências atmosféricas. O Voo do VANT partiu do estacionamento da obra. 9h e 10h, a fim de evitar que as sombras provocadas pela inclinação do sol pudessem ofuscar detalhes da área. Em laboratório foi efetuado o processamento das imagens, onde foram descarregadas as imagens armazenadas no cartão de memória acoplado a câmera do VANT, permitindo selecioná-las e analisá-las para o estudo.

4. RESULTADOS

A observação por tipo de captura tem como principal propósito avaliar o potencial de visualização para cada tipo de tomada, verificando a capacidade dos ativos em fornecer as informações requeridas para cada classificação. Além disso, esta análise possibilita compreender o potencial da tecnologia, e com isso, direcioná-la para as atividades que proporcionam maior retorno de informação. Para facilitar a compreensão desta análise, optou-se pela apresentação dos dados de acordo com o tipo de captura. Dessa forma, a tabela 1 apresenta o status dos itens de segurança da construção. A conformidade foi avaliada como “Conforme” (verde), “Não Conforme” (vermelho)

Tabela 1. Status dos itens de segurança da construção

Análise de conformidade		
Item	Descrição	1ª Visita
1) Tipo de captura #1. Visualização geral		
1.1	Delimitação de entradas e rotas de acesso externo ao canteiro	
1.2	Equipamentos de segurança EPIs	
1.3	Linha de Vida	
1.4	Tela de proteção	
1.5	Sinalização e isolamento da área de movimentação de carga ou descarga	
1.6	Acesso às escadas, rampas	
1.7	Os trabalhadores estão usando EPIs	
1.8	Escadas de uso coletivo, rampas e passarelas	
1.9	Há proteção para pontas verticais de vergalhão de aço expostas	
1.10	Tapumes	
Legenda:  Item conforme  Item não conforme		

Para inspeção de obras, tais equipamentos possibilitam comparativos do planejado e executado na obra, além de vistorias do canteiro, disposição de materiais, organização dos funcionários, entre outros, o que proporciona ao gestor fazer uma análise geral da obra para futura tomada de decisões, examinando os pontos críticos que precisam ser remanejados. De acordo com Sarmiento (2008), monitoramento e controle são processos que visam observar e acompanhar a execução do projeto, permitindo que potenciais problemas possam ser antecipadamente identificados para que ações corretivas sejam tomadas antes de os problemas tomarem proporções incontroláveis. As condições dos eixos de execução das fundações, estrutura e superestrutura, já estavam em desenvolvimento. Pela anuência, precisão e segurança dos dados que oferece as imagens capturadas a partir do VANT, e com o apoio do relatório fotográfico apresentado, comprovou-se que a utilização de veículos aéreos não tripulados traz um custo benefício favorável na sua utilização na construção civil, avaliando o monitoramento da obra em si, a velocidade que as imagens são capturadas, o grau de detalhamento, o mapeamento remoto e a possibilidade de inspeção remota, também agregam segurança e mais vantagens na utilização dessa tecnologia. Noutro-se também que a segurança nos canteiros de obra também se beneficia com a utilização dessa ferramenta. Na construção civil, a segurança do trabalho está continuamente relacionada à logística do canteiro, entretanto durante a etapa de planejamento observa-se a dificuldade de associar as atividades de logística com a segurança do trabalho, usualmente os requisitos de segurança são trabalhados de forma independente da gestão da produção, Saurin (1997). Os VANTS nesse quesito possibilitam o processo de inspeção de segurança, pois permitem uma observação frequente e direta, principalmente em canteiros extensos, influenciando no tempo gasto para tais inspeções.



Figura 5. Itens de segurança visualizados/ Lago Bolonha

A análise dos itens de segurança no trecho de prolongamento da Av. João Paulo II (lago do bolonha), foi realizada por meio da fotointerpretação, que versa distinguir e identificar elementos na superfície terrestre, por meio das imagens obtidas. A figura 5 apresenta as condições de segurança analisadas se mantiveram em conformidade com o checklist de segurança segundo o tipo de captura, demonstrando as rotas de acesso, placas de sinalização, limpeza e organização do canteiro.



Figura 6. Itens de segurança visualizados/ Lago Água Preta

A figura 6 apresenta as condições de segurança analisadas se mantiveram em conformidade com o checklist de segurança segundo o tipo de captura, demonstrando plataforma em toda periferia, todos os colaboradores estavam utilizando o capacete de forma adequada, sinalização, limpeza e organização do canteiro.

5. CONCLUSÕES

O voo foi realizado a uma altitude de aproximadamente 16 MT e o processamento de 20 (vinte) imagens e 22 minutos de gravação de vídeos, obtidas na área de estudo possibilitou obter uma análise técnica quanto a eficácia do sistema Vant na modalidade de aerolevantamentos de baixo custo. Priorizou-se desta maneira a avaliação de aspectos quanto à qualidade dos produtos obtidos e do comportamento da plataforma então empregada.

O desempenho do equipamento DJI Mavic Pro satisfaz as necessidades para inspeção de segurança em termos de autonomia de voo, a estabilidade do dispositivo, a confiabilidade do sistema e a facilidade de uso. No total, 4 de voos foram realizados sem maiores problemas que possam causar danos a bens ou pessoas. Além disso, o uso do VANT para inspeção não provocou interferências significativamente nas atividades desenvolvidas em canteiro.

O sistema VANT utilizado nessa pesquisa não visa substituir a metodologia indicadas pelas normas de engenharia para inspeção de segurança em canteiro de obra, e sim incorporar novas informações ao método hoje empregado, potencializando as informações por meio de imagens obtidas com o VANT, que poderão ser consultadas no momento desejado, possibilitando o esclarecimento de incertezas.

Questões associadas a preocupações com a invasão da privacidade, risco de queda e colisão não foram destacados pelos trabalhadores e equipe de gestão. No entanto, deve destacar que os ativos visuais coletados em canteiro devem ser aplicados em prol da segurança do trabalho, não devendo ser utilizado para punições e perseguições contra os trabalhadores. Estudos aprofundados devem ser realizados para qualificar o impacto de tecnologias de inspeção sobre o comportamento dos trabalhadores e de como as empresas devem empregar tais recursos, nutrindo a ética e o respeito a seus funcionários.

Dentre os benefícios levantados por Kim e Irizarry (2015) associados aos resultados do presente estudo foi possível verificar que o processo de inspeção com o auxílio do VANT tende a proporcionar melhorias no processo, tais como, gestão do comportamento dos trabalhadores, através da mudança de postura pelo monitoramento constante, inspeção eficaz do uso de equipamento de proteção individual, controle efetivo do canteiro e áreas de difícil acesso, fácil identificação dos problemas de segurança, e conseqüentemente melhoria do desempenho da segurança.

Com base nos dados obtidos, através do presente trabalho é possível perceber que para a Engenharia Civil, o uso de VANTs apresenta diversas vantagens, como monitoramento e acompanhamento da evolução da obra, mapeamento da área onde o projeto será realizado, avaliação de viabilidade e geração de pré-projetos, documentação fotográfica, redução de custos, segurança do canteiro, entre outros. Compreende-se que os canteiros de obra apresentam uma gama de atividades a serem executadas em prazos em sua grande maioria pré-estabelecidos, destacando-se assim o uso dos VANTs para reduzir o tempo para acompanhamento e inspeção destas, favorecendo a atenção em outros aspectos. Dessa forma, o estudo traz como principal contribuição um melhor entendimento do potencial de utilização desta nova tecnologia para o setor da construção.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade da Amazônia (UNAMA) pelo fomento à pesquisa e pelo suporte oferecido.

REFERÊNCIAS

ALEJO, D.; COBANO, J.A.; HEREDIA, G.; OLLERO, A. "Collision-Free 4D Trajectory Planning in Unmanned Aerial Vehicles for Assembly and Structure Construction." *Journal of Intelligent and Robotic Systems*. v.73, p.783-795. 2014.

GHEISARI, M., & ESMAEILI, B. (2016). "Unmanned Aerial Systems (UAS) for Construction Safety Applications." In *Construction Research Congress 2016* (pp. 2642-2650).

GIUFFRIDA, F. "Potential Uses and Considerations Regarding the Use of UAS Technology in Assessment. Inc.". PROPERTY DRONE CONSORTIUM. 2015.

JARKAS, A. M.; BITAR, C. G. "Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait." *Journal of construction engineering and management*, v. 138, n. 7, 2012.

JORGE, L. A. de C.; INAMASU, R. Y. "Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão." In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 109-134.

KIM, S.; IRIZARRY, J. "Exploratory study on factors influencing UAS performance on highway

construction projects: as the case of safety monitoring systems.” In: Conference on Autonomous and Robotic Construction of Infrastructure, Ames, 2015.

MITISHITA, E.; EDUARDO, J.; GRAÇA, N. de.; CENTELHO, J.; MACHADO, A. “*O Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) em Aplicação de Mapeamento Aerofotogramétrico.*” XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. Gramado-RS.2014. Anais...

SARMENTO, V. “*Monitoramento e controle na gestão de projetos de obras industriais.*” Curso de gestão de projetos da Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2008.

SAURIN, T.A. “*Método para Diagnóstico e Diretrizes para Planejamento de Canteiros de Obra de Edificações.*” 1997. 162f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de PósGraduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SIEBERT, S; TEIZER, J. “*Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle*” (UAV) system. Automation in Construction. v.41, p. 1-14. 2014.

THEMISTOCLEOUS, K; NEOCLEOUS K; PILAKOUTAS, K; HADJIMITSIS, D.G. “*Damage assessment using advanced non-intrusive inspection methods: Integration of Space, UAV, GPR and Field Spectroscopy.*” SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON REMOTE SENSING AND GEOINFORMATION OF THE ENVIRONMENT. 2014. BROMHEAD, E.N. (1979) “A simple ring shear apparatus” in Ground Engineering, Vol. 12, n. 5, p. 40-44.