



SIBRAGEC ELAGEC 2015

São Carlos / SP - Brasil - 7 a 9 de outubro

USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) PARA INSPEÇÃO DE LOGÍSTICA EM CANTEIROS DE OBRA

MELO, Roseneia Rodrigues Santos de (1); COSTA, Dayana B. (2)

(1) e-mail: roseneia.engcivil@gmail.com (2) Universidade Federal da Bahia, (71) 3283-9731, e-mail: dayanabcosta@gmail.com.

RESUMO

Nas últimas décadas, a indústria da construção civil tem passado por importantes evoluções, entretanto observa-se uma lenta inserção de tecnologia emergente como dispositivos móveis. Uma destas tecnologias é o Veículo Aéreo Não Tripulado (VANTs), em inglês *Unmanned Aerial Veicheles* (UAV), também conhecidos como drones, tendo sua aplicação inicial na área militar, e recentemente vem sendo adotado em outras indústrias, como na agricultura. Na construção civil, o seu uso ainda é limitado, principalmente para suporte na gestão de obras. A presente proposta de dissertação tem como objetivo investigar de forma exploratória o uso de VANTs, como ferramenta visual para inspeção de elementos de logística de canteiro, além da contribuição deste dispositivo para apoio na tomada de decisão e melhoria deste processo. O método de pesquisa proposto envolve o estudo de caso, com as seguintes etapas: definição de tarefas gerenciais relacionada a logística do canteiro passíveis de serem inspecionadas por VANTs, validação destas tarefas por meio de entrevistas com profissionais envolvidos com esta inspeção e de voos com o VANT, revisão e aprimoramento das tarefas gerenciais e protocolo de coleta de dados, coleta sistemática de dados em canteiros de obra, e avaliação do uso dos ativos visuais para melhoria da logística do canteiro. Como contribuição, pretende-se disseminar a tecnologia de VANTs, identificar benefícios e barreiras do uso desta tecnologia na construção, bem como estabelecer um protocolo para coleta de dados de elementos logísticos usando este dispositivo.

Palavras chaves: Construção Civil; Logística; Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).

ABSTRACT

Over the last few decades, construction industry has undergone significant changes, however there has been an apathetic insertion of emerging technology such as mobile devices. Unmanned Aerial Vehicle (UAV), also known as drones, is one such technology, having its initial employment in the military field and more recently in the agricultural industry. In construction area its use still is restrained, mainly to assist on construction management. The proposed dissertation aims to investigate in an exploratory way the use of UAVs as a visual inspection tool for construction sites logistics, besides the aid in making decision and improvement this gadget can provide to the process. The research method proposed involves a study case with the following steps: definition of executive tasks related to the sites' logistics likely to be inspected by UAVs, validation of these tasks by interviewing professionals involved with this inspection and flights with UAVs, review and enhancement of management tasks and data collection protocol, systematic data collection on construction sites, and evaluation of the use of visual assets for logistics improvement on site. Disseminate UAVs technology, determine benefits and barriers to its use, as well as establish a protocol for data collection of logistics' elements using it are intended as this dissertation contribution.

Keywords: Civil Construction; Logistics; Unmanned Aerial Vehicle (UAV).

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil a fim de se manter competitiva no mercado tem buscado soluções que proporcionem a redução dos custos de produção e aumento do padrão de qualidade dos seus produtos. Jarkas e Bitar (2012) afirmam 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. Saurin (1997) aponta que a negligência das obras quanto ao planejamento do canteiro acarreta em falhas no cumprimento de prazo, aumento custo, além de comprometer a qualidade dos produtos e segurança.

Diante desse contexto, Hissam e Terrence (2001) observa a necessidade de ferramentas de simulação que auxiliem em um melhor gerenciamento do canteiro, a fim de proporcionar uma melhor otimização do espaço e de segurança. Nos últimos anos, as ferramentas e software que executam representações visuais 3D ou 4D (modelos integrados ao planejamento) em diferentes instantes de tempo têm-se desenvolvido no mercado da construção, no entanto, a adoção dessas tecnologias ocorre de forma muito tímida pelo setor (CHAU *et al.*, 2014). Apesar da contribuição dos softwares de representações visuais no planejamento, poucas ferramentas possibilitam a visualização do acompanhamento da obra em tempo real, dificultando as ações de inspeção de segurança e logística.

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), significa 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; THEMISTOCLEOUS *et al.*, 2014; ALEJO *et al.*, 2014).

Entretanto, apesar dos avanços com a utilização dos VANTs na engenharia civil, a literatura revela a existência de uma lacuna quanto ao uso dos ativos visuais coletados a partir dos VANTs para apoiar no monitoramento de tarefas gerenciais, tais como avanço físico, logística de canteiro, bem como inspeção de qualidade e segurança (SIEBERT; TEIZER, 2014).

Desta forma, 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 e dificuldades de uso na construção civil, em especial para gestão de obras, de modo a disseminar o seu uso com segurança e eficiência. O foco em segurança e logística de canteiro decorre do fato destas duas 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 projeto tem como objetivo geral desenvolver diretrizes para uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANTs) para monitoramento de obras, com foco em segurança e logística de canteiro, além de identificar fatores chaves de sucesso e barreiras para o uso dos VANTs para monitoramento de obras e modelagem 3D.

2 VEÍCULOS 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 especializado. 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. Atualmente no mercado existem dois tipos de VANTs, a diferença entre eles é basicamente o sistema aerodinâmico, podendo ser em asa fixa ou rotativa (Figura 1).

Figura 1: (a) VANT com quatro asas rotativas (quadricóptero); (b) modelo com asa fixa produzido pela AGX denominado VANT Arara.



O de asa rotativa se assemelha a um helicóptero ou multirotor, 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).

A regulação quanto ao uso dos VANTs para fins civis está sendo amplamente discutida em todo o mundo, no entanto os avanços estão retraídos na maioria dos países. A França se destaca por possuir regulamentação específica para o uso comercial dos VANTs, onde o operador necessita realizar teste para comprovar a capacidade teórica, e para voos longos é necessário retirar a licença de piloto. Atualmente, nos EUA o uso comercial do UASs é permitido apenas mediante autorização especial da Administração de Aviação Federal (FAA), denominado de Certificado de Autorização (COA) (Federal Aviation Administration, 2015).

No Brasil, as atividades de aviação comercial são reguladas e monitoradas pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), que foi criada em 2005 pelo governo brasileiro pela Lei 11.182/2005 (BRASIL, 2005). De acordo com a Agenda Regulatória da ANAC, tópico 6, Regulação sobre a certificação e monitoramento regular das operações

de VANTs, definidas no documento 2.852 de 30 Outubro de 2013, a operação comercial está pendente, indicando o estabelecimento desta regulação para 2015 (ANAC 2013). A operação experimental com uso do VANTs, incluindo pesquisa e desenvolvimento, levantamento de mercado e treinamento de pilotos, demanda autorização específica da ANAC de acordo com a Instrução Suplementar IS N. 21-002, Revisão A 2012 (ANAC 2012). Para fins recreativos, os VANTs podem ser considerados como aero modelos ou um brinquedo. Neste caso, a Regulação N. 207 de 7 de Abril de 1999 (BRASIL 1999), estabelece regras de operação que inclui limite de elevação dos VANTs até 400 pés do solo, sendo proibida a operação perto de aeroportos.

Na construção civil os avanços de pesquisa com VANTs ainda é introdutório, no entanto estudos recentes demonstram crescimento da aplicação quanto a atividades de monitoramento e inspeção. O estudo realizado por Mitishita *et al.* (2014) utiliza as imagens aéreas capturada por VANT para monitoramento de área rural através da geração de ortoimagens. Morgenthal e Hallerman (2014) utilizaram os ativos visuais para a detectar danos em estruturas, no qual os resultados obtidos através das imagens possibilitou detectar pequenas fissuras garantindo melhor confiabilidade nos reparos. Zhang e Elaksher (2012) propõe o monitoramento de estradas não pavimentadas a partir de imageamento com VANT, constatou-se que as imagens obtidas apresentaram bons resultados para avaliar as condições das estradas. Themistocleous *et al.* (2014) demonstra a utilização dos VANTs para monitoramento, avaliação de danos e manutenção de pavimentos rodoviários, cujo benefício vai além da redução dos custos, influenciando na sustentabilidade e impacto ao meio ambiente. Eschmann *et al.* (2012) realizaram inspeção visual em edifícios por meio de imagens capturadas por VANT, na qual foi possível a obtenção de detalhes de danos e fissuras em escala milimétrica devido à alta resolução das imagens. Irizarry *et al.* (2012) buscou explorar o potencial tecnológico dos VANTs a fim de melhorar as práticas de construção e, em especial, facilitar as inspeções de segurança do canteiro de obras.

2.1 Logística e Segurança

Lehtonen (2001) logística é um processo de gestão estratégica que compreende as atividades de aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, onde quando bem executadas contribuem para a melhoria da produtividade na construção civil.

Na construção civil, a segurança do trabalho está diretamente associada 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). De acordo com o referido autor, o processo de planejamento do canteiro busca por meio da otimização do espaço físico disponível proporcionar um ambiente seguro e mais eficiente para o desenvolvimento das atividades.

Hissam e Terrence (2001) destacam que os acidentes ocorridos devido à queda de objetos, ou envolvendo veículos e equipamentos em canteiros estão na maioria das vezes relacionados com o mau uso dos espaços e que poderiam ser reduzidos ou evitados através da organização do canteiro. Toole (2002) discute que muitos acidentes são ocasionados devido a falhas ou desvios no comportamento individual dos funcionários, entretanto, especialistas afirmam que os acidentes são evitáveis e que é resultado de um processo de gestão ineficiente.

Dentre os procedimentos de segurança mais usuais, se enquadra a realização de inspeções no canteiro a fim de constatar as condições do ambiente na qual os trabalhos

estão sujeitos. Normalmente essas inspeções utilizam como base as normas regulamentadoras de segurança para a avaliação dos critérios exigidos (IRIZARRY *et al.*, 2012). Toole (2002) afirma que a importância da observação, onde, a visualização das condições do ambiente de trabalho e da interação direta com os funcionários são fatores chave para a prevenção de acidentes.

Irizarry *et al.* (2012) descreve que o processo de inspeção de segurança na construção civil segue três características: ser frequente, observação direta e interação direta com os funcionários. Ou seja, o gestor de segurança necessita realizar diariamente observações caminhadas ao longo do canteiro, a fim de verificar as atividades de acordo com critérios de segurança, entretanto, o tamanho do canteiro e a quantidade de atividades a serem observadas influem no tempo gasto para a avaliação. Por fim, a interação direta possibilita um maior contato com os funcionários, favorecendo a ocorrência de feedback com o objetivo de criar um ambiente de trabalho seguro.

Visto que na maioria dos canteiros há uma grande demanda de atividades que ocorrem simultaneamente, uma enorme quantidade de tempo é dispendida para a realização do acompanhamento e inspeção das atividades. De modo a suprir essa carência de forma ágil e eficiente, os recursos visuais provenientes da utilização de VANTs apresentam grande potencial ainda inexplorável para a execução de tarefas de inspeção de logística e segurança dentro dos canteiros, onde a aeronave seria capaz de fornecer informações em tempo real através de voos realizado na área delimitada pelo canteiro. Através do estudo realizado por Saurin (1997) buscou-se selecionar os elementos localizados na área externa do canteiro e que são passíveis de inspeção visual por meio de VANT, apresentado no Quadro 1, e que poderão ser testados nesta presente pesquisa.

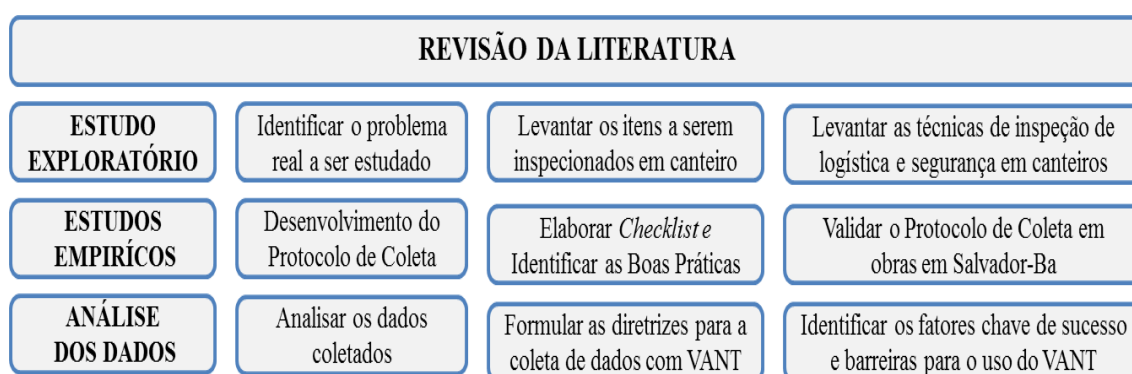
Quadro 1: Elementos a serem inspecionados no canteiro.

Área de Verificação	Itens inspecionados
Instalações Provisórias	Localização das instalações no canteiro; Condições físicas das instalações; Monitoramento das rotas de pessoas e materiais.
Segurança da obra	Proteção contra queda no perímetro dos pavimentos (guarda-corpo e rodapé); Plataforma de proteção (bandeja salva-vidas); Sinalização de segurança; Andaimes suspensos e simplesmente apoiados; Elevadores Cremalheira, Guincho e Grua.
Sistema de movimentação e Armazenamento de materiais	Condições das vias de circulação do canteiro; Monitoramento do tráfego de materiais; Condição de armazenagem dos materiais na área externa (agregados, argamassa, blocos, tijolos, aço, tubos de PVC e etc.)
Gestão dos resíduos sólidos	Disposição, segregação e armazenamento em local adequado; Monitoramento das rotas de saída dos resíduos.
Análise dos impactos na vizinhança	Rotas e trânsito na área externa do canteiro devido a entrada e saída de caminhões; Potencial de poluição de ruas/avenida devido ao descarregamento de materiais (concreto entre outros).

3 MÉTODO DA PESQUISA

A estratégia a ser desenvolvida será *Design Science Research* cujo objetivo se baseia no desenvolvimento e avaliação de artefatos visando resolver problemas do mundo real. Para Lacerda *et al.* (2013), a *Design Science Research* seria responsável por conceber e validar sistemas que ainda não existem, seja criando, recombinação, alterando produtos/processos/software/métodos visando propor soluções para os problemas existentes. Van Aken (2004) argumenta que esta metodologia é aplicada para disciplinas onde a descrição e o entendimento não são suficientes para a resolução dos problemas, sendo necessário desenvolver e testar soluções. A pesquisa será desenvolvida conforme Figura 2.

Figura 2: Delineamento da pesquisa



No decorrer da pesquisa será realizada a Revisão Bibliográfica objetivando identificar o estado da arte sobre Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), Inspeção e monitoramento de processos gerenciais, Segurança do trabalho, Logística de canteiro de obra, e a partir de então definir as tarefas gerenciais passíveis de serem inspecionadas com o VANT.

A etapa de Estudos Exploratórios visa identificar o problema real a ser estudado para o melhor entendimento sobre como deve ser desenvolvido o uso de VANTs para monitoramento integrado de processos gerenciais em obras com ênfase em logística e segurança. Será desenvolvido estudos exploratórios em obras de Salvador-Bahia, com o objetivo de coletar dados sobre como ocorre o monitoramento e a inspeção de logística e segurança em canteiro.

A etapa de Estudos Empíricos visa à construção do artefato, que no presente trabalho envolve o protocolo de avaliação dos VANTs, incluindo o desenvolvimento de ferramentas e indicadores para apoio no monitoramento com o uso desta tecnologia com ênfase na segurança do trabalho e logística do canteiro, bem como a sua validação em canteiros de obra. Inicialmente serão levantadas as práticas de segurança e logística de canteiro com base nos requisitos dos gestores de segurança de obras. Estas práticas serão levantadas por meio de análise de documentos de *checklist* de segurança e logística de canteiro disponibilizados por obras participantes, além de *checklist* identificados na literatura, bem como entrevistas com gestores de obra e segurança do canteiro. As práticas de segurança levantadas serão validadas por meio de voos experimentais e por meio de entrevistas e reuniões com as equipes de segurança e de obras dos canteiros participantes.

A atividade seguinte envolve a definição do protocolo de coleta de dados, com a ferramenta para coleta das práticas de segurança e logística do canteiro, bem como a definição de um sistema de indicadores que possa avaliar o conteúdo do monitoramento,

bem como a utilidade da tecnologia adotada. A partir do protocolo desenvolvido, serão realizados os estudos para avaliar o uso dos VANTs em obras.

Em paralelo ao estudo de avaliação do uso dos VANTs para o monitoramento de obra, serão realizados Estudos de Modelagem 3D utilizando os VANTs e softwares específicos para modelagem como PIX4D, APS, REVIT-AUTODESK e AUTODESK 3DS a fim de propor soluções de melhorias para as atividades inspecionados em canteiro. Os produtos finais desta etapa são o estabelecimento de diretrizes e a identificação de fatores chaves de sucesso e barreiras para uso dos VANTs para monitoramento das obras.

4 RESULTADOS ESPERADOS DA PESQUISA

No decorrer da pesquisa espera-se o desenvolvimento de diretrizes para o uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para o monitoramento de obras, com ênfase em logística e segurança. Pretende-se ainda promover a utilização da modelagem 3D das imagens obtidas com os VANTs para tomada de decisões gerenciais. Por fim, identificar os fatores chaves de sucesso e as barreiras para a implantação da tecnologia nas obras para as atividades de gerenciamento, tendo ênfase em segurança e logística.

5 IMPLICAÇÕES DA PESQUISA

Dentre as implicações da pesquisa tem-se o desenvolvimento de uma nova ferramenta para monitoramento do canteiro, especialmente em áreas de difícil acesso dando suporte nas atividades gerenciais através de novas perspectivas de imagens (modelagem 3D, infravermelho, entre outros). Além do aumento do conhecimento na adoção dos drones para realização de atividades gerenciais, redução dos custos e de tempo e aumento da eficiência em atividades de inspeção em canteiros.

6 REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) (2013). **Portaria N° 2852, de 30 de Outubro de 2013**. Institui a Agenda Regulatória da ANAC para o ano de 2014. Brasília, DF. Disponível em: < <http://www2.anac.gov.br/biblioteca/resolucao/2013/RA2013-0279.pdf>>. Acesso em: 14 abr.2015.

Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) (2012). **Portaria n ° 2.031/SAR, de 4 de outubro de 2012**. Instrução Suplementar - IS N° 21-002, Revisão A. Brasília, DF. Disponível em: < <http://www2.anac.gov.br/biblioteca/IS/2012/IS%2021-002A.pdf>>. Acesso em: 14 abr.2015.

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.

BRASIL. **Portaria DAC 207 de 7 de Abril de 1999**. Estabelece as regras para operação de aeromodelismo no Brasil. Brasília, DF. Disponível em: < <http://www2.anac.gov.br/biblioteca/portarias/port207STE.pdf>>. Acesso em: 14 abr.2015.

BRASIL. **Lei n° 11.182 de 27 de setembro de 2005**. Lei de Criação da Agencia Nacional de Aviação Civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, DF. Disponível em: < <http://www.camara.gov.br/sileg/integras/384679.pdf>>. Acesso em: 14 abr.2015.

- CHAU, K.W.; ANSON, M.; ZHANG, J.P. Four-Dimensional Visualization of Construction Scheduling and Site Utilization. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 130, n. 4, 2004.
- ESCHMANN, C.; KUO, C.-M.; KUO, C.-H.; BOLLER, C. (2012). Unmanned Aircraft Systems for Remote Building Inspection and Monitoring. In: SIXTH EUROPEAN WORKSHOP ON STRUCTURAL HEALTH MONITORING.
- 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.
- GIUFFRIDA, F. Potential Uses and Considerations Regarding the Use of UAS Technology in Assessment. Inc.: PROPERTY DRONE CONSORTIUM.2015. Disponível em: <http://www.propertydrone.org/docs/Potential_Uses_Considerations_Regarding_UAS_Technology_Assessment.pdf>. Acesso em: 04 mar.2015.
- IRIZARRY, J.; GHEISARI, M.; WALKER, B.N. Usability Assessment of Drone Technology as Safety Inspection Tools. **Journal of Information Technology in Construction**. v.17, p. 194-212. 2012.
- HISSAM, T.; TERRENCE, F. A Simulation Environment for Construction Site Planning. 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION VISUALIZATION. London. England, 2001.
- LACERDA, D.P.; DRESCH, A. PROENÇA, A.; JÚNIOR, J.A.V.A. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão e Produção**. v. 20, n. 4, p. 741-761, São Carlos, 2013.
- LEHTONEN, T.W. Performance measurement in construction logistics. **International Journal Production Economics**. v.69, p.107-116, 2001.
- 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...
- SAURIN, T.A. **Método para Diagnóstico e Diretrizes para Planejamento de Canteiros de Obra de Edificações**.1997. 162f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação 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.
- TOOLE, M.T. Construction Site Safety Roles. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 128, n. 3, 2002.
- VAN AKEN, J. E. Management Research based on the paradigm of design science: the quest for field-tested and grounded technological rules. **Journal of Management Studies**, 41, March 2004.
- ZHANG, C.; ELAKSHER, A. (2012). An Unmanned Aerial Vehicle-Based Imaging System for 3D Measurement of Unpaved Road Surface Distresses I. **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**, Vol. 27, No. 2, pp. 118-129.