

PRÊMIO ADEMI DE INOVAÇÃO ACADÊMICA 2019

E-BOOK
MELHORES TRABALHOS



ADEMI BAHIA
ASSOCIAÇÃO DE DIRIGENTES DE EMPRESAS
DO MERCADO IMOBILIÁRIO DA BAHIA

EDITORIAL

Estimular a geração de conhecimento, consolidar inovações, promover aproximação entre o mercado e a academia, além de revelar novos talentos. Foi com esses objetivos que surgiu, em 2018, dentro do consagrado Prêmio Ademi Bahia, a categoria Inovação Acadêmica.

O sucesso, a adesão e o reconhecimento da importância dessa iniciativa foram tão grandes que, em 2019, realizamos a 2ª edição, onde estudantes de graduação e pós-graduação das áreas de Arquitetura, Engenharia e Construção puderam, mais uma vez, inscrever seus trabalhos e participar desse momento de atualização dos temas que permeiam o nosso mercado.

Acompanhando as transformações que impactam o nosso segmento e em busca constante pelo incremento dos sistemas produtivos que envolvem a área de construção, o tema escolhido para a edição de 2019 foi “A construção civil na era da Indústria 4.0”. Afinal, vivemos uma nova era, onde tecnologias como inteligência artificial, computação em nuvem, robótica, análise de dados e internet das coisas são uma realidade.

Tudo isso nos desafia a encontrar soluções voltadas para a redução de custos, aumento da segurança, da qualidade e produtividade, além de assegurar a sustentabilidade em todos os níveis da cadeia da construção. Os trabalhos apresentados no Prêmio e reunidos agora aqui neste e-book nos levam exatamente a pôr em cena questões como essas.

Ao longo das próximas páginas, você vai conhecer os projetos que mais se destacaram na edição do Prêmio, como o trabalho vencedor de 2019 das pós-graduandas Roseneia Melo e Rafaela Rey, da UFBA, sobre Sistema Informatizado para Inspeção de Segurança Apoiado por Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), que apresenta o uso dessa tecnologia no canteiro de obras.

Esperamos que esse e todos os outros trabalhos aqui publicados possam servir de inspiração para o mercado imobiliário, construtoras e incorporadoras, como também para demais estudantes e profissionais que buscam aperfeiçoamento e novos conhecimentos para o desenvolvimento da área. Aproveitamos ainda este espaço para agradecer e parabenizar todos os alunos, professores, tutores e instituições de ensino que participaram da 2ª edição do Prêmio. Já estamos trabalhando para dar continuidade a essa iniciativa e caminhamos para a terceira edição em 2020 convictos de que revelaremos mais ideias promissoras para o setor da construção.

Boa leitura!

Cláudio Cunha

Presidente da Ademi-BA

Alexandre Landim

Diretor Técnico da Ademi-BA e responsável pelo Prêmio Inovação

E-BOOK MELHORES TRABALHOS - COLETÂNEA

**PRÊMIO ADEMI
DE INOVAÇÃO
ACADÊMICA
2019**

SALVADOR - BAHIA
2020

Copyright © ADEMI-BA

Todos os direitos desta edição reservados

Coordenação Editorial

Alexandre Landim

Projeto Gráfico

Mandala Marketing

Foto Capa

Istock

Comissão Julgadora do Prêmio Ademi

Aline Passos – Universidade do Estado da Bahia (UNEB)

Gabriel S. Silva - Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Elton Góes – Faculdade de Tecnologia e Ciências – (FTC Salvador)

Cristiane Sarno – UNIFACS – Universidade Salvador

Ficha Catalográfica

M884m Juliana Sampaio Álvares, Victor Santos Staffa Tironi, Maria Elisa Simões Carneiro, Rafaela Oliveira Rey | Roseneia Rodrigues S. de Melo, Stephanie Lima Jorge Galvão, Caroline Silva Araújo, Anderson dos Santos Sena, Fernanda Ferreira Prates, Guilherme Tolentino Alvares Haendel, Gabriel de Oliveira Novelli, Dayana Bastos Costa, Lucas Figueiredo Baisch, Maurício Felzemburgh Menezes, Raony Maia Fontes, Emerson de Andrade Marques Ferreira, Cristina Toca Perez, Luara Batalha Vieira, Elaine Pinto Varela Alberte.

Título: Prêmio Ademi de Inovação Acadêmica 2019.

Tipo de Suporte: E-book. Formato E-book: PDF, 2020.

110 páginas

ISBN: 978-65-990638-0-0

Prefixo Editorial: 990638

1. Coletânea – Autores diversos – 2. Teses de graduação e pós-graduação – Bahia

CDD 869.9

Brasil
Brazil

SUMÁRIO

PROJETOS DESTAQUE

SISTEMA INFORMATIZADO PARA INSPEÇÃO DE SEGURANÇA APOIADO POR VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT).....7

Alunas: Rafaela Oliveira Rey | Roseneia Rodrigues S. de Melo

Professora orientadora: Dayana Bastos Costa

SMART INSPECS - PROGRESSO VISUAL: MÉTODO PARA MONITORAMENTO DO PROGRESSO DE OBRAS COM USO DE MAPEAMENTO 3D POR VANT E BIM 4D.....20

Aluna: Juliana Sampaio Álvares

Professora orientadora: Dayana Bastos Costa

OLODUM ROBOT WALL: PROTÓTIPO DE UMA ARQUITETURA FABRICADA POR ROBÔS 34

Aluno: Victor Santos Staffa Tironi

Professor orientador: Lucas Figueiredo Baisch

APOEMA: CIDADE FLUTUANTE - SUSTENTABILIDADE E AUTOSSUFICIÊNCIA EM MEIO AQUÁTICO44

Aluna: Maria Elisa Simões Carneiro

Professor orientador: Maurício Felzemburgh Menezes

PLATAFORMA IOT DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....51

Aluna: Stephanie Lima Jorge Galvão

Professor orientador: Raony Maia Fontes

BIM E IOT PARA APOIO À GESTÃO DE PESSOAL EM CANTEIRO DE OBRAS NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0 59

Aluna: Caroline Silva Araújo

Professor orientador: Emerson de Andrade Marques Ferreira

ANÁLISE COMPARATIVA DO PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO COM USO DA METODOLOGIA BIM 5D: ESTUDO DE CASO. 71

Aluno: Anderson dos Santos Sena

Professora orientadora: Cristina Toca Perez

O USO DE DRONES NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUAS APLICAÇÕES. 81

Aluna: Fernanda Ferreira Prates

Professora orientadora: Luara Batalha Vieira

ORÇA AQUI: PLATAFORMA ON-LINE PARA COTAÇÃO RESPONSÁVEL E TRANSPARENTE DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL. 97

Alunos: Guilherme Tolentino Alvares Haendel | Gabriel de Oliveira Novelli

Professora orientadora: Elaine Pinto Varela Alberte



PROJETOS DESTAQUE

SISTEMA INFORMATIZADO PARA INSPEÇÃO DE SEGURANÇA APOIADO POR VEÍCULO AÉREO NÃO TRÍPULADO (VANT)

Alunas: Rafaela Oliveira Rey | Roseneia Rodrigues S. de Melo
Professora orientadora: Dayana Bastos Costa



RESUMO

O setor da construção é conhecido pelas altas taxas de acidentes e pela precariedade quanto às condições de trabalho. A complexidade e a variabilidade dos locais de construção tornam o gerenciamento de segurança mais difícil de implementar do que em outros setores. Embora esforços estejam sendo conduzidos para reduzir os acidentes fatais e lesões em canteiros de obras, tais situações continuam a ocorrer. Esta pesquisa tem como objetivo desenvolver um sistema informatizado para registro e acompanhamento das inspeções apoiado por Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), denominado de SMART INSPECS - Segurança, como uma ferramenta adicional de inspeção de segurança para melhorar a visualização das condições de trabalho e apoio à tomada de decisão. O projeto envolve três etapas: (1) idealização e concepção do sistema, (2) desenvolvimento e implementação do sistema informatizado e (3) avaliação do sistema com base nos resultados e na percepção dos usuários. Já foram realizados dois Estudos de Caso em empreendimentos do programa “Minha Casa Minha Vida”, em canteiros horizontais que adotam o sistema construtivo de paredes de concreto moldado *in loco*. O Estudo de Caso A foi realizado visando desenvolver e aplicar um protocolo de inspeção padronizado apoiado por VANT. Atualmente, está sendo realizado o Estudo de Caso B, com o objetivo de informatizar o protocolo de inspeção através do desenvolvimento de um sistema on-line de processamento e análise de dados com o uso de dispositivos móveis. Como resultado, espera-se reduzir o esforço e o tempo da coleta de dados e do processo de acompanhamento da avaliação das condições de segurança em campo, bem como uma padronização do processo de inspeção. Apesar de ser possível encontrar aplicações de VANT para inspeções gerais no mercado, o sistema desenvolvido foca em inspeção de segurança baseado em critérios normativos e está sendo desenvolvido com uma interface autoinstrucional, visando a autonomia por parte do usuário para a inserção das informações, gerenciamento das não conformidades e gestão da melhoria das condições de segurança.

Palavras-chave: Inspeção de segurança; informatização de dados, Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT); Canteiro de obras; Gestão da segurança.

1. INTRODUÇÃO

As inspeções de segurança são intervenções que visam identificar e corrigir comportamentos e ambientes inseguros, verificando se os sistemas estão funcionando adequadamente, essencial para prevenir acidentes e garantir os limites de trabalho seguro (ZHANG et al., 2016; CHI et al., 2016). Embora a inspeção seja um elemento importante do sistema de gestão de segurança, a indústria da construção civil ainda enfrenta dificuldades quanto à gestão da segurança nos canteiros de obras, cuja ineficiência está diretamente relacionada à ocorrência de acidentes.

Para Irizarry, Gheisari e Walker (2012), o processo de inspeção de segurança na construção civil deve possuir três características principais: frequência, observação direta e interação direta com os funcionários. Para isso, devem ser estabelecidas rotinas de inspeção consistentes, baseando-se em critérios e requisitos de segurança estipulados por normas e regulamentações. Entretanto, o tamanho do canteiro e a quantidade de atividades a serem observadas influenciam no tempo gasto para a avaliação de suas condições (IRIZARRY; GHEISARI; WALKER, 2012).

Estudos desenvolvidos por Kim et al. (2008) e Park et al. (2013), bem como a experiência prática dos autores da presente pesquisa mostram que os processos de monitoramento e inspeção gerencial apresentam uma série de problemas, que acabam por reduzir a eficiência e eficácia destas avaliações. Segundo Kim et al. (2008) e Park et al. (2013), tais problemas estão associados a: (a) insuficiência de pessoal para análise dos requisitos de segurança e a alta demanda de preenchimento manual de dados; (b) excesso de trabalho na coleta de dados, devido ao grande número de requisitos a serem avaliados; (c) falta de padronização dos *checklists* de avaliação, bem como dos meios de processamento e análise dos dados; (d) perdas de informação entre coleta e processamento de dados; (e) pouca comunicação entre os intervenientes do projeto; e (f) dificuldade de agir em tempo real para corrigir problemas e realizar ações preventivas, além da dificuldade de visualização das condições de trabalho em canteiro extensos com uma elevada de atividades ocorrendo simultaneamente.

Siddula et al. (2016) acreditam que uma alternativa para melhorar o processo de inspeção é automatizá-lo com o uso de novas tecnologias. Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos, a fim de melhorar o fluxo de trabalho da inspeção tradicional e desenvolver ferramentas inovadoras que possam ser usadas para automatizar etapas do processo, ou o processo como um todo (CHI et al., 2016; SIDDULA et al., 2016). Com o advento da Indústria 4.0, as necessidades de inovação estão ainda mais evidentes, visto que esse é o caminho para aumentar a competitividade entre as empresas. Os processos informatizados permitem redução dos custos de construção, devido à redução do tempo de entrega e ao aumento da produtividade; aumento da qualidade, devido à maior precisão e redução de retrabalho, além de proporcionar maior segurança no canteiro, mantendo os trabalhadores fora de zonas de perigo (WORD ECONOMIC FORUM, 2017).

A quarta revolução industrial, a chamada Indústria 4.0, refere-se ao momento digital em que se vive hoje e traz consigo uma tendência de automatização total dos processos. Essa automatização só se torna possível devido ao desenvolvimento dos Cyber Physical System (CPS). Nesses sistemas, todo objeto e processos físicos são digitalizados, porém, trata-se de uma interação bilateral, em que o real fornece os dados para o virtual e este fornece decisões para o real (ENACOM, 2018). A integração por meio de um CPS visa reduzir ou eliminar as coletas de informações de forma manual em campo e fornecer relatórios em tempo real (CORRÊA, 2018). Assim, é possível reduzir o tempo gasto pelos profissionais em tarefas de coleta, deixando-os com mais tempo para tarefas de valor agregado e tomadas de decisão (CORRÊA, 2018).

Diante da tendência de automatização dos processos, uma das tecnologias emergentes que vem sendo investigada e aplicada é o VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado), em inglês conhecido como *Unmanned Aerial Vehicles/Systems* (UAV/UAS), e definido como toda aeronave projetada para operar sem piloto a bordo (IRIZARRY; GHEISARI; WALKER, 2012). O potencial de uso dessa tecnologia está diretamente relacionado ao baixo custo de aquisição, à alta mobilidade, à velocidade e à segurança oferecida pela ferramenta durante o procedimento de aquisição de dados (imagens e vídeos). Além disso,

o VANT pode diminuir os custos operacionais envolvidos no processo de inspeção e ser utilizado em situações em que uma inspeção tripulada não seja possível.

Estudos realizados por Irizarry, Gheisari e Walker (2012) e Irizarry e Costa (2016) têm explorado o potencial desta tecnologia como uma ferramenta para auxiliar na gestão da segurança dentro dos canteiros de obras, em especial em atividades relacionadas à inspeção e ao monitoramento, devido ao elevado potencial de visualização das condições de segurança por meio dos ativos visuais coletados, corroborando com o aumento da transparência dos processos, melhoria na facilidade de identificação dos problemas, agilidade no processo de tomada de decisão e redução do tempo de inspeção (IRIZARRY et al. 2015; KIM, IRIZARRY, 2015; MELO et al., 2017). Além disso, os sistemas operados remotamente reduzem o risco para os inspetores ao minimizar sua exposição ao ambiente de inspeção (AGNISARMAN et al., 2019). Melo et al. (2017) destacam que, embora o VANT seja capaz de coletar imagens e vídeos em tempo real, o processo de inspeção ainda é realizado de forma manual, fazendo-se necessário o desenvolvimento de sistemas que promova a informatização durante as etapas de processamento e análise dos dados.

Além dos estudos com VANT para a melhoria dos monitoramentos em campo, existem esforços no sentido de desenvolver sistemas de gerenciamento da segurança para otimizar o processo de inspeção como um todo, contemplando itens gerais de um *checklist* de segurança em canteiros de obra. Entre estes trabalhos destacam-se os estudos de Lin et al. (2014) e Zhang et al. (2016) que utilizaram a tecnologia da informação, com o apoio de dispositivos móveis, para testar “*checklists* digitais” e buscaram melhorar o gerenciamento da informação, tornando o processo de análise da informação e tomada de decisão mais dinâmicos. A lacuna existente nesses estudos aponta para a necessidade de buscar reduzir o tempo de coleta dos dados em campo, visto que, em muitos casos, tratam-se de canteiros de obras extensos, ou locais de difícil acesso. Além disso, o uso de ativos visuais associados às informações coletadas fornece maior transparência ao processo, facilitando o entendimento das não conformidades, bem como melhorando a confiabilidade do processo de inspeção, permitindo a reanálise dos dados e seu uso para medidas preventivas.

Em vista disso, este artigo tem como objetivo discutir a viabilidade do uso do VANT para inspeção de segurança, a fim de propor um sistema informatizado utilizando o VANT integrado a dispositivos móveis, o SMART INSPECS – Segurança. Dessa maneira, por meio de inspeções de segurança mais eficientes, busca-se contribuir com a redução das altas taxas de acidentes, redução dos custos previdenciários e dos custos enfrentados pelas empresas com acidentes, afastamentos, treinamento de novos trabalhadores em função da substituição com acidentes e absenteísmo, aumento da produtividade e, conseqüentemente, na competitividade no setor.

2. MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia adotada para essa pesquisa foi o Design Science Research (DSR), sendo este um método utilizado em pesquisas que visam desenvolver conhecimento para a concepção e criação de artefatos com o propósito de resolver problemas do mundo real (VAN AKEN, 2004). A pesquisa será realizada com a participação de duas obras de uma mesma construtora, cujas características estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Descrição das obras estudadas

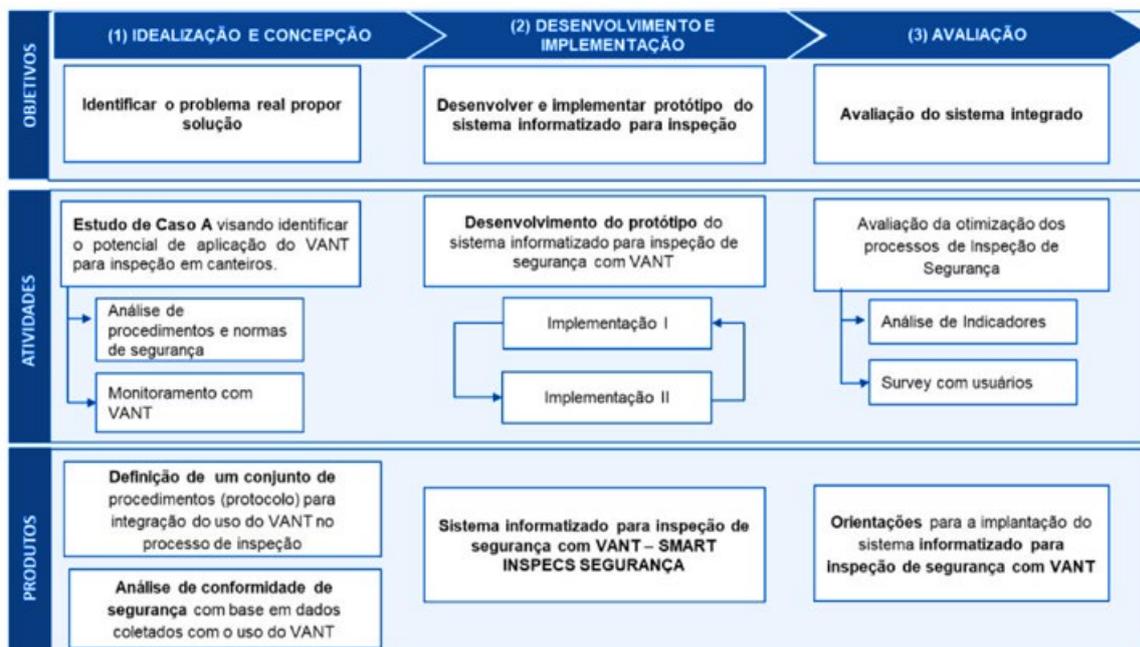
Estudo	Descrição	
Obra A Período (10/2017 a 06/2018)	Empreendimento Minha Casa Minha Vida. Área Construída: 18.949,43 m ² . Total de 400 unidades Prazo de Construção: 18 meses Número de Inspeções: 35 semanas	
Obra B Período (11/2018 - atual)	Empreendimento Minha Casa Minha Vida Área Construída: 18.001,55 m ² . Total de 380 unidades. Prazo de Construção: 14 meses Número de Inspeções: 10 semanas	

Fonte: Autoras

Os equipamentos selecionados para realização do estudo foram um DJI Phantom 3 Advanced, com um conjunto de três baterias, e um DJI Phantom 4, com conjunto de duas baterias. Tal escolha justifica-se pelo fato destes modelos de VANT serem acessíveis no mercado, facilitando sua adoção por construtoras e empresas de consultoria.

O projeto contemplará três etapas: (1) idealização e concepção do sistema (Etapa 1); (2) desenvolvimento e implementação do sistema (Etapa 2); e (3) avaliação do sistema com base nos resultados e na percepção dos usuários (Etapa 3), conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Detalhamento das Etapas Pesquisa



Fonte: Autoras

Etapa 1: Fase de idealização e concepção do sistema de inspeção

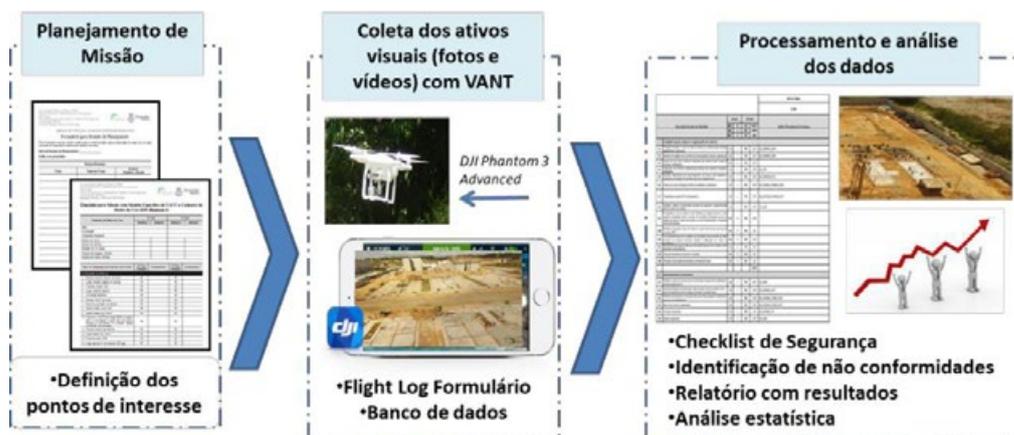
Nesta etapa foi realizado o Estudo de Caso A em uma Obra A de empresa parceira para o melhor entendimento do potencial de aplicação do VANT para inspeção de segurança em canteiros, fornecendo embasamento para a solução proposta, ou seja, desenvolver um sistema informatizado de inspeção de segurança apoiado por VANT e dispositivos móveis – SMART INSPECS SEGURANÇA. Inicialmente, foram levantados, por meio de entrevistas e análise de documentos, requisitos técnicos e operacionais de como é realizado o processo de inspeção de segurança, identificando os principais processos e situações a serem inspecionados, as normas técnicas utilizadas, a frequência da inspeção, o sequenciamento das rotinas e o contexto a ser aplicado.

Com base nos dados e percepções coletadas, o produto proposto nesta etapa consiste na definição de um conjunto de procedimentos padronizados (protocolo) para inspeção de segurança com o uso do VANT em canteiro. Foram adaptados para o contexto brasileiro os formulários para uso de VANT desenvolvidos nos estudos de Irizarry, Costa e Kim (2015), conforme a seguir:

- a) Formulário de Planejamento: informações gerais da obra e planejamento do voo, incluindo os pontos de pouso e decolagem.
- b) Checklist para Missão VANT: checklist de procedimentos para realização dos voos em condições de segurança e cadastro de informações operacionais;
- c) Checklist de Segurança adaptado às normas NR 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção e NR 35 - Trabalho em Altura. Inicialmente, foram selecionados os itens relativos às normas que necessitam de verificação visual e estão situados na área externa das construções. O checklist de inspeção de segurança realizado com VANT foi estruturado em 13 diferentes categorias, totalizando 105 itens subdivididos: (1) Condições gerais, limpeza e organização do canteiro; (2) Armazenamento de materiais; (3) Plataforma de proteção (bandeja); (4) Fundação, escavação de redes, hélice contínua e lajão; (5) Concretagem; (6) Alvenaria estrutural; (7) Parede de concreto; (8) Telhado e cobertura; (9) Escadas, rampas e passarelas; (10) Plataforma de trabalho (PTA); (11) Andaimés suspensos; (12) Guincho de coluna vélox; (13) Máquina de força motriz.

Dessa forma, o processo de monitoramento e inspeção de segurança com o uso do VANT foi estruturado em três passos: (1) planejamento do voo com os itens de segurança a serem inspecionados, (2) coleta de dados com VANT em canteiro e (3) processamento e análise das imagens e vídeos (Figura 2).

Figura 2: Protocolo de inspeção de segurança com VANT



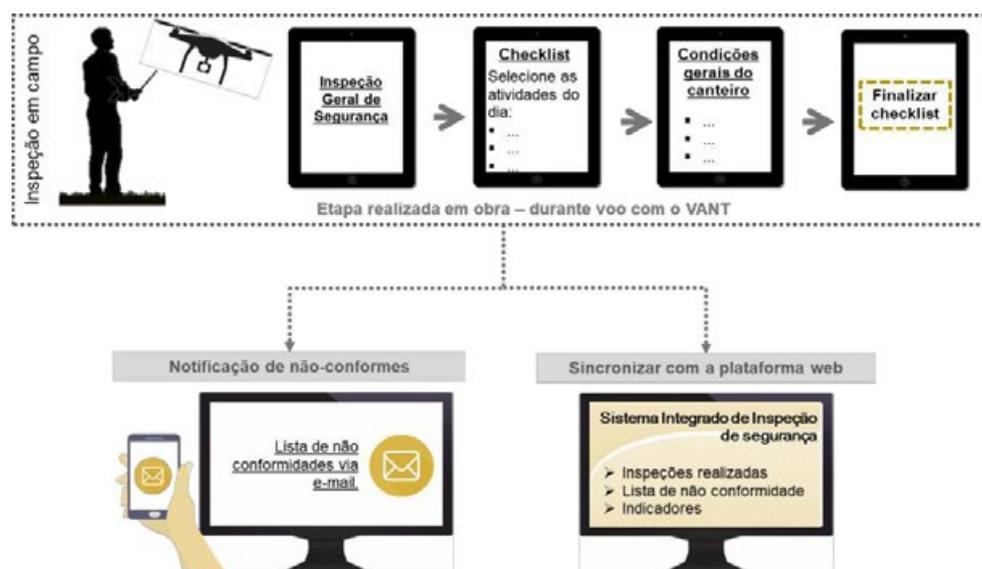
Fonte: Autoras

Após os voos, em cada visita realizada, foram realizadas reuniões de *feedback* com a equipe de segurança para a avaliação imediata das não conformidades de maior risco observadas. Ao final de cada inspeção, foi gerado um indicador de conformidade de segurança global e por processo inspecionado, além da identificação de condições e comportamentos inseguros, buscando promover a antecipação dos riscos. A análise das imagens era realizada de forma manual, ou seja, o profissional responsável pela inspeção identificava as não conformidades nas imagens/vídeos com o apoio do *checklist* de segurança. Após o processo e análise dos ativos coletados (vídeos/fotos), eram enviados para todos os intervenientes o resultado do *checklist* de segurança e um relatório visual com as imagens coletadas em formato PDF.

Etapa 2: Fase de desenvolvimento e implantação do sistema de inspeção informatizado

Esta etapa tem como objetivo desenvolver em plataforma on-line um sistema informatizado para inspeção de segurança com o uso de dispositivos móveis (tablet e celulares), tendo como referência o protocolo de inspeção desenvolvido na Etapa 1, conforme estrutura da Figura 3.

Figura 3 – Estrutura do sistema informatizado para inspeção de segurança integrando o uso de dispositivos móveis (tablet e celulares) e VANT



Fonte: Autoras

Foram desenvolvidas rotinas para automatizar a coleta e o processamento do *checklist* desenvolvido na etapa anterior, no qual todo o preenchimento do *checklist* é realizado em dispositivo móvel em plataforma web, aumentando a agilidade no fluxo da informação e visualização das atividades com o uso do VANT, sem a necessidade de percorrer todo o canteiro.

Antes de iniciar a inspeção dos itens gerais de segurança, o inspetor deve “configurar o *checklist* do dia”, isto é, selecionar na tela inicial as categorias que serão verificadas durante a inspeção. Essas categorias estão de acordo com *checklist* previamente desenvolvido, podendo ser adicionado mais itens segundo a tipologia da obra. A importância da configuração do *checklist* está principalmente em reduzir o tempo de coleta de dados, removendo tópicos que não se aplicam à fase da obra no momento da inspeção.

Após a configuração, inicia-se a inspeção propriamente dita durante o voo com o VANT. É necessário que o profissional de segurança esteja visualizando as imagens coletadas com o VANT para preencher a lista de verificação. Cada item é preenchido com “conforme”, “não conforme” ou “não se aplica”. Entre as informatizações já realizadas, destacam-se: (1) o preenchimento em tempo real do *checklist* em plataforma on-line, (2) a inclusão do link para a visualização das imagens referente aos itens verificados como não conforme, (3) a sinalização em vermelho dos itens classificados como não conforme, a fim de chamar atenção para a correção deles. Além disso, ao término das inspeções, os dados coletados são sincronizados com o sistema on-line, onde serão processados e apresentados em forma de gráficos, com os indicadores de conformidade global da inspeção e por processo construtivo, sendo possível visualizar o avanço do desempenho ao longo das inspeções já realizadas. Os resultados são enviados por e-mail em formato PDF. para as equipes responsáveis pela segurança e produção, para que fiquem cientes do término da inspeção e dos itens que necessitam de intervenção.

A implantação e validação do protótipo deste sistema estão sendo realizados por meio do Estudo de Caso B em um canteiro de obra de empresa parceira (Obra B). A partir de coletas de dados semanais, o sistema é testado e novas funcionalidades vão sendo desenvolvidas. Nas próximas etapas da informatização do sistema, espera-se desenvolver uma plataforma interativa de inspeção integrada ao sistema de gestão da segurança adotado na obra, capaz de facilitar o gerenciamento das informações, favorecendo agilidade na tomada de decisão.

O que se propõe como produto final deste projeto é um sistema informatizado para inspeção de segurança com VANT – SMART INSPECS SEGURANÇA mais robusto, que permita maior transparência e segurança no armazenamento das informações. Os requisitos propostos para o sistema são:

1. **Versão Web e Mobile** – plataforma web e mobile que se integrem de maneira simples para o usuário, permitindo o fluxo de informações do campo para o sistema de maneira automática.
2. **Autenticação de usuário e senha** – identificação do usuário para que ele tenha acesso apenas às informações que são referentes à sua obra, garantindo a segurança dos dados.
3. **Cadastro de obras** – caracterização da obra (localização, efetivo médio, tipo de obra etc.).
4. **Visualização dos relatórios de segurança** – gerar relatórios dos itens conformes e não conformes, por inspeção, por mês e total da obra.
5. **Lista de potenciais melhorias** – gerar uma lista com os itens considerados não conformes, chamada de “potenciais melhorias”, facilitando a identificação do que precisa ser corrigido.
6. **Notificação por e-mail** – os usuários cadastrados devem receber uma notificação automática do término da inspeção, sinalizando de forma rápida a lista de potenciais melhorias.
7. **Medidas corretivas e preventivas** – manter um registro das ações corretivas e preventivas realizadas e verificar se tais medidas estão sendo eficazes em momentos futuros.

Será feita uma página Web usando as linguagens HTML, CSS e Java Script, onde o usuário poderá entrar com login e senha para acessar os seus projetos. O processamento das imagens será realizado através de um código em Python. O sistema utilizará a infraestrutura do Firebase, uma plataforma do Google para desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis e web.

Etapa 3: Avaliação do sistema

A última etapa consiste na avaliação de desempenho do sistema. Após a implementação, pretende-se avaliar o sistema com base na otimização do processo de inspeção. Serão avaliadas as seguintes variáveis: (1) a simplificação das etapas quando comparado ao sistema tradicional; (2) a facilidade de acesso às informações; (3) a agilidade na identificação e correção das não conformidades; e (4) redução do tempo de inspeção. Esta avaliação será realizada através de entrevistas para se obter a percepção do usuário, observação direta, análise de documentação e indicadores de segurança, a fim de mensurar o impacto do uso do sistema proposto na melhoria da segurança em obras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise do indicador de conformidade e integração do VANT na rotina de inspeção

Esta análise consistiu na verificação do percentual de conformidade dos itens monitorados semanalmente com VANT, por meio da aplicação do protocolo de inspeção (Figura 4).

Figura 4: Indicador de conformidade de segurança global – Estudo de caso A



Fonte: Autoras

Com base nos resultados do Estudo de Caso A, apresentado na Figura 4, é possível visualizar a melhoria das condições de segurança ao longo das visitas. As duas primeiras visitas apresentaram resultados abaixo de 70%, devido às alterações no layout do canteiro. Ao longo do monitoramento, foram identificadas não conformidades no processo de parede de concreto e telhado, que influenciaram no desempenho geral de segurança, como visualizado nos monitoramentos 22-24, 30-31 e 34.

De modo geral, a obra obteve um índice de conformidade acima de 90%, representando um maior comprometimento no cumprimento das exigências normativas. Ao analisar os itens inspecionados como não conforme, um total de 34 itens foram identificados, totalizando 102 ocorrências durante os 35 monitoramentos realizados, ou seja, uma média de 3 não conformidade por visita. Os itens

com maiores ocorrências estão relacionados à ausência do uso do EPI pelos trabalhadores (13%), a ausência do uso de cinto de segurança (9%), vãos internos sem sistema de proteção contra queda (11%) e ausência de isolamento nas áreas de escavação (6%). Tais resultados evidenciam impacto do uso da tecnologia associado ao monitoramento contínuo, com ênfase na proposição de medidas mitigadoras, antecipação às situações de riscos que podem levar a acidentes.

O processo de integração do VANT ao sistema de gestão de segurança envolveu a etapa de adaptação de *checklist*, no qual buscou-se coletar itens verificados no processo de inspeção regular realizado pela obra. A frequência das inspeções com VANT foi estabelecida em conjunto com a equipe da obra, passando a ser realizada semanalmente, com *feedback* imediato logo após o voo e envio de relatórios posteriormente. Tradicionalmente, o *checklist* de segurança é realizado mensalmente pela equipe da obra, entretanto, a inspeção semanal fornece um maior suporte na identificação dos perigos e correção deles.

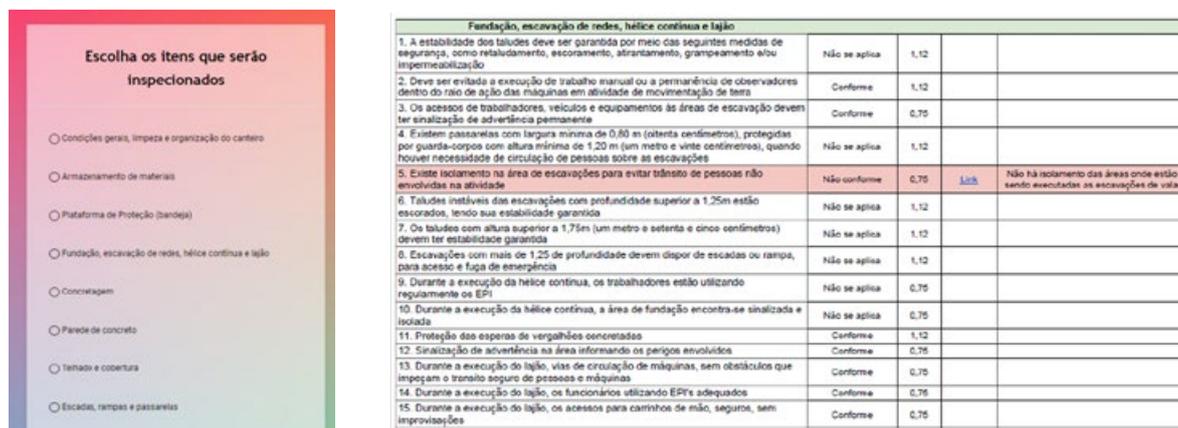
Para o Estudo A, foram realizadas duas reuniões com gestores e engenheiros de produção e segurança, buscando discutir situações inseguras e falhas de planejamento que afetaram o desempenho da segurança. De modo geral, a inspeção com o VANT possibilitou uma maior integração das equipes de segurança e produção, visto a necessidade de propor soluções em conjunto para que as atividades fossem realizadas com as condições de segurança necessárias. Consequentemente, o uso dos ativos coletados possibilitou uma maior transparência com relação ao real status da segurança, passando a ser de conhecimento de todos, inclusive dos gestores que não estavam frequentemente no canteiro.

3.2 Desenvolvimento e implantação I do protótipo do sistema SMART INSPECS - Segurança

O protótipo do sistema foi desenvolvido com o objetivo de identificar as dificuldades na coleta de dados, aprimorando o formato do *checklist*, de forma a facilitar o processamento e apresentação das informações de inspeção. Por isso, foram adotadas plataformas gratuitas e de fácil operação.

Para a criação do *checklist* on-line, utilizou-se a plataforma Jot-Form. Os dados coletados são sincronizados com o banco de dados desenvolvido no Microsoft Excel, disponível na nuvem através do Google Docs. As imagens são hospedadas no site imgbb e os links de cada uma ficam disponíveis no relatório. A Figura 5 apresenta a interface dos sistemas utilizados.

Figura 5: Exemplos da interface do protótipo inicial.



Fonte: Autoras

A implementação I do protótipo (Estudo de Caso B) iniciou-se em novembro de 2018, com visitas semanais à obra para monitoramento da segurança com o uso do protótipo desenvolvido. Até o momento foram realizadas 11 visitas para a inspeção de segurança. Nas primeiras 5 semanas de implementação, foram realizadas melhorias no sistema, tais como: (1) inclusão das “configurações iniciais do *checklist*”, escolhendo apenas os itens referentes às atividades em execução durante a inspeção; (2) os itens não conformes foram sinalizados em vermelho nos relatórios, para facilitar a análise das informações; (3) foi inserida a ferramenta para acessar as imagens das não conformidades de maneira simplificada, através de um link.

As melhorias realizadas permitiram que o preenchimento do *checklist* no momento do voo se tornasse mais dinâmico e direcionado, além de facilitar a confecção do relatório. O Quadro 2 apresenta as etapas necessárias para a inspeção de segurança com o VANT do método manual (Estudo de Caso A) em comparação com o método informatizado (Estudo de Caso B).

Quadro 2 – Análise do tempo médio por etapa das inspeções com o VANT

<i>Etapas</i>	<i>Inspeção com VANT - checklist e relatório manuais (Estudo de caso A)</i>	<i>Tempo méd.</i>	<i>Protótipo do Sistema informatizado - SMART INSPECS SEGURANÇA (Estudo de caso B)</i>	<i>Tempo méd.</i>
1	Coleta de dados com o VANT	20 min	Coleta de dados com VANT e preenchimento do <i>checklist</i>	20 min
2	Análise das imagens, preenchimento do <i>checklist</i> e confecção do relatório de não conformidades e boas práticas	180 min	Análise das imagens e inserção das imagens de não conformidade no relatório	30 min
3	Envio do relatório por e-mail	5 min	Envio do relatório por e-mail	5 min
Tempo médio total:		205 min		55 min

Fonte: Autoras

Observou-se que o tempo necessário para processar os dados e disponibilizar as informações obtidas foi significativamente menor no sistema informatizado, representando uma redução de 73%. O processamento e a análise dos dados passam a ocorrer imediatamente após a inspeção em campo, ainda no canteiro de obras. Além de significar uma simplificação das etapas do processo, isso também permite que a identificação e as discussões para possíveis correções das não conformidades sejam feitas em tempo real. Observa-se que a agilidade no processamento das informações e simplificação do relatório têm possibilitado uma maior interação e colaboração dos gestores e coordenadores nas tratativas das não conformidades, uma vez que recebem por e-mail instantes após o voo o resultado final da inspeção, independentemente de estarem na obra ou não. A Figura 6 apresenta a verificação do percentual de conformidade de segurança dos itens monitorados semanalmente com VANT, por meio da aplicação do protótipo do SMART INSPECS – Segurança.

Figura 6: Indicador de conformidade de segurança global – Estudo de caso B



Fonte: Autoras

No decorrer dos 11 monitoramentos realizados, foram notificadas 42 não conformidades referentes a 15 itens de segurança da obra, correspondendo a aproximadamente 4 notificações por inspeção. Os itens de maior ocorrência de não conformidade foram referentes à sinalização de perigo e circulação da obra (48%), isolamento das áreas de escavação e movimentação de carga (19%) e ausência do uso de EPI por trabalhadores e visitantes (19%).

Analisando os resultados de segurança obtidos no Estudo de caso B, nota-se que, apesar do grande potencial do uso da tecnologia na identificação de situações inseguras e aumento da transparência, a correção das não conformidades está condicionada a equipe de gestão da obra. Isto é, o sistema cumpre a função de fornecer as informações com agilidade e clareza, mas apenas os profissionais envolvidos no projeto podem agir para que de fato ocorram mudanças significativas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a informatização da inspeção, nota-se uma redução no tempo de inspeção, principalmente nas etapas de processamento e análise dos dados, uma vez que ela é realizada de forma direcionada pelo *checklist* digital. Observa-se também um aumento na transparência do processo, uma vez que facilita o acesso às informações via web e fornece imagens e vídeos da situação real do canteiro. Com o uso do sistema, é possível acompanhar o progresso quanto às melhorias de segurança, permitindo comparações entre as inspeções, verificando a eficácia das medidas corretivas propostas.

A continuidade desse projeto consiste na avaliação do protótipo do sistema, o desenvolvimento do sistema final, bem como sua implementação (Implementação II), e avaliação. Dessa maneira, será possível obter diretrizes para a implementação do SMART INSPECS - Segurança em canteiros de obras como uma alternativa para a melhoria dos sistemas de gestão da segurança no ambiente da construção.

5. REFERÊNCIAS

AGNISARMAN, S.; LOPES, S.; MADATHIL, K. C.; PIRATLA, K.; GRAMOPADHYE, A. **A survey of automation-enabled human-in-the-loop systems for infrastructure visual inspection.** Automation in Construction: v. 97, p. 52-76, 2019.

Afinal o que é Indústria 4.0. ENACOM, 2018. Disponível em <https://www.enacom.com.br/blog-post.html?slug=afinal-o-que-e-a-industria-4-0&gclid=Cj0KCQiA3b3gBRDAARIsAL6D-N-rBRSvwyucnU7AWtw6KLUWnwC3nmynujzUucERwQSoA2hN-dQJaSgaAn-iEALw_wcB>

CORREA, F. R. **Cyber-physical systems for construction industry.** In: 2018 IEEE Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS), May, 2018. Proceedings... IEEE Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS), p. 392-397, 2018.

CHI, N.-W.; LIN, K.-Y.; EL-GOHARY, N.; HSIEH, S.-H. **Evaluating the strength of text classification categories for supporting construction field inspection.** Automation in Construction, v. 64, p. 78-88, 2016.

IRIZARRY, J.; GHEISARI, M.; WALKER, B. N. **Usability assessment of drone technology as safety inspection tools.** Electronic Journal of Information Technology in Construction. p. 194-212. 2012.

IRIZARRY, J.; COSTA, D.B. Exploratory Study of Potential Applications of Unmanned Aerial Systems for Construction Management Tasks. Journal of Management in Engineering, 2016.

IRIZARRY, J.; COSTA, D.B.; KIM, S. **Potential applications of Unmanned Aerial systems for construction management tasks.** In: International Conference on Innovative Production and Construction (IPC), July, Perth, 2015. Proceedings... Perth: International Conference on Innovative Production and Construction (IPC), 2015.

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, 2015, Ames. Proceedings... Ames: Iowa State University, 2015.

KIM, Y.S.; OH, S.W.; CHO, K.Y.; SEO, J.W. **A PDA and wireless web-integrated system for quality inspection and defect management of apartment housing projects.** Automation in Construction. v. 17, p. 163-179, 2008.

LIN, K.-Y.; TSAI, M.-H.; GATTI, U.C.; LIN, J.J.-C.; LEE, C.-H.; KANG, S.-C. **A user-centered Information and Communication Technology (ICT) tool to improve safety inspections.** Automation in Construction. v. 48, p. 53-63, 2014

MELO, R. R. S.; COSTA, D. B.; ÁLVARES, J. S.; IRIZARRY, J. **Applicability of unmanned aerial system (UAS) for safety inspection on construction sites.** Safety science, v.98, p.174-185, 2017.

PARK, C.S.; LEE, O, S.; WANG, W **A framework for proactive construction defect management using BIM, augmented reality and ontology-based data collection template.** Automation in Construction, v. 33, p. 61-71, 2013.

Shaping the Future of Construction: Inspiring innovators redefine the industry.

Davos: World Economic Forum, 2017.

SIDDULA, M.; DAI, F.; Ye, Y.; FAN, J. ***Classifying construction site photos for roof detection: A machine-learning method towards automated measurement of safety performance on roof sites.***

Construction Innovation, v.16(3), p.368-389, 2016.

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, H.; CHI, S.; YANG, J.; NEPAL, M.; MOON, S. ***Development of a safety inspection framework on construction sites using mobile computing.*** Journal of Management in Engineering, v. 33(3), 2016.

DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-479.0000495

SMART INSPECS – PROGRESSO VISUAL: MÉTODO PARA MONITORAMENTO DO PROGRESSO DE OBRAS COM USO DE MAPEAMENTO 3D POR VANT E BIM 4D

Aluna: Juliana Sampaio Álvares

Professora orientadora: Dayana Bastos Costa

RESUMO

O monitoramento e controle sistemático do progresso de obras são atividades essenciais para o desenvolvimento da produção conforme planejado. No entanto, as práticas mais usuais para monitoramento do progresso são ainda baseadas em observações individuais, coleta e extração manual de dados, e dependentes de documentação textual. Visando a melhoria de tais aspectos e impulsionado pelo contexto da Indústria 4.0, que busca a digitalização e automatização dos processos pela adoção de tecnologias emergentes, este trabalho tem por objetivo propor, implementar e avaliar um método para monitoramento visual sistemático do progresso de obras, baseado em modelos 4D BIM (*Building Information Modeling*), mapeamentos 3D de canteiro com uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e indicadores de desempenho. Para tal, o método proposto, intitulado “SMART INSPECS – Progresso Visual”, foi implementado durante cinco meses em um estudo de caso, em uma obra de condomínio residencial de prédios localizada em Camaçari/BA. O método proposto e sua implementação foram avaliados com base nos resultados dos dados coletados, entrevistas estruturadas, *feedback* da equipe gerencial da obra e observação participante do pesquisador. Como principais resultados, foi observado que o uso do método proposto contribuiu para a melhoria na identificação de desvios de progresso e das suas causas principais, melhoria da comunicação e integração na análise do progresso e tomada de decisão, além de aumento da transparência e colaboração no processo de controle da produção.

Palavras-chave: Monitoramento visual do progresso de obras; Mapeamento 3D; Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT); Building Information Modeling (BIM).

1. INTRODUÇÃO

As obras de construção são caracterizadas por um elevado grau de dinamismo, complexidade e diversidade de atividades e processos (TUTTAS et al., 2017). Por isso, o desenvolvimento da etapa de produção, conforme previsto em planejamento, só é possível mediante o controle de suas operações e monitoramento do seu progresso. Para o atendimento efetivo das metas planejadas, o monitoramento do progresso de obras deve ser sistemático e continuamente desenvolvido ao longo dos diferentes níveis hierárquicos da estrutura de planejamento e controle da produção (DEL PICO, 2013).

No entanto, entre os principais problemas identificados nas práticas mais usuais para medição do progresso, Teizer (2015) e Yang et al. (2015) destacam que estas medições são, em geral, baseadas em frequentes observações individuais, em coleta e extração manual de dados, e dependem de documentação textual e interpretações subjetivas. Por isso, consomem muito tempo, são propensas a erros e variabilidade na qualidade e interpretação dos dados, e resultam num distanciamento e atraso na troca de informações entre campo e gerência (TEIZER, 2015).

Ao mesmo tempo, o cenário atual da indústria da construção encontra-se em transformação, marcado pela incorporação de tecnologias emergentes e de uma produção mais inteligente, impulsionada pelo contexto da Indústria.4.0. Neste novo cenário, a indústria da construção 4.0 caracteriza-se, principalmente, pela digitalização e automatização de seus processos, acesso a grandes volumes de informações, interoperabilidade, troca e gerenciamento de dados em tempo real (WORD ECONOMIC FORUM, 2016). Dessa forma, na busca pela melhoria do processo de monitoramento e controle do progresso de obras, em um contexto no qual a digitalização e a modernização da gestão em canteiros vêm sendo valorizadas, estudos apontam o uso de tecnologias de dados visuais, tais como imagens e vídeos de alta resolução, reconstrução 3D de ambientes, modelos 3D e simulações 4D (YANG et al., 2015; HAN; GOLPARVAR-FARD, 2017; HAN et al., 2018).

Segundo Tezel e Aziz (2017), o uso dessas tecnologias pode contribuir na redução de atividades que não agregam valor e que demandam tempo e recursos, associadas ao monitoramento de obras. Tais benefícios estão relacionados à otimização de tarefas gerenciais e à possibilidade de uma gestão visual integrada entre o planejamento e o controle da produção, tornando o processo de monitoramento do progresso mais transparente, colaborativo e eficiente (TEZEL; AZIZ, 2017; LIN; GOLPARVAR-FARD, 2017; HAN et al., 2018).

Em vista disso, este estudo tem por principal motivação a busca pela melhoria de sistemas gerenciais tradicionais, a partir da incorporação estruturada, formalizada e efetiva, de um novo fluxo de informações que busca a digitalização do monitoramento do progresso. Tais informações têm como principal contribuição a obtenção de dados de progresso mais transparentes, de mais fácil compreensão e comunicação, obtidos de maneira mais rápida e com maior confiabilidade.

O objetivo principal deste trabalho é, portanto, propor, implementar e avaliar um método para monitoramento visual sistemático do progresso de obras, baseado em modelos BIM 4D, mapeamentos 3D de canteiro com uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e indicadores de desempenho, focado na sua integração ao planejamento e controle da obra. Neste estudo, os modelos BIM 4D são usados para simulação da construção e representação visual do progresso planejado; os mapeamentos 3D do canteiro, em formato de modelo de nuvem de pontos gerado por fotogrametria digital, são usados para representação visual 3D do estado atual da obra; e o VANT é usado para registro de dados visuais do canteiro de uma maneira mais eficiente.

Este estudo faz parte de uma dissertação de mestrado e o escopo do presente artigo se concentra na implementação e avaliação inicial do método proposto a partir de um estudo de caso.

2. USO DE BIM 4D E MAPEAMENTO 3D DE CANTEIROS POR VANTS PARA MONITORAMENTO DO PROGRESSO DE OBRAS

Del Pico (2013) define o monitoramento do progresso da obra como o uso de ferramentas e estratégias que objetivam avaliar o desempenho atual da construção, a partir de sua comparação com o desempenho planejado, identificando desvios e implementando ações corretivas. Dessa maneira, em abordagem que tratam do uso de tecnologias de dados visuais para o monitoramento do progresso, estas são utilizadas em três funções: (a) representação visual do progresso como planejado; (b) registro visual do atual estado da obra; e (c) representação visual do progresso real.

Entre as tecnologias que possibilitam a representação e compreensão visual do planejamento, o *Building Information Modeling* (BIM), na forma de modelos 4D, destaca-se por seu grande potencial. Wang et al. (2014) definem o BIM 4D como a integração dos componentes da edificação representados em 3D, com o componente tempo (quarta dimensão) oriundo do planejamento e cronograma da obra. Para o monitoramento visual do progresso, o BIM 4D funciona como a base de representação do progresso planejado, utilizado como a referência para a comparação visual entre o estado planejado e o estado real do canteiro, sendo possível identificar visualmente desvios de progresso (HAN; CLINE; GOLPARVAR-FARD, 2015).

Quanto às tecnologias utilizadas para registros visuais em canteiros, os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) com câmeras e dispositivos GPS (*Global Positioning System*) embarcados têm se destacado por suas vantagens. Caracterizados como aeronaves remotamente pilotadas que operam sem piloto a bordo e popularmente conhecidos como drones (ÁLVARES; COSTA; MELO, 2018), os VANTs de pequeno porte e operados por sistema de hélices rotativas (pouso e decolagem verticais) possibilitam o registro de imagens do atual estado das obras de forma fácil, rápida, completa, com imagens de diferentes posicionamentos e com maior controle dos parâmetros de captura (TUTTAS et al., 2017; QU et al., 2017).

Associados às ferramentas de registros visuais, estudos também apontam a utilização crescente de mapeamentos 3D de canteiros por fotogrametria digital e obtenção de bons resultados a partir do uso desta ferramenta para o monitoramento visual do progresso (YANG et al., 2015; HAN; GOLPARVAR-FARD, 2017). Os mapeamentos 3D fotogramétricos estão associados à reconstrução digital tridimensional de ambientes reais, por meio da identificação de correspondência entre fotografias digitais do ambiente mapeado (ÁLVARES; COSTA; MELO, 2018). Geralmente utilizados na forma de modelo tridimensional de nuvem de pontos, os mapeamentos 3D são gerados a fim de representar visualmente o canteiro de obras em diferentes momentos, associado às fases e mudanças da construção, a partir de aquisições contínuas de imagens (HAN; GOLPARVAR-FARD, 2017; LIN; GOLPARVAR-FARD, 2017).

Em abordagens de uso conjunto dessas três tecnologias para o monitoramento visual do progresso, as nuvens de pontos geradas a partir de imagens registradas com VANTs são, em geral, utilizadas em sobreposição ao modelo BIM 4D, para comparação visual entre os dois (YANG et al., 2015; HAN; GOLPARVAR-FARD, 2017; LIN; GOLPARVAR-FARD, 2017; HAN et al., 2018). Esta prática tem por objetivo a análise do desempenho da construção pela comparação visual da condição real (mapeamento 3D) com a planejada (BIM 4D), sendo possível a identificação das conformidades e dos desvios de progresso (HAN; GOLPARVAR-FARD, 2017).

No entanto, apesar do desenvolvimento crescente de estudos que tratam do uso de tais tecnologias para monitoramento do progresso, ainda é possível perceber uma lacuna quanto à integração sistematizada desses dados digitais às dinâmicas de gerenciamento das obras (ÁLVARES; COSTA, 2018). Han et al. (2018) e Álvares e Costa (2018) afirmam que, embora haja um crescente reconhecimento de que ferramentas de análise visual podem melhorar a comunicação e avaliação do progresso, pouco ainda é feito com relação à formalização, desenvolvimento, implementação e validação de métodos baseados em tecnologias como BIM 4D e mapeamento 3D com uso de VANTs para otimização do controle de progresso em canteiros.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Para desenvolvimento deste trabalho, foi adotada a estratégia de pesquisa *Design Science Research* (DSR). A DSR foi escolhida por possuir como principal característica o uso do conhecimento na elaboração de novas soluções (artefatos de pesquisa) aplicáveis a problemas práticos do mundo real, com base em um suporte teórico (AKEN; ROMME, 2009). O artefato proposto desta pesquisa é um método para monitoramento visual do progresso de obras com uso de mapeamento 3D por VANT e BIM 4D, denominado de SMART INSPECS – Progresso Visual.

Com base na estratégia de pesquisa adotada e de forma a alcançar os objetivos propostos, a metodologia do trabalho foi estruturada de acordo com as seguintes etapas:

- 1) Conscientização: revisão da literatura, elaboração da estrutura conceitual do trabalho e compreensão do problema de pesquisa.
- 2) Sugestão do método: elaboração da estrutura preliminar do método proposto.
- 3) Desenvolvimento e implementação do método: implementação e teste do método proposto em estudos de caso e refinamento da sua estrutura.
- 4) Avaliação: avaliação do método proposto e dos resultados obtidos a partir de suas implementações nos estudos de caso.
- 5) Conclusão: organização da estrutura final do método proposto e elaboração de diretrizes para sua implementação.

No entanto, o escopo do presente artigo se concentra na apresentação de parte das etapas de implementação e avaliação do método proposto, além de apresentar a estrutura do método.

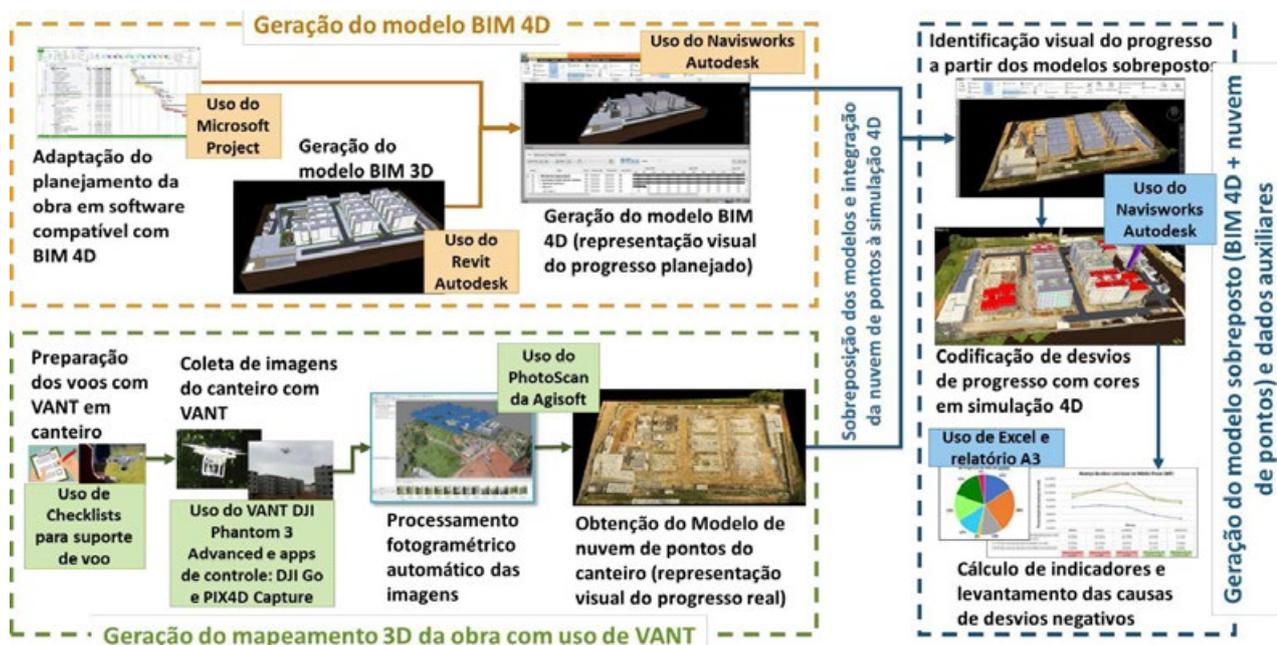
3.1. Implementação do Método SMART INSPECS – Progresso Visual em Estudo de Caso

O estudo de caso ocorreu em uma obra de um conjunto habitacional de interesse social do programa Minha Casa Minha Vida, localizado em Camaçari-BA. O empreendimento corresponde a um condomínio com 20 prédios de 5 pavimentos, e um total de 400 unidades. O terreno possui área de 22.800 m², com 18.949,43 m² de área construída. O prazo de execução da obra era de 18 meses, sendo o principal sistema construtivo o de estrutura e vedações em paredes de concreto.

O período total do estudo de caso foi de aproximadamente nove meses, sendo dividido em três principais etapas. O estudo de caso foi iniciado pela etapa de adaptação e preparação do método ao contexto gerencial da obra, que ocorreu entre janeiro e março de 2018. Em seguida foi realizada a implementação do método, de abril a agosto de 2018, sendo finalizado com a etapa de entrevistas para avaliação do método e processo de implementação, em setembro de 2018.

Ao longo das fases de adaptação e de implementação do método proposto, as tecnologias de dados visuais, *softwares* e ferramentas utilizadas para o monitoramento e controle do progresso foram aplicadas seguindo o fluxo de utilização e integração apresentado na Figura 1.

Figura 1: Fluxo de utilização e integração das tecnologias de dados visuais, softwares e ferramentas utilizadas no método SMART INSPECS – Progresso Visual



Fonte: Autoras

Na etapa inicial do estudo de caso, foi necessário o desenvolvimento do modelo BIM 3D do empreendimento (com uso do Revit), adaptação do planejamento da obra para o Microsoft Project e desenvolvimento do modelo BIM 4D inicial (no Navisworks), pois a obra não possuía BIM, nem tinha o planejamento em formato compatível com o BIM 4D. Além disso, nesta etapa foram também adaptados os protocolos de coleta e compartilhamento de dados e selecionados indicadores de desempenho complementares ao monitoramento visual.

Na etapa de implementação efetiva do método proposto, foram desenvolvidas atividades e gerados produtos ligados a dois tipos de ciclos: mensais e semanais. Os ciclos mensais estiveram ligados ao planejamento e controle de médio prazo, com foco no monitoramento visual e controle do progresso, apoiado pelos modelos sobrepostos (BIM 4D + nuvem de pontos) e indicadores de desempenho. Já os ciclos semanais estiveram ligados ao planejamento e controle de curto prazo, com foco no acompanhamento semanal da produção, com apoio das imagens aéreas e mapeamento 3D. No estudo de caso, foram realizados cinco ciclos mensais e 20 ciclos semanais de implementação do método proposto na obra. A Figura 2 resume as principais atividades desenvolvidas pelo pesquisador no estudo de caso durante os ciclos de implementação.

Figura 2: Atividades desenvolvidas nos ciclos de implementação do método proposto na obra



Fonte: Autoras

3.2. Avaliação do Método SMART INSPECS – Progresso Visual e de sua Implementação

A etapa de avaliação tem por objetivo principal verificar a contribuição do método SMART INSPECS – Progresso Visual para a melhoria do monitoramento do progresso. Para tal, foram definidos constructos e variáveis de pesquisa, avaliados a partir de fontes de evidência, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Critérios de avaliação: Constructos, variáveis e fontes de evidência

Constructos	Variáveis	Fontes de evidência
Atendimento às metas planejadas	<ul style="list-style-type: none"> - Cumprimento do percentual de avanço planejado. - Início das atividades no período previsto. - Conclusão das atividades na duração prevista. - Minimização de desvios de prazo e progresso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Resultado dos indicadores de desempenho. - Modelos visuais sobrepostos (BIM 4D + nuvem de pontos) com códigos de cores. - <i>Feedback</i> da equipe da obra. - Observação participante do pesquisador.
Impactos nos desvios de progresso da obra	<ul style="list-style-type: none"> - Melhoria da análise de desvios de progresso. - Melhoria da identificação de causas de desvios negativos de progresso. - Mitigação de desvios negativos de progresso pelo planejamento e implementação de ações corretivas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Protocolos de entrevistas. - <i>Feedback</i> da equipe da obra. - Observação participante do pesquisador. - Modelos visuais sobrepostos (BIM 4D + nuvem de pontos) com códigos de cores. - Relatórios mensais de progresso.

Fonte: Autoras

As fontes de evidências utilizadas para a avaliação incluíram os resultados dos produtos gerados no estudo de caso (modelos visuais, indicadores, relatórios etc.), observação participante do pesquisador, entrevistas estruturadas e *feedback* da equipe da obra. As entrevistas foram realizadas com a equipe gerencial da obra que esteve envolvida diretamente no processo de implementação do método proposto, conforme Tabela 2. O protocolo para as entrevistas foi composto de questões objetivas para a avaliação do impacto do método sobre algumas das variáveis apresentadas na Tabela 1, utilizando uma escala de impacto de três níveis (baixo, médio e alto), além de questões subjetivas complementares.

Tabela 2: Caracterização da equipe gerencial da obra envolvida no estudo

Função/cargo	Tempo de experiência na construção civil	Nível gerencial da função exercida	Código de identificação nas entrevistas
Coordenador da Obra	18 anos	Alta gerência	CO
Gestor da Obra	10 anos		GO
Analista de Produção	4 anos e 10 meses	Gerência geral	AP
Analista de Planejamento	2 anos e 3 meses		API
Analista de Controle	8 anos		AC
Estagiário de Engenharia	1 anos e 9 meses	Coordenação direta da produção	EE
Auxiliar de Engenharia	6 anos		AE

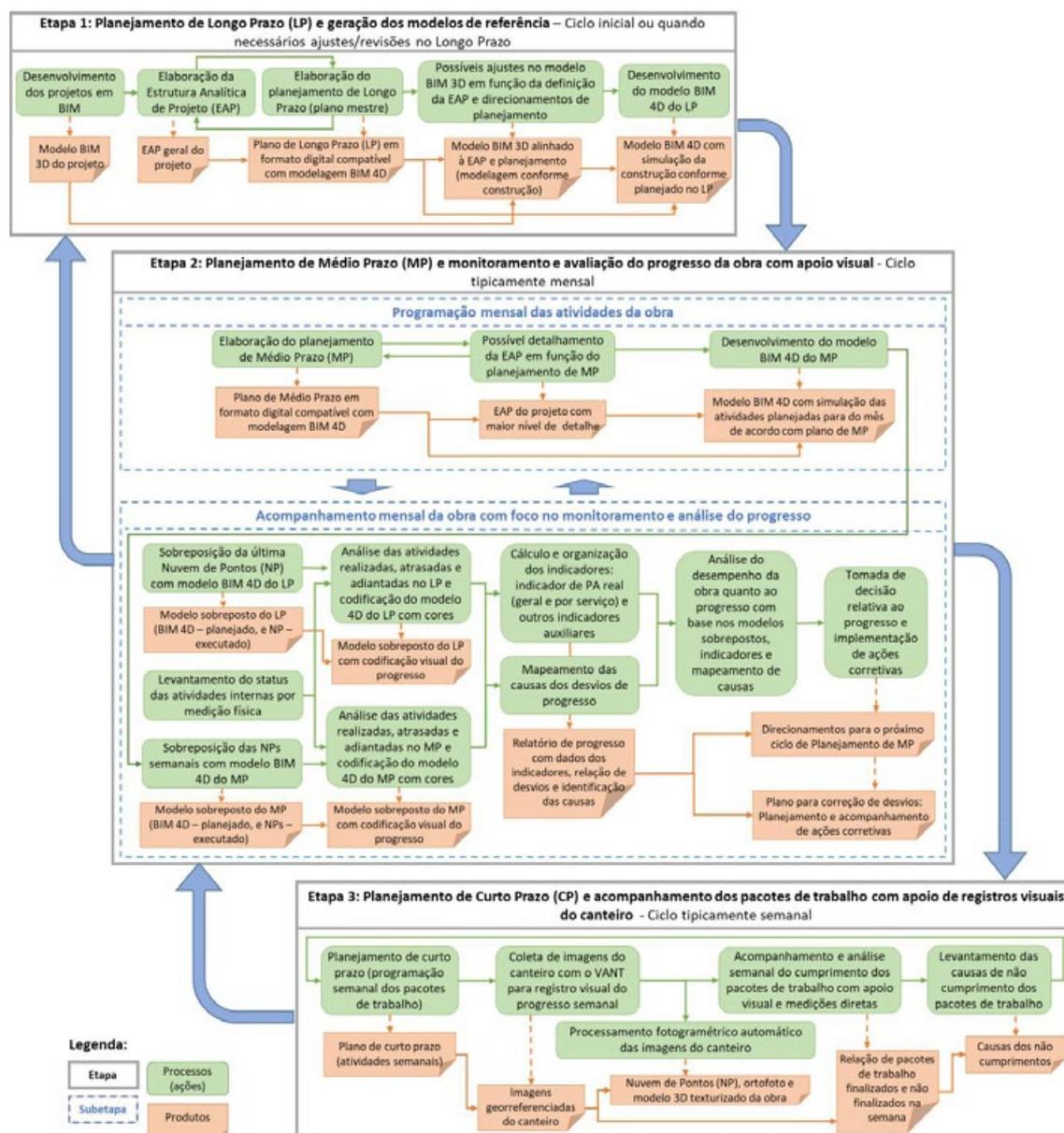
Fonte: Autoras

4. SMART INSPECS – PROGRESSO VISUAL: MÉTODO PARA MONITORAMENTO DO PROGRESSO DE OBRAS COM MAPEAMENTO 3D POR VANT E BIM 4D

O método proposto (SMART INSPECS – Progresso Visual) foi desenvolvido visando a integração estruturada das tecnologias de dados visuais selecionadas aos processos de planejamento e controle de obras. O método inclui uma sistemática com procedimentos gerenciais de preparação, coleta, processamento, análise e tomada de decisão com relação ao avanço da obra e possíveis desvios de progresso, com BIM base em dados visuais (modelos BIM, mapeamento 3D, imagens aéreas, indicadores de cores nos modelos visuais), além de suporte de dados não visuais (indicadores de desempenho, mapeamento de causas de desvios de progresso, relatórios).

A Figura 3 apresenta um esquema da estrutura do método SMART INSPECS – Progresso Visual, com a indicação do fluxo de processos e produtos que o compõem. Seus processos e produtos estão organizados em três grandes etapas, respectivamente associadas ao planejamento e controle de longo, médio e curto prazo.

Figura 3: Fluxo de processo e produtos do método SMART INSPECS – Progresso Visual



A seguir são descritas mais detalhadamente as etapas que compõem o método proposto:

- **Etapa 1:** esta etapa não possui periodicidade definida, ocorrendo nas fases iniciais do projeto e quando necessárias revisões ou ajustes no planejamento de longo prazo. A etapa inclui o desenvolvimento dos projetos em BIM, de maneira compatível com a medição e divisão das tarefas em canteiro (modelagem conforme construção); elaboração da Estrutura Analítica de Projeto (EAP), de maneira integrada ao planejamento, e estrutura adotada para controle do progresso; elaboração do planejamento, de longo prazo; e geração do modelo BIM 4D com base no planejamento de longo prazo da obra.
- **Etapa 2:** esta etapa possui periodicidade tipicamente mensal e está dividida em duas subetapas, uma ligada à programação mensal das atividades e outra ao acompanhamento mensal da produção, com foco no monitoramento e controle do progresso. A primeira subetapa inclui a elaboração do planejamento de médio prazo, ajustes e detalhamentos necessários na EAP em função do plano de médio prazo e desenvolvimento de um novo nível de modelo BIM 4D, baseado agora no cronograma de médio prazo. Na subetapa de acompanhamento, é desenvolvido o monitoramento visual sistemático e controle integrado do progresso da construção com base nos modelos visuais, possuindo dois níveis de análise visual do progresso. Uma análise relativa ao atendimento das metas de médio prazo, pela sobreposição das nuvens de pontos geradas semanalmente do canteiro (na etapa 3) com o modelo BIM 4D do médio prazo, e a outra análise relativa ao cumprimento das metas gerais planejadas no longo prazo, pela sobreposição da última nuvem de pontos gerada no mês com o modelo BIM 4D do longo prazo. Essas sobreposições dos modelos permitem a avaliação visual do progresso das atividades externas às edificações nos dois níveis analisados (médio e longo prazo), e então a codificação dos modelos com cores, para destaque das atividades atrasadas ou adiantadas na simulação 4D. As atividades internas são também codificadas com cores na simulação 4D, porém seu status quanto ao progresso é extraído das medições semanais diretas ocorridas na etapa 3. Na etapa 2 são ainda calculados indicadores de desempenho complementares ao monitoramento visual, levantadas as causas de desvios negativos de progresso (atividades atrasadas), gerado um relatório mensal de progresso com esses dados e tomadas decisões relativas ao controle da produção e à implementação de ações corretivas aos desvios negativos identificados.
- **Etapa 3:** esta etapa possui periodicidade tipicamente semanal. Suas atividades incluem a elaboração do planejamento de curto prazo; coletas de imagens do canteiro com o VANT, para registro visual do progresso semanal de atividades externas; processamento dessas imagens e geração dos produtos do mapeamento 3D (modelo de nuvem de pontos, ortofotos e modelo 3D texturizado); acompanhamento dos pacotes de trabalho semanais com apoio dos dados visuais (imagens aéreas e mapeamento 3D); além da identificação das causas de não cumprimento dos pacotes de trabalho.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Impactos do Método SMART INSPECS – Progresso Visual

Nesta seção são apresentados resultados e discussões relacionados à avaliação do “Atendimento às metas planejadas” e “Impactos nos desvios de progresso da obra”, obtidos a partir da implementação do método SMART INSPECS – Progresso Visual, no estudo de caso.

A Tabela 3 apresenta os resultados de alguns dos indicadores medidos mensalmente, durante o período de implementação do método proposto na obra. Ao analisar estes resultados, é possível perceber uma evolução positiva da obra com relação ao atendimento das metas planejadas mensalmente. Ao longo do período de implementação do método, a obra superou atrasos identificados nos três primeiros meses (DPAs negativos), obtendo percentuais de avanço reais maiores que os planejados nos dois últimos meses, resultando em DPAs positivos.

Tabela 3: Resultado dos indicadores de desempenho ao longo do período de implementação

Mês	% de Avanço Planejado (AP)	% de Avanço Real (AR)	Desvio Percentual do Avanço (DPA)	% do Avanço Real medido Visualmente (ARV)	% de Atividades Iniciadas no Período Previsto (AIPP)	% de Atividades Concluídas na Duração Prevista (ACDP)
Abril	9,59%	8,75%	-8,75%	66,75%	69,57%	30,43%
Maio	10,91%	10,75%	-1,43%	60,18%	77,27%	31,82%
Junho	12,70%	9,97%	-21,50%	59,51%	82,22%	35,56%
Julho	8,04%	8,51%	5,81%	44,09%	91,67%	64,58%
Agosto	7,11%	7,66%	7,72%	33,93%	95,92%	63,27%

Fonte: Autoras

A Figura 4 apresenta o resultado (ao final de cada mês) dos modelos visuais sobrepostos (BIM 4D + nuvem de pontos) referentes ao planejamento de médio prazo, com os desvios de progresso codificados por cores na simulação 4D. Os modelos da Figura 4 também expressam visualmente a evolução positiva da obra no atendimento às metas planejadas e diminuição de desvios negativos de progresso em atividades externas. Ao longo dos meses é possível notar uma diminuição da quantidade de unidades externas atrasadas, destacadas em vermelho nos modelos.

Figura 4: Modelos visuais sobrepostos (BIM 4D + nuvem de pontos) com código de cores para desvios de progresso na simulação 4D



Fonte: Autoras

Nota: Código de cores da simulação 4D: atividades atrasadas aparecem em vermelho; atividades adiantadas aparecem em verde; atividades que estão sendo executadas de acordo com o planejamento aparecem em roxo; e atividades já concluídas são mostradas com a aparência real.

Associado à avaliação do progresso com uso dos modelos visuais, o indicador de ARV (Tabela 3) expressa o percentual do total avançado em cada mês, que foi possível de ser medido visualmente com suporte do mapeamento 3D. A partir dos resultados de tal indicador, é possível perceber que o impacto do mapeamento 3D para a avaliação visual do progresso real diminuiu ao longo dos meses. A medida em que a proporção de atividades executadas internamente aos prédios foi crescendo, tal impacto diminuiu (o indicador foi de 66,75% em abril para 33,93% em agosto). No entanto, a equipe da obra destacou que o uso do mapeamento 3D nos dois últimos meses (ARVs menores que 50%) ainda foi importante para o monitoramento do progresso de atividades relevantes, como pintura de fachada, instalação de telhados, paisagismo e pavimentação.

Quanto aos indicadores de AIPP e ACDP, os valores apresentados na Tabela 3 também indicam melhorias durante a implementação. O aumento do AIPP representa melhorias na compatibilização entre as atividades planejadas no médio prazo e as atividades efetivamente executadas mensalmente. Já o aumento do ACDP representa melhorias na compatibilização entre o volume planejado para as atividades e a capacidade total de produção mensal do canteiro.

Para complementar a análise do impacto do fluxo de informações do método proposto nos desvios de progresso, na etapa de entrevistas, a equipe da obra avaliou qualitativamente tal impacto nas variáveis apresentadas na Tabela 4, segundo uma escala com três níveis de impacto.

Tabela 4: Avaliação dos entrevistados do impacto do método proposto para os desvios de progresso

Constructo relacionado	Aspecto avaliado (variável)	Avaliação por respondente do nível de impacto avaliado		
		Baixo	Médio	Alto
Impacto nos desvios de progresso da obra	1) Análise de desvios de progresso		CO	GO, AP, API, AC, EE, AE
	2) Identificação de causas de desvios negativos de progresso	CO	AC	GO, AP, API, EE, AE
	3) Mitigação de desvios negativos de progresso com ações corretivas		CO, AE	GO, AP, API, AC, EE

Fonte: Autoras

Nota: A legenda para os códigos usados nessa tabela como representação dos entrevistados encontra-se na Tabela 2.

Grande parte dos entrevistados consideraram alto o impacto dos produtos e processos do método nas três variáveis avaliadas (Tabela 4). No entanto, o coordenador geral da obra, por exemplo, avaliou como baixo o impacto na “Identificação de causas de desvios negativos de progresso” e como médio o impacto nas outras duas variáveis. Ele comentou que ainda acredita ser necessário uma maior integração e incorporação dos processos e produtos do método aos procedimentos gerenciais da empresa, para que tais variáveis sejam efetivamente impactadas.

Segundo relatos da equipe da obra e percepção do pesquisador, acredita-se que os resultados apresentados, em sua maioria positivos, estiveram relacionados à nova percepção da equipe da obra quanto ao progresso planejado e real, e maior engajamento deles no controle da produção. Foi destacado pela maioria dos entrevistados que o conjunto de produtos e informações visuais (modelos sobrepostos, indicadores de cores nos modelos, imagens aéreas) e não visuais (indicadores de desempenho, causas de desvios e relatórios) contribuiu para melhoria do acompanhamento da produção com base nas metas planejadas e identificação de desvios de progresso de forma mais clara e transparente. Já os processos do método, segundo eles, contribuíram para melhor análise, discussão e tomada de decisão quanto às causas de tais desvios e aplicação de ações corretivas, de uma maneira mais colaborativa, sistematizada e contínua.

5.2. Benefícios e Limitações do Método SMART INSPECS – Progresso Visual

De maneira complementar aos dados apresentados na seção anterior, a Tabela 5 apresenta um resumo dos principais benefícios e limitações do método proposto. Os itens apresentados na Tabela 5 foram reunidos a partir do *feedback* da equipe da obra, que participou diretamente da implementação do método proposto, e respostas das questões objetivas na etapa de entrevistas.

Tabela 5: Principais benefícios e limitações do Método SMART INSPECS – Progresso Visual

<i>Principais benefícios identificados</i>	<i>Principais limitações identificadas</i>
<ul style="list-style-type: none"> Melhor visualização e análise do progresso da obra com base nos modelos visuais sobrepostos com código de cores. Melhoria do acompanhamento e avaliação da produção e identificação de falhas de planejamento. Melhoria do atendimento às metas planejadas. Obtenção de importantes informações associadas ao controle da produção através dos indicadores medidos. Melhor identificação de desvios negativos de progresso e estímulo à busca por soluções. Melhoria do planejamento e controle de curto prazo, a partir das informações geradas e dados visuais das imagens aéreas. Visualização mais completa e precisa do canteiro e progresso real da obra com uso das fotografias aéreas e mapeamento 3D. 	<ul style="list-style-type: none"> Integração ainda insuficiente do método aos procedimentos gerenciais da empresa, dificultando o aproveitamento completo de seus benefícios. Curto período de implementação do método na obra, dificultando melhor aproveitamento e uso dos modelos visuais. Pouca familiaridade da equipe da empresa com o BIM, dificultando um melhor aproveitamento e uso dos modelos visuais. Detalhamento excessivo e pouca objetividade de informações na planilha de curto prazo e relatório mensal de progresso. Monitoramento visual do progresso real apenas de atividades externas, sendo necessária medição direta de atividades internas.

6. CONCLUSÃO

Este artigo apresenta a implementação e avaliação de um método proposto para monitoramento visual sistemático do progresso de obras, utilizando BIM 4D, mapeamento 3D por VANT e indicadores de desempenho integrados aos processos de planejamento e controle da produção. Esta implementação foi realizada em um estudo de caso, numa obra de um condomínio residencial em Camaçari/BA. Como principal contribuição, o presente trabalho apresenta um melhor entendimento do impacto e valor agregado do fluxo de informações do método proposto com relação à melhoria do atendimento às metas planejadas e ao impacto nos desvios de progresso.

Os resultados obtidos mostram que a adoção das tecnologias de dados visuais e indicadores de desempenho propostos trouxeram um fluxo de informações gerenciais mais transparente, colaborativo e eficiente. Foi identificado que estas novas informações contribuíram para a melhoria do monitoramento da produção, identificação de falhas no planejamento e de desvios de progresso na obra estudada. Isto permitiu um melhor atendimento às metas planejadas e melhor desempenho da produção ao longo dos meses de implementação do método proposto. Além disso, a equipe da obra destacou o impacto positivo do método na visualização do status do progresso da obra e no processo de tomada de decisão, quanto a mudanças de estratégia no planejamento e aplicação de ações corretivas aos desvios negativos de progresso.

No entanto, oportunidades de melhorias foram também observadas a partir de limitações identificadas, tais quais a necessidade de melhor integração dos processos e produtos do método proposto aos procedimentos gerenciais da empresa, maior familiaridade e autonomia da equipe da obra com o uso das tecnologias propostas, maior digitalização e automatização na medição do progresso de atividades internas às edificações e revisão do formato e nível de informações apresentadas em alguns protocolos e relatórios propostos. Parte dessas limitações estão ligadas às características das tecnologias escolhidas, ou ferramentas elaboradas para o método proposto. Porém, outra parte significativa é decorrente da situação atual de grande parte das empresas brasileiras de construção civil, que se encontram ainda em processo de modernização e adaptação de suas equipes e estrutura de trabalho a este novo contexto da Indústria 4.0, predominantemente marcado pela digitalização e automatização dos processos com adoção de tecnologias emergentes.

7. REFERÊNCIAS

ÁLVARES, J. S.; COSTA, D. B.; MELO, R. R. S. **Exploratory study of using unmanned aerial system imagery for construction site 3D mapping.** Construction Innovation, v. 18, n. 3, p. 301-320, 2018.

ÁLVARES, J. S.; COSTA, D. B. **Literature review on visual construction progress monitoring using Unmanned Aerial Vehicles.** In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), 26., 2018, Chennai. Proceedings... Chennai: IGLC, 2018. p. 669-680.

DEL PICO, W. J. **Project Control: Integrating Cost and Schedule in Construction.** Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2013.

HAN, K. K.; CLINE, D.; GOLPARVAR-FARD, M. **Formalized knowledge of construction sequencing for visual monitoring of work-in-progress via incomplete point clouds and low-LoD 4D BIMs.** Advanced Engineering Informatics, v. 29, p. 889-901, 2015.

HAN, K. K.; GOLPARVAR-FARD, M. **Potential of big visual data and building information modeling for construction performance analytics: An exploratory study.** Automation in Construction, v. 73, p. 184-198, 2017.

HAN, K.; DEGOL, J.; GOLPARVAR-FARD, M. **Geometry- and Appearance-Based Reasoning of Construction Progress Monitoring.** Construction Engineering and Management, v. 144, 2018.

LIN, J. J.; GOLPARVAR-FARD, M. **Proactive Construction Project Controls via Predictive Visual Data Analytics.** In: ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering, 2017, Seattle. Proceedings... Seattle: ASCE, 2017. p. 147-154.

QU, T.; ZANG, W.; PENG, Z.; LIU, J.; LI, W.; ZHU, Y.; ZHANG, B.; WANG, Y. **Construction site monitoring using UAV oblique photogrammetry and BIM technologies.** In: International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), 22., 2017, Hong Kong. Proceedings... Hong Kong: CAADRIA, 2017. p. 655-662.

TEIZER, J. **Status quo and open challenges in vision-based sensing and tracking of temporary resources on infrastructure construction sites.** Advanced Engineering Informatics, v. 29, 2015.

TEZEL, A.; AZIZ, Z. **From Conventional to IT Based Visual Management: A Conceptual Discussion for Lean Construction.** Journal of Information Technology in Construction (ITcon), v. 22, p. 220-246, 2017.

TUTTAS, S.; BRAUN, A.; BORRMANN, A.; STILLA, U. **Acquisition and Consecutive Registration of Photogrammetric Point Clouds for Construction Progress Monitoring Using a 4D BIM.** Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation, v. 85, p. 3-15, 2017.

WANG, W.-C.; WENG, S.-W.; WANG, S.-H.; CHEN, C.-Y. *Integrating building information models with construction process simulations for project scheduling support*. Automation in Construction, v.37, p. 68-80, 2014.

WORD ECONOMIC FORUM. *Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology*. Industry agenda. Genova, 2016. 61 p.

YANG, J.; PARK, M.-W.; VELA, P. A.; GOLPARVAR-FARD, M. *Construction performance monitoring via still images, time-lapse photos, and video streams: Now, tomorrow, and the future*. Advanced Engineering Informatics, v. 29, p. 211-224, 2015.

OLODUM ROBOT WALL: PROTÓTIPO DE UMA ARQUITETURA FABRICADA POR ROBÔS

Aluno: Victor Santos Staffa Tironi

Professor orientador: Lucas Figueiredo Baisch

RESUMO

Esta pesquisa investiga as novas tecnologias de produção e comunicação aplicadas à arquitetura sob o contexto da quarta revolução, intensificam e determinam as transformações na condição de vida e forma de interação entre as pessoas. Por outro lado, as relações cada vez mais próximas entre Arquitetura, Construção, Mecatrônica e Tecnologia da Informação permitem inovar desde a concepção até execução de projetos de arquitetura aliados à robótica no cenário da construção civil baiana. Fundamentada na teoria de Schwab, autor do livro A Quarta Revolução Industrial, e na referência projetual pioneira do escritório de Gramazio e Kohler, a metodologia é desenvolvida em três etapas: modelagem, materialização e execução. Desse modo, este trabalho propõe a criação de uma composição parametrizadas e executadas com braços robóticos, resultando em um ensaio: a elaboração de um modelo reduzido de painel de vedação - OLODUM ROBOT WALL - para homenagear o bloco Afro Olodum. Por fim, como desdobramento, apresenta um mínimo produto viável para fabricação de paredes por robô: este é um serviço disruptivo na construção civil alinhado a 4ª Revolução Industrial que criticamente demonstra as vantagens que esta tecnologia pode oferecer à Bahia, fortalecendo a manifestação do conceito contemporâneo de personalização em série.

Palavras-chave: Arquitetura; Robótica; Arquitetura Robótica; Inovação; Qualidade na Construção.

1. INTRODUÇÃO

Vivemos a Quarta Revolução Industrial, também conhecida como a Indústria 4.0. Essa nova pode ser entendida como um conjunto de tecnologias disruptivas como robótica, inteligência artificial, realidade aumentada, big data, nanotecnologia, impressão 3D e internet das coisas. Essas tecnologias afetam as cidades e as edificações. Podemos pensar em novos materiais, qualidade e execução de projetos, maneiras de criar, executar e se relacionar com os espaços.

Para este projeto, escolhemos uma delas: a robótica.

Os robôs participam de diferentes processos da produção arquitetônica contemporânea, principalmente no projeto e na execução. Essas máquinas permitem um design cada vez mais fluido e a materialidade alinhada com os conceitos contemporâneos.

Eventos corroboram para este alinhamento. Um deles é a 4ª Conferência de Controle, Robótica e Cibernética, que se realizará em Tokyo, Japão, ainda neste ano. As áreas de submissão de artigos são: Modern Advanced Control Strategies, Data Analysis, Prediction & Model Identification, Decision Making and Information Retrieval, Control System Application, Database System e Human-Machine Systems (ICCRC, 2019).

Outro evento, específico para arquitetura robótica é o ROB|ARCH Conference, que é um esforço colaborativo entre as universidades, os parceiros do setor da construção civil e a Association for Robots in Architecture. A adoção da manufatura digital nas indústrias criativas, entre elas a da Arquitetura e Engenharia, continua a acelerar o potencial de inovação e expressão criativa usando robótica. “(ROB|ARCH, 2019) A última edição do ROB|ARCH, realizada em 2018 e organizada pela NCCR Digital Fabrication e ETH Zurich, buscou desenvolver novos *insights*, aplicações e impactos dessa transformação nos domínios científico, criativo e empreendedor.” (ARCHDAILY, 2018).

Por outro lado, outros tantos preferem “o futuro indefinido, o desconhecido, não familiar e as proposições tecno-culturais desconfortáveis” (DAAS & WIT, 2018) e colocam a mão na massa. No livro *Even When They Do Nothing, Robots Are Evocative: Towards A Robotic Architecture*, os autores buscam classificar a produção de arquitetura robótica quanto ao papel das máquinas na arquitetura, conforme Tabela 1 (tradução nossa).

Tabela 1 - O PAPEL DAS MÁQUINAS NA ARQUITETURA

A. ROBÔS PARA O PROJETO	B. ROBÔS PARA A FABRICAÇÃO	C. ROBÔS PARA A CONSTRUÇÃO	D. ROBÔS PARA A OPERAÇÃO
Robôs utilizados no processo de projeto, para informar, observar e prototipar.	Robôs utilizados para dar precisão ou customização em massa pré-moldados.	Robôs empregados no processo de construção, trabalhando junto com humanos.	Robôs autônomos, teleoperados, ou semi-autônomos, integrados à edificação nas áreas de vigilância, manutenção mitigação de perigo etc.

Fonte: Daas & Wit, (pg. 22, 2018)

A pesquisa aqui apresentada visa a relacionar os campos do conhecimento da arquitetura e da robótica a partir dos itens A, B e C, conforme pode ser visto no item Método de Pesquisa deste texto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O desenvolvimento deste trabalho evoca o conceito de arquitetura fabricada por robótica na perspectiva da construção civil na era da Indústria 4.0. “Estamos a bordo de uma revolução tecnológica que transformará fundamentalmente a forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos. Em sua escala, alcance e complexidade, a transformação será diferente de qualquer coisa que o ser humano tenha experimentado antes”, diz Klaus Schwab, autor do livro *A Quarta Revolução Industrial*, no ano de 2016.

“A quarta revolução industrial não é definida por um conjunto de tecnologias emergentes em si mesmas, mas a transição em direção a novos sistemas que foram construídos sobre a infraestrutura da revolução digital (anterior)”, diz Schwab (2016), diretor executivo do Fórum Econômico Mundial e um dos principais entusiastas da “revolução”.

Essa nova fase será impulsionada por um conjunto de tecnologias disruptivas, como robótica, inteligência artificial, realidade aumentada, big data (análise de volumes massivos de dados), nanotecnologia, impressão 3D, biologia sintética e a chamada internet das coisas, onde cada vez mais dispositivos, equipamentos e objetos serão conectados uns aos outros por meio da internet.

Uma das referências que busca a relação entre as áreas do conhecimento da robótica e da construção civil é a paradigmática fachada da Vinícola Gantenbein (Figura 1), na Suíça, do escritório suíço Gramazio & Kohler. Nela, segundo os arquitetos, “o método de produção robótica que desenvolvemos na ETHZ¹ nos permitiu colocar cada um dos 20.000 tijolos precisamente de acordo com parâmetros programados - no ângulo desejado e nos intervalos prescritos com exatidão” Gramazio e Kohler (2006).

Figura 1: Textura da Fachada



Fonte: HOLANDA, Marina de. Vinícola Gantenbein: Gramazio & Kohler + Bearth & Deplazes Architekten. 2012. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-70092/vinicola-gantenbein-gramazio-e-kohler-mais-bearth-e-deplazes-architekten>>. Acesso em: 01 fev. 2019.

Desta forma, a parede do projeto e da construção possuem permeabilidade à luz e ao ar, criando um padrão que cobre todas as fachadas dos edifícios. De acordo com o ângulo em que são colocados, os tijolos individuais refletem a luz de maneira diferente e, assim, assumem diferentes graus de luminosidade. Da mesma forma que os pixels na tela do computador, eles se somam a uma imagem distinta e, assim, comunicam a identidade da vinha. Ao contrário de uma tela bidimensional, há um jogo entre plasticidade, profundidade e cor, dependente dessa forma.

O projeto foi realizado para abrigar uma grande sala de fermentação para o processamento das uvas, uma adega e um terraço para degustações de vinho e recepções. De acordo com o ângulo em que é definido, cada tijolo reflete a luz diferentemente e, assim, nos dão distintos graus de luminosidade (HOLANDA, 2012). Assim, a alvenaria da fachada da vinícola foi concebida com a textura de um cacho de uva e numa aproximação do observador a suavidade da textura das paredes dissolve-se na materialidade do tijolo.

¹Eidgenössische Technische Hochschule Zürich - Instituto Federal de Tecnologia de Zurique

3. MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa está dividida em três etapas:

- **ETAPA 1 - MODELAGEM:** Criação do modelo no software Rhinoceros® com o auxílio do plug-in Grasshopper®.
- **ETAPA 2 - MATERIALIZAÇÃO:** Criação dos elementos que irão compor o protótipo na impressora 3D.
- **ETAPA 3 - EXECUÇÃO:** Construção física do modelo reduzido através de braço robótico.

4. RESULTADOS

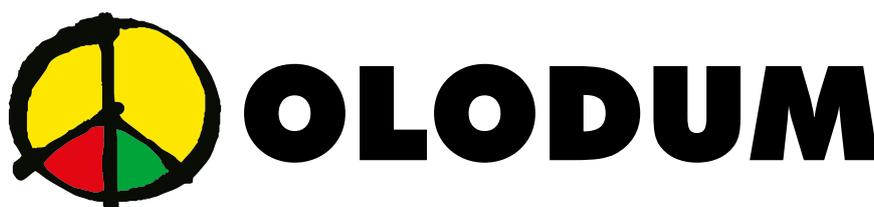
Desse modo, o resultado desta pesquisa é a criação de uma composição parametrizada e executada com braços robóticos, resultando em um ensaio: a elaboração de um modelo reduzido de painel de vedação para homenagear o bloco Afro Olodum.

De que maneira podemos alinhar a ancestralidade tão presente na cultura da Bahia com a Indústria 4.0? Como equalizar o significado sociocultural e uma tecnologia de ponta? As respostas para essas perguntas são o objetivo desta pesquisa, ou seja, a criação de um modelo em escada reduzida do OLODUM ROBOT WALL, um protótipo de painel com a estampa do Olodum construída através de um braço robótico.

O Olodum é um carnaval afro-bloco localizado no Centro Histórico Pelourinho, cidade de Salvador, Bahia. O termo “Olodum” é o diminutivo de Olodumaré, que, em ioruba, significa “Deus dos Deuses” (Warrior, 2010, 43), que se tornou porta-voz. Afro-brasileiros defendem e se esforçam para garantir os direitos civis e humanos de pessoas marginalizadas na Bahia e no Brasil. Através do intercâmbio constante entre Salvador e os países africanos, o bloco afro se consolidou como âncora da cultura baiana. Além disso, através da percussão, o Led abordou grandes artistas pop, como Michael Jackson, que gravou o vídeo “Eles Não Se Importam Sobre Nós” no Pelourinho, em 1996, que elevou o Olodum a um dos maiores representantes da cultura brasileira no mundo.

A Marca do Olodum (Fig. 2) foi criada pelo o publicitário João Silva, da agência Maria Comunicação. Foi um redesenho do símbolo de paz e amor, colocando-o nas cores do movimento pan-africano, que são o amarelo, o verde, o vermelho e o preto.

Figura 2 – Símbolo do Grupo Afro Olodum

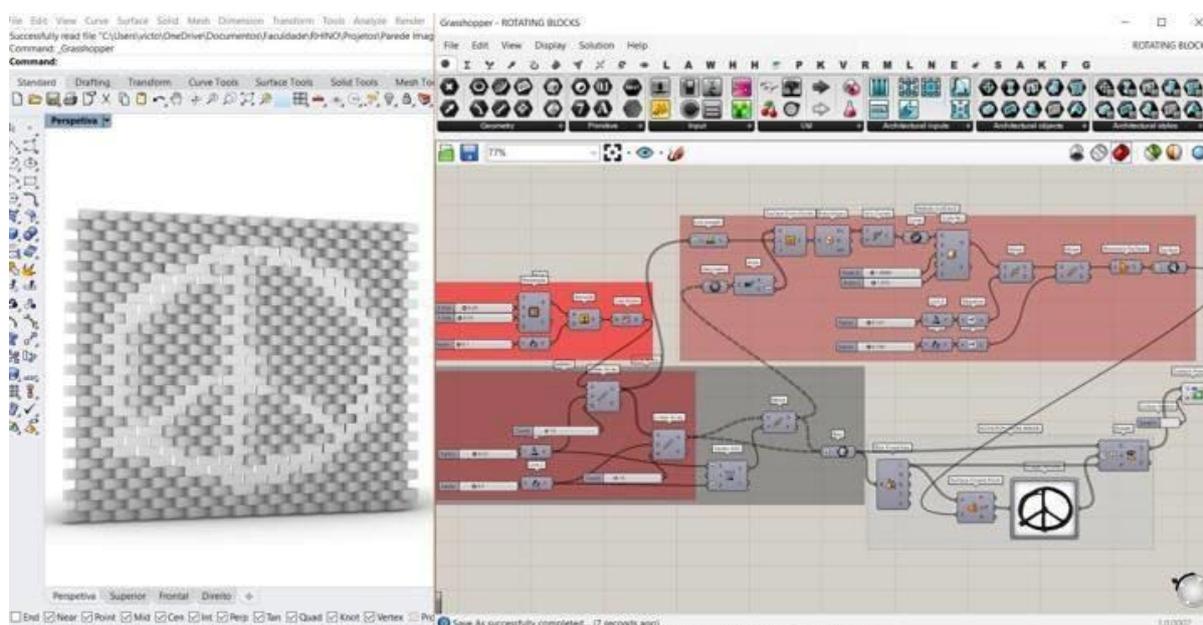


Fonte: Website Oficial do Olodum. Disponível em <<http://olodum.com.br/wp-content/uploads/2017/01/marca-olodum-topo.png>>. Acesso em 09 fev. 2019.

O primeiro passo (modelagem) é eficiente e dá o impacto visual e o significado sociocultural pesquisado. Como qualquer *software* paramétrico, o Grasshopper® (Fig. 4) transforma a marca do Olodum em blocos rapidamente.

Cada tijolo foi criado usando um retângulo com extrusão (20 x 10 x 10 mm). Em seguida, foi feita uma linha de 15 caixas com distância de 2 mm cada, usando o comando linear array no vetor x (22 mm); e então, no vetor z (20 mm), 15 linhas foram criadas por matriz linear. Ao mover as caixas resultantes no vetor x (11 mm) e no vetor z (10 mm), a parede foi criada com 480 peças no total. Usando o centro da parede e a superfície para escalar e posicionar a imagem como referência para o comando de pontos mais próximos da superfície, foi possível girar parametricamente as caixas (30 graus) de acordo com o conjunto de imagens.

Figura 4 - Código paramétrico (direita) e a parede a ser executada

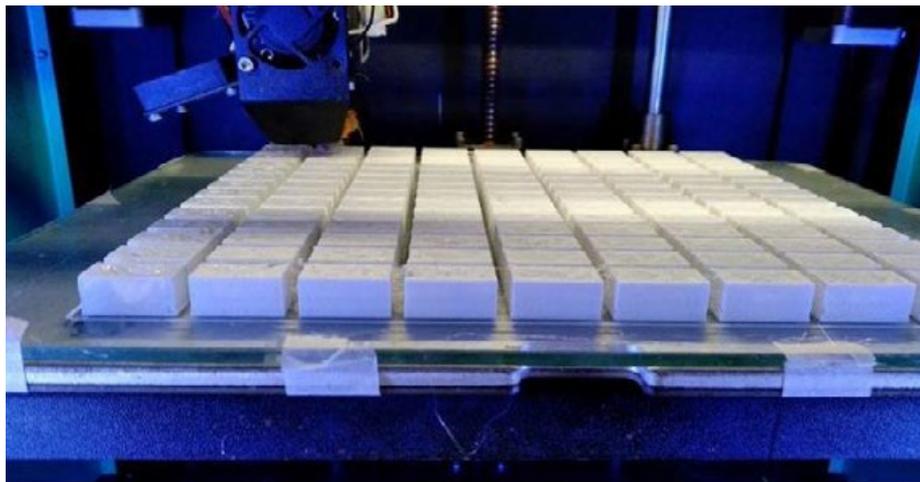


Fonte: O Autor (2019)

Na segunda etapa, (Materialização), os blocos foram impressos ao vivo e com menos massa para se sustentarem. A propósito, quando as camadas de madeira e os blocos de PLA são alternadas, a parede se autossustenta melhor. Outro problema é que uma técnica de camada 3D imprime rugosidade nas faces do bloco.

A partir do modelo da parede criada, segue-se para a próxima etapa de materialização, através da impressão 3D. Do total de 480 blocos necessários, foram impressas 350 peças em formato de 20 x 10 x 10 cm na impressora CLIEVER CL2 PRO®, com impressão de técnica de camada e filamento PLA Branco. Outros 130 blocos são feitos de madeira com as mesmas dimensões de blocos impressos em 3D (Fig. 5).

Figura 5 - Fabricação de tijolos em impressão 3D



Fonte: O Autor (2019)

A última etapa, (Execução) foi uma fase mais demorada. Primeiro, os dados em cada ponto foram introduzidos manualmente, o que resultou em quase 2.000 linhas de comando. Em segundo lugar, foram muitos testes para ver o comportamento das diferentes matérias. Além disso, pequenos ajustes no nível da mesa colaboraram para desestabilizar a peça. No entanto, apenas nove blocos foram construídos pela FANUC®, ou seja, um pouco menos de um terço da parede do Olodum, como se vê na imagem.

Figura 6 - Execução do Modelo Através de Braço Robótico



Fonte: O Autor (2019)

Para a construção do protótipo, foi utilizado o FANUC®, este está posicionado sobre uma mesa de 150 x 90 x 74 cm. (Fig. 6). O FANUC LR Mate 200iC® é um braço mecânico com seis graus de liberdade, fornecido por seis juntas mecânicas acionadas por servos motores. A programação do movimento FANUC® é baseada em linhas de código, estas podem conter funções ou apenas pontos marcados que o robô segue. Pode ser implementado um programa feito no FANUC Motion PRO®, seu próprio software, para o seu desempenho. O movimento é automático, quando já existe um programa

previamente escrito ou manual. Para o movimento manual, é necessário manter o botão do homem morto no primeiro clique e na tecla shift. Um compressor gera pressão para o aperto abrir ou fechar. Essa pressão é controlada por meio de duas válvulas, uma válvula globo, que permite a passagem do ar quando está aberta, e uma válvula de retenção, que controla a quantidade de ar que passa.

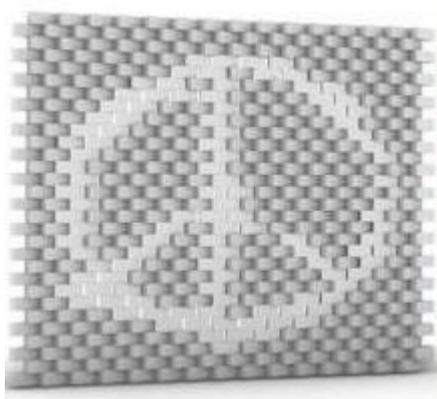
Figura 6 – Execução teste do modelo através de braço robótico



Fonte: O Autor (2019)

Para a montagem do protótipo: a primeira coordenada do programa foi estabelecida como ponto de partida da montagem, isto é: X: Y: Z: W: P: R :. Para auxiliar nas coordenadas dos blocos, foi utilizado um plano Excel®, seguindo os dados gerados pelo software Grasshopper®, como a distância entre blocos. Com esses dados, apenas a marcação dos pontos foi feita onde os blocos serão deixados para a parede crescer. A alimentação dos blocos foi feita por uma rotina auxiliar, que é ativada na rotina principal, para que o robô tome blocos no ponto marcado para o suprimento.

Figura 7 –Modelo final da Olodum Robot Wall (Software Rhinoceros)



Fonte: O Autor (2019)

A rotina principal é inicializada com uma função para abrir a alça, por segurança, então a rotina de alimentação é ativada, onde o robô busca os blocos e inicia a montagem seguindo os pontos já marcados nas linhas de código. O robô foi posicionado em um ponto angulado para a área de montagem, para que seu movimento não derrube os blocos já definidos; por isso mesmo existem diferentes velocidades associadas aos pontos.

5. DISCUSSÃO

As teorias da arquitetura contemporânea versam sobre a liquidez e suas relações com sistemas automatizados. Esta pesquisa começa a explorar essas relações e como pode ser usada para criar e reforçar o significado sociocultural.

Alguns problemas foram encontrados: a instabilidade da peça modela na impressão 3D em PLA pela massa (peso) do material, que pode ser resolvida de forma material, buscando outros filamentos de impressão 3D: madeiras, pedras, argamassa, gesso, silício ou blocos cerâmicos; e a irregularidade da peça, que pode ser testada em outros formatos além da geometria de paralelepípedo, e aqui estão as possibilidades mais produtivas para a pesquisa.

Finalmente, a execução pode ser feita usando equações ou até mesmo o FANUC Motion PRO®, uma família de pacotes de *software* focada em processos, que permite aos usuários criar, programar e simular uma célula de trabalho robótica em 3D. Dessa forma, essa pesquisa busca aprimorar a metodologia para tornar o processo mais rápido e eficaz.

6. CONCLUSÃO

A robótica revolucionará a arquitetura e o design, e isso vem do grande aumento nas últimas décadas do avanço tecnológico ocorrido nos ramos, passando de uma simples folha de papel e lápis para sofisticados *softwares* que facilitam e agilizam os trabalhos gráficos, além de trazer realidade e vida ao projeto sem executá-lo (construir) com as formas tridimensionais (3D), facilitando para a chegada de novas tecnologias e integração com a robótica, trazendo sistemas construtivos, mais inteligentes e adaptáveis.

E os robôs subsumirão os humanos? A indústria da construção civil no Brasil é uma das que mais gera empregos, desta forma, há um papel social importante nesta questão. Espera-se que a robótica apoie o homem em operações de trabalho manual intensivo e em tarefas com operações repetitivas. Assim, no futuro, as empresas terão que promover oportunidades internamente para seus funcionários, através de aperfeiçoamentos para execução de obra com equipamentos mais inovados tecnologicamente, além de efetuar estágios para profissionais na área adquirirem experiência profissional.

Por fim, o aproveitamento das potencialidades e virtualidades dos progressos da robótica conduz a alterações no processo construtivo, desde a fase de concepção e projeto até as tecnologias de execução nos canteiros das obras, trazendo as vantagens de rapidez, controle e precisão, além da diminuição de custo, de desperdício e customização, manifestando a personalização em série.

7. DESDOBRAMENTO: MÍNIMO PRODUTO VIÁVEL (MVP)

O desdobramento desta pesquisa será a execução da OLODUM ROBOT WALL na escala 1:1 e a criação de uma *startup* para dar início a uma nova maneira de construir na Bahia. Para isso, indica-se o seguinte MVP de paredes fabricadas por robôs.

Voltado para construtores e empreendedores do mercado imobiliário, as paredes fabricadas por robôs é um serviço disruptivo na construção civil arquitetura robótica alinhado a 4ª. Revolução Industrial, que visa a aumentar a eficiência, segurança, qualidade e precisão na execução de painéis de vedações em obra, além de reduzir desperdício, custo e tempo na cadeia construtiva da Bahia, aliado ao design contemporâneo, diferentemente do sistema construtivo convencional, que utiliza a mão de obra humana para esforços físicos e serviços repetitivos.

8. REFERÊNCIAS

BAUMAN, Zygmunt. **Modernidade Líquida**. Rio de Janeiro RJ: Zahar, 2001.

DASS, Mahesh; WIT, Andrew John. **Even When They Do Nothing, Robots Are Evocative: Towards A Robotic Architecture**. Novato, Ca, Eua: Editors, 2018.

FANUC. FANUC Robot LR Mate 200iC: / **FANUC Robot ARC Mate 50iC Mechanical unit operator's manual. 2010**. Disponível em: <http://www.msamc.org/aimss/documentation/pdf/manuals/lr_mate_manuals/LR%20Mate%20200iC%20Operators%20Manual.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2019.

GRAMAZIO, Fabio; KOHLER, M.. **Gantenbein Vineyard Facade**. Disponível em: <http://www.gramaziokohler.com/index.php?lang=e&this_page=bauten&this_page_old=&this_type=&this_year=&this_id=52>. Acesso em: 29 jan. 2019.

GUEREIRO, G.. **A Trama dos tambores: a música afro-pop de Salvador**. São Paulo Sp: Editora 34, 2000.

HOLANDA, Marina de. **Vinícola Gantenbein: Gramazio & Kohler + Bearth & Deplazes Architekten**. 2012. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-70092/vinicola-gantenbein-gramazio-e-kohler-mais-bearth-e-deplazes-architekten>>. Acesso em: 01 fev. 2019.

ROB|ARCH 2018: **Robotic Fabrication in Architecture, Art, and Design. Robotic Fabrication in Architecture, Art, and Design. 2018**. Disponível em: <<https://www.archdaily.com/898145/rob-arch-2018-robotic-fabrication-in-architecture-art-and-design>>. Acesso em: 29 jan. 2019.

ROB|ARCH. **Robotic Fabrication in Architecture, Art, and Design. 2018**. Disponível em: <[at:http://www.robarch2018.org/](http://www.robarch2018.org/)>. Acesso em: 26 jan. 2019.

SCHAEBER, P.. **Música negra nos tempos da globalização: produção musical e management da identidade étnica - o caso Olodum**. São Paulo Sp: Dynamis Editorial, 1998.

SCHUMACHER, Patrick. **Parametricism as Style: Parametricist Manifesto**. Disponível em: <<https://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20as%20Style.htm>>. Acesso em: 28 jan. 2019.

SCHWAB, K. **A Quarta Revolucao Industrial**. São Paulo. Edipro,2016.

THEY Don't Care About Us (Brazil Version) (Official Video). Intérpretes: Michael Jackson e Olodum. Música: Michael Jackson. Salvador, 1996. (5 min.), son., color. Legendado. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=QNJL6nfu__Q>. Acesso em: 27 jan.2019.

APOEMA: CIDADE FLUTUANTE – SUSTENTABILIDADE E AUTOSSUFICIÊNCIA EM MEIO AQUÁTICO

Aluna: Maria Elisa Simões Carneiro

Professor orientador: Maurício Felzemburgh Menezes

RESUMO

No mundo atual, devido às intensas variações físicas e climáticas sofridas no Planeta Terra, a sustentabilidade e a aplicação de novas tecnologias para melhoria do modelo de vida humana têm sido cada vez mais questionadas. Energias limpas e renováveis, descarte adequado do lixo e seu reúso como fonte energética, dessalinização da água do mar, urbanismo sustentável e mobilidade inteligente são ideias que já estão sendo colocadas em prática hoje mesmo em várias partes do mundo. No entanto, quais seriam os efeitos que a utilização de todos esses fatores combinados num único local poderia gerar para a humanidade? E se esse mesmo local também fosse capaz de proporcionar uma recuperação e contribuição ambiental significativa? Para resolver algumas das problemáticas frequentes nas cidades atuais e propor uma nova forma de se viver, o projeto traz Apoema, um modelo de Cidade Flutuante funcionando sobre a água de forma autossuficiente, que venha a servir como um protótipo de experimentação para aplicação de novas tecnologias e formas de se fazer Arquitetura e Urbanismo no mundo atual.

A estrutura do trabalho apresenta respectivamente: os estudos citados como referencial teórico e a organização de dados recolhidos durante a pesquisa, e os estudos de viabilidade e métodos de construção e execução para que seja possível chegar à proposta projetual.

Palavras-chave: Cidade Flutuante; Cidade Inteligente; Urbanismo Sustentável; Morfologia.

1. INTRODUÇÃO

O meio ambiente tem sido moldado ao longo da evolução humana e sua consequente antropização do espaço. A harmonia do homem com a natureza foi rompida devido ao crescimento desordenado e sem planejamento, posteriormente agravada através do mercado imobiliário e as consequências da densificação e expansão urbana, responsável por gerar a desqualificação de certos espaços urbanos, bem como o comprometimento do meio natural. O modelo social capitalista é um dos fatores que tem perpetuado esta situação, pois este passou a usar a natureza de maneira predatória, comprometendo os recursos naturais e gerando estruturas e resíduos que podem vir a colocar em risco a sobrevivência equilibrada do ser humano e sua existência.

Vincular o planejamento urbano ao projeto de arquitetura e urbanismo não só como elemento regulador, mas também como elemento produtivo da morfologia das cidades, é fundamental na constituição de espaços coerentes às necessidades humanas e ambientais da atualidade e do futuro. Pensando nisso, o projeto de Cidade Flutuante, denominado Apoema, traz consigo o conceito tupi de “enxergar mais longe”, que pode ser definido como propósito principal da sua idealização: a união entre tecnologia e sustentabilidade, visando um futuro capaz de proporcionar uma melhor qualidade de vida e modelo de urbanismo eficaz e sustentável. O projeto preza não só pela demonstração da aplicação de modelos sustentáveis de urbanismo, como também exemplifica formas de energia limpa, combustíveis alternativos para transporte, utilização de tecnologias eficazes de estruturas que podem beneficiar a população e a economia local, uso de forma potencial dos espaços urbanos e a criação de uma sociedade que entende a nova proposta e colabora para que essa ideia se fortaleça e possa se disseminar de maneiras adaptáveis a outras realidades. Em síntese, o desenvolvimento do projeto Apoema tem por base a sustentabilidade do desenho urbano em meio aquático e suas ferramentas potenciais aplicadas para a cidade, como alternativa e nova condição para o desenvolvimento da urbanidade.

2. OBJETIVO GERAL

Propor uma nova forma de se pensar e projetar em Arquitetura e Urbanismo, através da utilização de novas tecnologias de simulação e ideais de sustentabilidade, de forma que o projeto seja capaz de prever e solucionar alguns problemas frequentes decorrentes do modelo convencional de produção arquitetônica e urbanística.

Com isso, será possível questionar as condições de habitação e estruturação do modelo de malha urbana existentes e pensar em como eles podem melhorar e trabalhar de forma integrada com o meio ambiente, numa relação em que ambos sejam beneficiados.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver um modelo de cidade sustentável, que promova a integração entre tecnologia e sustentabilidade voltados para a produção da Arquitetura e Urbanismo, de forma que esse modelo possa proporcionar ambientes com maior potencial funcional e menor agressão ambiental, além de incentivar a mudança de alguns hábitos existentes em prol de uma melhor consciência ecológica.
- Desenvolver um projeto capaz de apresentar novas soluções para problemas enfrentados frequentemente no dia a dia das cidades atuais, tais como: mobilidade, segurança e ausência de espaços convidativos para uso público. Além do mais, o projeto também visa sugestões mais eficientes e sustentáveis para o desenvolvimento urbano.

4. JUSTIFICATIVA

Em busca de propostas inovadoras de aplicação na Arquitetura e Urbanismo, o projeto Apoema preza pela experimentação de novas tecnologias para práticas de desenvolvimento de bairros e cidades. O conceito de Cidade Flutuante busca trazer soluções sustentáveis e a proposta de uma nova forma de habitação e administração: sobre a água. Por se situar na superfície da água, o modelo possui a capacidade de ser aplicado em vários contextos e diferentes localidades do globo, apresentando novas formas de solucionar alguns dos problemas mais frequentes nas cidades atuais, tais como: mobilidade, fonte e produção de energia, saneamento básico, habitação e consciência ecológica. O modelo apresentado funcionará como um módulo autossuficiente, que possibilite a sua multiplicação até a formulação de uma cidade.

Por se tratar de uma Cidade Flutuante, ela permite a sua instalação servindo a propósitos tanto econômicos quanto sociais, não adotando nenhum padrão de lei predefinido, deixando a população livre para sugerir novos princípios e gerando a discussão intencional sobre a experimentação de novos modelos políticos e de relações sociais, dependendo apenas da escolha estratégica de local para a sua instalação. A partir do estudo realizado nesse trabalho, será possível o questionamento, adaptação e melhoria de inúmeros fatores decorrentes da aplicação de uma única forma de pensar a Arquitetura e Urbanismo, além de acompanhar a proposta de desenvolvimento e funcionamento da combinação entre tecnologia, habitação sobre a água e urbanismo sustentável num único local. O projeto também possui o intuito de provar que, mesmo aplicadas separadamente, as soluções apresentadas são capazes de funcionar e melhorar os ambientes existentes de forma que a qualidade de vida dos habitantes locais aumente consideravelmente.

Por fim, a proposta também acaba por desencadear um novo modelo de sociedade independente, com princípios e hábitos que podem trazer benefícios significativos aos moldes existentes e mudanças consideráveis para a garantia de um futuro melhor, principalmente em âmbito ecológico e cooperativismo social.

5. METODOLOGIA

A metodologia aplicada para a realização deste projeto se deu a partir do estudo e análise de artigos, sites e livros, juntamente com a coleta de informações relevantes referentes a questões ambientais, abastecimento, tratamento de saneamento básico e engenharia naval, com observação direta e indireta, e apoio teórico de alguns profissionais das áreas de Engenharia Ambiental, Engenharia Civil e Assistência Social. O projeto se constitui seguindo os princípios do Urbanismo Sustentável, o qual se mostra a favor de comunidades menores e mais densas que os subúrbios tradicionais, com limites definidos e onde exista uma adequada mescla de funções que incorporem espaços de recreação, comerciais, institucionais e de serviço, em estreita vinculação com edificações de vários tipos, acessíveis a diversos grupos socioeconômicos, apropriadas de maneira que se proporcione a diversidade também em termos de idade, sexo, raça etc.

Tomando por base o estudo da dinâmica das marés e do comportamento da vida marinha em escala global, a proposta será implantada de forma que o desenvolvimento do projeto arquitetônico e urbanístico possam ser pensados com as escolhas mais viáveis e de menor impacto ambiental. Tendo como referência a vivência na cidade de Salvador, foi traçado um projeto com possíveis soluções

para os problemas frequentes na produção do urbanismo convencional, visando a melhoria na qualidade de vida das pessoas que venham a residir em Apoema.

- **Análise do problema:** pesquisa sobre a vivência em grandes cidades brasileiras, como Salvador, São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília e Curitiba, e também de cidades internacionais, como Nova Iorque, Tóquio, Copenhague, Oslo e Quebec, com o intuito de analisar como se dão os fluxos de pedestre, transporte público e privado e entorno imediato. Com isso, é possível uma melhor ampliação da percepção de configuração e funcionamento espacial.
- **Análise bibliográfica:** referências projetuais comuns ao tema, pesquisas através de livros, documentários, revistas e sites que prezam sobre planejamento de bairros e cidades, sustentabilidade e novas formas de habitação.
- **Análise da proposta:** elaboração dos aspectos legais, produção de um programa de necessidades com capacidade para atender às demandas exigidas pelo projeto de forma prática e sustentável e produção de croquis e esquemas de expansão do território de forma unificada.

6. APOEMA – CIDADE FLUTUANTE SUSTENTÁVEL

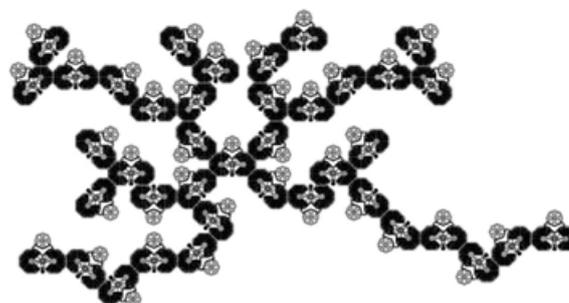
O projeto conta com um total de 620 loteamentos destinados a uso residencial, comercial e/ou misto; nove loteamentos com maiores dimensões para instalação dos equipamentos urbanos necessários para o bom funcionamento da cidade, tais como: hospital, mercado, creche, escola, central de controle de importações e exportações (porto), central de coleta para reciclagem e compostagem de lixo, central de tratamento de esgotamento sanitário e distribuição de água, central de transporte e central de gestão de energia; e 12 loteamentos afastados do meio urbano para exercer a função de produção de alimentos.

Tomando como base uma família de seis pessoas por andar, com o gabarito de altura no limite de dez pavimentos multiplicados pelos 620 loteamentos destinados a uso residencial, comercial e/ou misto, se obteve uma população estimada em 37.200 habitantes por módulo.

Cada módulo possui raio de 300,40 metros de extensão, possuindo o diâmetro ideal para trajetos completamente caminháveis, seguindo as proporções descritas no livro “A cidade como um jogo de Cartas”, do autor Carlos Nelson. Essa dimensão faz com que o uso do transporte individual seja completamente dispensável, tornando o transporte intermodal público o principal meio de locomoção local, oferecendo quatro opções: VLT – veículo leve sobre trilhos, ônibus, ciclovia e porto de atracção de navios (transporte para relações exteriores).

A expansão e o crescimento da cidade se dá através da replicação do módulo base de Apoema e o seu acréscimo a um módulo já instalado. Mesmo sendo capazes de ter o seu funcionamento de forma independente, quando somados, os módulos vão ganhando maior potencial urbano, podendo chegar ao patamar de metrópoles. A Figura 1 exemplifica como essa expansão poderia ser realizada.

Figura 1: Expansão territorial de Apoema

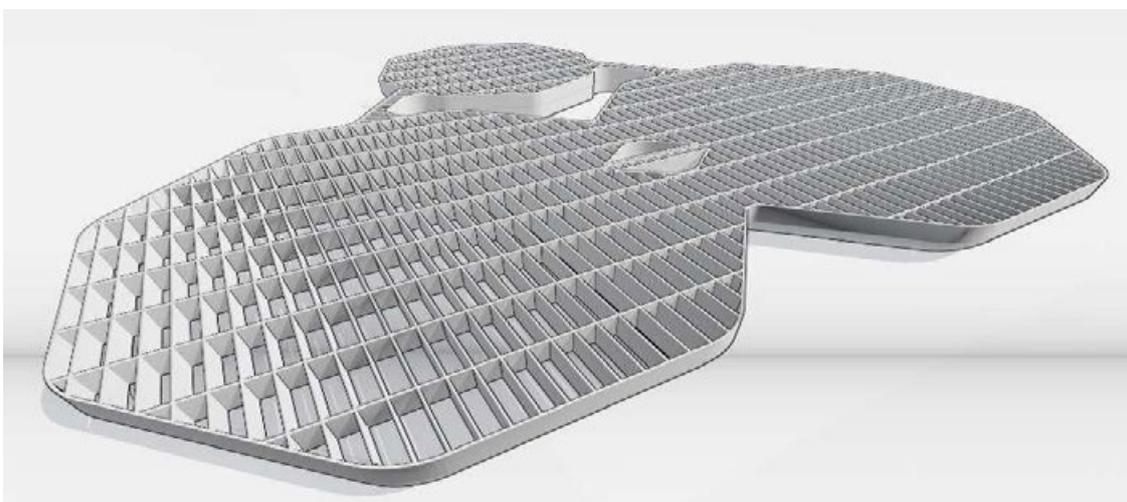


Fonte: Acervo Pessoal

A estruturação da plataforma de flutuação da cidade foi desenvolvida seguindo os parâmetros utilizados na construção do navio cargueiro Triple-E, utilizando vigas e casco metálicos, e fazendo uso do princípio físico de Arquimedes referente ao empuxo. O esquema da disposição estrutural do casco e das vigas pode ser observado na Figura 2.

O calado da estrutura (designação dada à profundidade a que se encontra o ponto submerso) equivale a 27 metros (incluindo o dimensionamento das peças) e 23 metros de vão interno, e dentro desse vão será instalado o maquinário para dessalinização da água e a sua posterior distribuição para o abastecimento da cidade. O resíduo de sal gerado pelo processo será designado para tratamento e servir como fonte de economia para o local.

Figura 2: Estruturação da plataforma de Apoema



Fonte: Acervo Pessoal

Figura 3: Vista superior de Apoema



Fonte: Acervo Pessoal

7. CONCLUSÃO

O projeto buscou compreender os cenários, condicionantes e configurações urbanas aplicadas no mundo atual, para que dessa forma fosse possível a demonstração de caminhos alternativos para um urbanismo sustentável factível para o desenvolvimento urbano, além de apresentar realidades urbanas variadas. A partir do estudo teórico e de análises correlatas de cidades, teorias, referências, conceitos e formas de planejamento e gestão urbana, compreendeu-se que alguns preceitos urbanísticos podem ser aplicados a várias cidades de forma isolada, e não só no modelo de cidade flutuante proposto para Apoema. Essa aplicação é capaz de trazer exemplos com potencial de tornar possível a diminuição dos impactos negativos ao meio ambiente e ao sistema-entorno em diversos locais, promovendo-se ainda o aumento significativo da qualidade de vida, conforto ambiental e coesão social.

Além de cumprir com a ideia original de construção de cidades flutuantes, Apoema foi capaz de combinar várias soluções urbanísticas, ecológicas e sociais, que se mostraram eficientes e capazes de fazer do local autossuficiente e único. Isso foi possível a partir do traçado urbanístico proposto para o projeto, além do adensamento e da compactação funcional do território, sem restrições de classes sociais. Com isso, a cidade pode ser definida como um local para oportunidades, servindo a vários propósitos, desde a busca pela liberdade governamental, igualdade e aceitação social até o abrigo de refugiados.

Os aspectos de densidade e dispersão urbana planejados para o local não só influenciam o grau de proximidade das construções e de acesso à infraestrutura e serviços, como também impactam na coesão social, no senso de comunidade e na intensidade das manifestações culturais na cidade. A diversidade dos portadores de informação é maior na cidade compacta, ao passo que o convívio das diferenças (sociais, étnicas, religiosas, culturais) e comportamentos se acentua, há também uma maior abertura para a aceitação dos “diferentes”.

Em síntese, Apoema traz uma proposta diferente e ambiciosa de se habitar e viver em comunidade, apresentando oportunidades de vida para pessoas com ideais revolucionários, sustentabilidade, governo livre e cooperativo, entre vários outros propósitos que venham a atrair os mais diversos públicos com capacidade para montar uma sociedade com características únicas para uma cidade única.

8. REFERÊNCIAS

BRASIL. **Estatuto da Cidade: Lei 10.257/2001 que estabelece diretrizes gerais da política urbana.** Brasília, Câmara dos Deputados, 2001, 1a Edição.

FARR, Douglas. **Urbanismo Sustentável, desenho urbano com a natureza.** Porto Alegre: Editora Bookman, 2013.

FLORISSI, Elena. **Desenvolvimento Urbano Sustentável: um estudo sobre sistemas de indicadores de sustentabilidade urbana.** Recife: O Autor, 2009.

JACOBS, Jane. **Morte e Vida de Grandes Cidades.** São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2009.

LYNCH, Kevin. **A imagem da cidade.** São Paulo: Martins Fontes, 1980.

MASCARÓ, Juan (1994). **Manual de loteamentos e urbanizações.** Porto Alegre: Sagra – DC Luzzato.

ROGERS, Richard; GUMUCHDJIAN, Philip. **Cidades para um pequeno planeta.** Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 2001.

ROMERO, Marta A. B. **O Desafio da Construção de Cidades.** Revista Arquitetura e Urbanismo. Ano 21, nº. 142, janeiro de 2006. São Paulo: Pini, 2006.

SANTOS, Carlos Nelson F. dos. **A cidade como um jogo de cartas.** Niterói: Universidade Federal Fluminense. EDUFF, São Paulo: Projeto Editores, 1988.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção.**

São Paulo: EDUSP, 2006.

SANTOS, Milton. **Manual de Geografia Urbana.** São Paulo: EDUSP, 2008. 232p.

SERPRA, Angelo. **O Espaço Público na Cidade Contemporânea.** São Paulo: Contexto, 2007.

SOUZA, Marcelo Lopes. **O Desafio Metropolitano: um estudo sobre a problemática sócio-espacial nas metrópoles brasileiras.** Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2010.

Before the Flood. Direção: Fisher Stevens, Produção: Leonardo DiCaprio, Fisher Stevens, Jennifer Davisson, Trevor Davidoski, Brett Ratner, e James Packer da RatPac Entertainment.

Chasing Coral. Direção: Jeff Orlowski, Produção: Jeff Orlowski, Larissa Rhodes.

Deepwater Horizon. Direção: Peter Berg, Produção: **Lorenzo di Boaventura.**

Engenharia Extrema: Cidade Flutuante. Produção: Discovery Channel.

PLATAFORMA IOT DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Aluna: Stephanie Lima Jorge Galvão

Professor orientador: Raony Maia Fontes

RESUMO

Segundo o Fórum Econômico Mundial¹, as tecnologias emergentes de Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial e Big Data são novas tecnologias com maior probabilidade de aplicação e impacto no futuro da construção. A utilização de tecnologias embarcadas permite a coleta automática de dados e a comunicação com os sistemas de produtividade e controle da empresa para um melhor acompanhamento dos indicadores de produtividade, qualidade e segurança.

Nesse contexto, o projeto de pesquisa consiste em aprimorar o conhecimento sobre Internet das Coisas (IoT) através da aquisição de dados de processos e equipamentos com comunicação *wireless* via rede LoRa, com o intuito de desenvolver uma plataforma que traga melhorias à gestão e a produtividade em obras de construção civil, através da junção de pilares da quarta revolução industrial, digitalização e *Lean Management*.

Portanto, durante as etapas de desenvolvimento deste projeto de pesquisa, a equipe se propõe a aprimorar o estado da arte no campo de aquisição de dados de sensores (IoT) e comunicação via rede LoRa, através do desenvolvimento de uma plataforma web capaz de gerenciar dispositivos e armazenar dados, com o objetivo de controlar o uso de equipamentos e fluxo contínuo de processos para análise de produtividade, geração de alertas em tempo real e aumento de segurança.

Com o objetivo de analisar a viabilidade Técnico-Científica, o presente trabalho apresenta a incorporação da metodologia de *Design Thinking* (Tim Brown), *Lean Startup* (Eric Ries) e Desenvolvimento Integrado de Produtos (Pahl & Beitz), por meio do constante contato com os clientes, obtenção de *feedback*, implementação de melhorias e validações com o mercado.

O projeto proposto contribui para a difusão da Indústria 4.0 nas empresas brasileiras, acarretando um aumento de competitividade em um cenário internacional, que busca aceleradores tecnológicos para trazer melhorias de processos e atividades.

1. INTRODUÇÃO

Para identificar os desperdícios e reduzir custos, Ohno (1997) estabeleceu sete principais desperdícios a serem observados – superprodução, espera, transporte desnecessário, processamento desnecessário, estoque, movimento desnecessário e defeitos. Nesse sentido, obter dados que forneçam informações que permitam a identificação e mitigação desses desperdícios torna-se fundamental para a competitividade das empresas. Uma das formas de obter esses dados é através do monitoramento de equipamentos e processos que permitem a obtenção de indicadores em tempo real para análise de produtividade e predição de eventos.

1. World Economic Forum; Boston Consulting Group. *Shaping the Future of Construction a Breakthrough in Mindset and Technology*. 2016.

Segundo J. Gubbi et al. (2013), a expansão de dispositivos de conectividade e sua comunicação atuando em redes criou a Internet das Coisas (IoT), rede na qual sensores e atuadores se integram ao ambiente ao redor e a informação é compartilhada entre plataformas. Isso resulta em um grande volume de dados que precisam ser armazenados, processados e apresentados de uma forma de fácil interpretação. Díaz et al. (2016) afirmam que as necessidades atuais de controle, monitoramento e gestão criaram sistemas múltiplos associados, que permitem entender processos e agir sobre eles.

Segundo o Fórum Econômico Mundial (2016), o crescimento da produtividade na construção civil nos últimos 50 anos cresceu muito pouco comparado às demais indústrias devido à falta de inovação, processos informais e pouco monitoramento dos projetos. Ainda segundo o FEM (2016), a indústria de manufatura monitora continuamente os processos, produzindo e coletando grande quantidade de dados para identificar rapidamente causas raiz e implementar melhorias de maneira eficiente.

O projeto aqui apresentado permite a coleta, o processamento e a visualização de dados de maneira sistemática, com tecnologia de transmissão de longo alcance, para contribuir com a eficiência dos processos em ambientes de construção civil.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Internet das Coisas

O termo Internet das Coisas – *Internet of Things*, ou simplesmente IoT – foi concebido na década de 90 por Kevin Ashton ao perceber que todos os dados da *internet* eram originados por humanos, sendo, portanto, lentos, passíveis de erro e ineficientes quanto à qualidade, quantidade e interpretação de dados inseridos nos sistemas. Como uma alternativa mais eficiente, segundo Ashton, os sistemas poderiam estar conectados a sensores para medir os eventos do mundo real diretamente (CAVALCANTI, 2017).

Os produtos se tornaram sistemas complexos através da combinação de *hardware*, sensores, armazenamento de dados, microprocessadores, *software* e conectividade de diversas formas, com capacidade de monitoramento, controle, otimização e autonomia. Também chamados de Smart Products – ou Produtos Inteligentes – os produtos IoT estão redesenhando a forma de competição industrial através da mudança da concepção dos sistemas produtivos e redefinição dos limites da indústria (PORTER; HEPPELMANN, 2014).

A estrutura básica de um sistema IoT consiste em:

- *Hardware*: sensores e atuadores.
- *Middleware*: ferramenta de análise e processamento de dados.
- *Presentation*: ferramenta de visualização de dados.

Segundo a *The Balance Small Business*, o IoT está contribuindo com os processos da construção civil através da operação remota, reabastecimento de suprimentos e monitoramento de equipamentos e funcionários.

2.2. Rede LoRa

Alinhado aos conceitos de Internet das Coisas, a importância da tecnologia de redes é essencial e crítica para as aplicações de produtos de monitoramento e análise de dados através de sensores e atuadores. Num contexto de pouco uso de banda e logo alcance de cobertura é que se encontram as *Low Power Wide Area Networks* (LPWANs). Elas têm sido implementadas por meio de várias tecnologias, entre elas LoRa (*Long Range Radio*), Sigfox e UNB (*Ultra Narrow Band*). Uma rede LoRa apresenta, de uma forma geral, a seguinte topologia: um ou mais sensores são conectados a um dispositivo que possui *hardware* com tecnologia LoRa para transmissão dos dados capturados pelos sensores. Esses dados são recebidos por um *gateway*, também com *hardware* LoRa, que os envia a outros *gateways* similares (se necessário) até que eles cheguem a um servidor central, que gerencia toda a rede e se comunica com a *internet* por *ethernet* ou outra rede não LoRa (COSSINI, 2016).

A camada física LoRa, desenvolvida pela Semtech, opera nas bandas 433, 868 ou 915MHz, dependendo da região de implementação. O LoRaWAN fornece um mecanismo de controle de acesso médio, permitindo que muitos dispositivos finais se comuniquem com um *gateway* usando a modulação LoRa. A modulação LoRa é proprietária e o LoRaWAN é um padrão aberto que está sendo desenvolvido pela LoRa Alliance (AUGUSTIN et al., 2016).

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1. Metodologia

O projeto Plataforma IoT de Construção Civil será dividido em três fases principais: Projeto Informacional e Conceitual, através da metodologia de Desenvolvimento Integrado de Produto e *Design Thinking*; fabricação e validação do Mínimo Produto Viável (MVP); e Projeto Detalhado. A equipe possui experiência em projetos de engenharia com inovações tecnológicas em geral e utiliza abordagem sistemática de desenvolvimento própria, que organiza e estrutura o processo de projeto em diferentes fases, aumentando as chances de sucesso de um produto. Isso permite um desenvolvimento mais rápido, objetivo e com qualidade.

3.1.1. Desenvolvimento de Produto

a) Projeto informacional

Esta é a primeira etapa a ser realizada e tem como principal objetivo obter as especificações aprofundadas do projeto, que serão as bases durante o decorrer deste. Os objetivos secundários desta fase são: melhor compreensão do problema existente e homogeneização do conhecimento entre todos os membros que irão trabalhar no projeto.

Nesta fase será feita a análise do problema e a identificação de valor para o cliente, através de ferramentas do *Design Thinking* como “Um dia na vida”, “*Shadowing*”, “Jornada do Usuário”, “Quadro de Validação de Hipóteses” e entrevistas. Com base nos dados obtidos nesta fase, é feita uma análise de mercado, análise FOFA, identificadas e validadas junto aos usuários as necessidades e os requisitos dos clientes, a partir dos quais as especificações serão definidas, conforme previsto no projeto informacional.

b) Projeto conceitual

O projeto conceitual é a segunda fase da metodologia de desenvolvimento de produto aplicada e tem como finalidade a definição de um conceito para o produto a ser desenvolvido. Nesta segunda etapa, serão desenvolvidas opções de solução para o problema de projeto são geradas com o uso da ferramenta da Matriz Morfológica e avaliadas com base nas especificações de projeto através da Matriz de Seleção dos conceitos. Além disso, nesta etapa será feita a análise da Função Global e sua subdivisão em subsistemas do produto.

O uso dessas ferramentas colabora com uma maior agilidade no processo de seleção dos conceitos e uma classificação adequada dos requisitos, valorizando aqueles que são mais importantes no projeto.

O escopo do projeto conceitual compreende a entrega das etapas: avaliação do grau de importância dos requisitos definidos no projeto informacional; definição da função global do produto; esboços e modelagem dos conceitos gerados (criação de mock ups da plataforma IoT); avaliação e definição dos conceitos.

3.1.3. Projeto Detalhado

No projeto detalhado, última etapa de projeto da metodologia usada, são definidos todos os detalhes do produto, gerado telas de layout da plataforma, lista de materiais e fornecedores, especificações de desenvolvimento da plataforma, relatórios finais e manuais de utilização. Essa etapa tem como finalidade encerrar o projeto do produto, apresentando todas as informações necessárias para o desenvolvimento final, com o intuito de inserir o produto no mercado.

Diferentemente das outras fases de projetos (informacional, conceitual), no projeto detalhado não existem ferramentas específicas a serem aplicadas.

O escopo do projeto detalhado compreende a entrega das etapas: desenhos dos layouts das telas; lista de materiais e fornecedores; relatórios finais; manuais técnicos.

4. RESULTADOS/ESTUDO DE CASO

A partir dos estudos evidenciados na fundamentação teórica sobre Internet das Coisas e rede de comunicação LoRa aplicados na construção civil, foi elaborada uma prova de conceito (POC) através de uma aplicação real em uma obra predial de 16 andares.

Essa POC consiste em um sistema de gestão do fluxo contínuo de atividades através de um Andon digital *wireless* (comunicação via rede LoRa), com plataforma web de gerenciamento de problemas e estados de cada atividade.

Foi instalado um dispositivo *plug and play* com três botões em cada andar da obra, para avaliar os estados das atividades ali executadas (fluxo contínuo, parada iminente, parada). A partir do acionamento dos botões, o dispositivo envia informações, com até 15 km de alcance, para um receptor que está conectado à internet e se comunica diretamente com o servidor.

A plataforma web contém *dashboards* com indicadores de causa e frequência de problemas, bem como a indicação do estado atual de cada atividade. Os gestores recebem notificações em seus celulares sobre ocorrências com cada uma das atividades, agindo de maneira mais rápida para a solução do problema e retomada do fluxo contínuo. Além disso, a análise histórica dos problemas gera lições aprendidas para as futuras obras e auxilia na identificação das causas raízes.

5. DISCUSSÃO

A utilização de novas tecnologias de comunicação sem a utilização de *internet* no âmbito da construção civil permite o monitoramento de processos com custos reduzidos e a geração de informações para a tomada assertiva de decisão. No estudo de caso, foram monitoradas as atividades de alvenaria, esquadrias, estrutura em concreto armado, fachada, forros e tratamentos, granitos, impermeabilização, instalações elétricas e hidrossanitárias, revestimento e pavimentação, pintura.

A rede LoRa permitiu a comunicação de dispositivos em longo alcance (até 15 km) e necessitou de baixo investimento em infraestrutura para o seu funcionamento, já que cada módulo LoRa custa aproximadamente R\$ 60,00 e não necessita de infraestrutura de rede previamente instalada.

Uma plataforma web com banco de dados possibilitou a centralização de informações a respeito das atividades e processos, recebidas por sensores e atuadores presentes na obra. O recebimento de notificações via *smartphone* acelerou o processo de resolução de problema, elevando o tempo de fluxo contínuo da obra.

6. CONCLUSÃO

A aplicação prova que é possível utilizar a rede de comunicação LoRa para monitorar atividades e processos na construção civil a partir de dados captados por sensores e atuadores, sem a presença de internet em toda região de monitoramento.

Através do estudo de caso, a prova de conceito evidenciou que a disponibilidade em tempo real da informação auxiliou os gestores na solução de problemas, aumentando os indicadores de produtividade e controle do serviço.

O presente trabalho tem aplicação abrangente, sendo possível monitorar processos modulares de diversas naturezas, sendo também flexível para modelos diferentes de obras e gestão.

7. PROPOSTA DE PESQUISA DE PÓS-GRADUAÇÃO OU MVP

A partir dos resultados obtidos com o primeiro piloto descrito no item 5 do presente trabalho, no qual o conceito do produto foi validado, foram obtidos *feedbacks* dos usuários reais para a implementação de melhorias e planejamento do *roadmap* de novas funcionalidades da plataforma IoT de construção civil.

Aplicando o método da *Lean Startup* através do ciclo Construir-Medir-Aprender, será desenvolvido um MVP do *hardware* e da plataforma para o monitoramento mais completo da obra. Este MVP consistirá em um dispositivo que se conectará a diversos sensores presentes na obra e nos equipamentos para a coleta de dados e envio de informações para uma plataforma IoT com indicadores personalizados.

O dispositivo será composto por um microprocessador de arquitetura Risc e se comunicará com a plataforma através de rede LoRa, conforme validado em piloto. A plataforma receberá os dados, que serão tratados para a criação de indicadores operacionais da obra. Esses dados serão disponibilizados para os gestores em *dashboards* de gestão para o auxílio na tomada de decisão.

No MVP aqui proposto, serão captados status dos equipamentos (ligado/desligado), dados de horímetro das máquinas, tempo de acionamento dos atuadores das máquinas e Andon Wireless para monitoramento do status das atividades da obra.

Através dos testes, todos os aspectos negativos levantados na operação do MVP serão avaliados, de forma a constatar as possíveis falhas das soluções implementadas e realização do reprojeto. Planeja-se realizar os testes com potenciais clientes, por um período de, no mínimo, 2 meses, sendo assim possível avaliar os ganhos reais da produção e receber *feedback* de clientes reais.

A partir desses pareceres, será avaliada a necessidade de promover alguma alteração na segunda versão do produto, de forma a corrigir problemas ou melhorar o seu desempenho, tarefa esta que será desenvolvida pela equipe de projeto. Dessa forma, o terceiro protótipo tomará como base o desempenho do protótipo inicial, após seus testes e avaliações, e constituirá uma melhoria do primeiro projeto.

8. REFERÊNCIAS

AUGUSTIN, Aloÿs; YI, Jiazi; CLAUSEN, Thomas; TOWNSLEY, William. **A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things**. MDPI. 2016

CAVALCANTI, Victor. **Aplicação da Manufatura Enxuta na Criação de um Alarme Inteligente Automotivo: Um estudo sobre identificação de valor e planejamento produtivo**. 2017. Monografia apresentada à Universidade Federal da Bahia para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

DÍAZ, Martins; MARTINS, Cristian; RUBIO, Bartolomé. **State of art, challenges, and open issues in the integration of Internet of Thing and cloud computing**. Journal of Network and Computer Applications. Málaga, v. 67, n. 1, p. 99-117, 2016.

S. Chandrakanth; K. Venkatesh; J Uma Mahesh; K.V.Naganjaneyulu. **Internet of Things**. International Journal of Innovations & Advancements in Computer Science. v. 3, n. 8, p. 16-20, 2014.

COSSINI, Fábio; **LoRaWAN: uma rede alternativa para a Internet das Coisas**. 2016. Disponível em: <https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/tlcbr/entry/mp274?lang=en>

WORTMANN, Felix; Fluchter, Kristina. **Internet of Things: Technology and Value Added**. Bus Inf Syst Eng. p. 221-224, 2015.

JAYAVARDHANA, Gubbi; RAJKUMAR Buyya; SLAVEN Marusic; MARIMUTHU Palaniswami. **Internet of Things: A Vision, architectural elements, and future directions**. Future Generation Computer Systems. v. 29, n. 1, p. 1645-1660, 2013.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

RIES, Eric. **A startup enxuta: como os empreendedores atuais utilizam a inovação contínua para criar empresas extremamente bem-sucedidas**. São Paulo: Lua de Papel, 2012.

BROWN, Tim; WYATT, Jocelyn. **Design Thinking for Social Innovation**. Stanford Social Innovation Review. Stanford, p. 30-35, 2010.

BROWN, Tim. **Design Thinking**. Harvard Business Review. p. 84-92, 2008.

GERHARD, Pahl et al. **Engineering Design: A systematic approach**. Londres: Springer Verlag, 3ª ed. 2007.

ABADIE, R. **Six Technologies that are transforming infrastructure**. Disponível em: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/capital-projects-infrastructure/publications/six-technologies-that-are-transforming-infrastructure.html>. Acessado em: 29/10/2018 às 10:05.

McKinsey&Company. Industry 4.0: **How to navigate digitization of the manufacturing sector**. 2015.

PricewaterhouseCoopers. *The Internet of Things: The next growth engine for semiconductors industry*. 2015. Disponível em: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/technology/publications/internet-of-things.html>. Acessado em: 29/10/2018 às 10:15.

World Economic Forum; Boston Consulting Group. *Shaping the Future of Construction a Breakthrough in Mindset and Technology*. 2016.

BIM E IOT PARA APOIO À GESTÃO DE PESSOAL EM CANTEIRO DE OBRAS NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

Aluna: Caroline Silva Araújo

Professor orientador: Emerson de Andrade Marques Ferreira

RESUMO

A grande quantidade de recursos físicos no canteiro de obras envolvido no processo de produção implica na necessidade de procedimentos de gestão cada vez mais eficientes e transparentes. O rastreamento eficiente da movimentação de pessoal pode contribuir para melhorar o fluxo de produção, pois os dados gerados podem ser utilizados para calcular produtividade; analisar sequência de atividades; melhorar a segurança do local de trabalho e identificar atividades críticas em tempo real, impactando também na redução do custo total da construção. Associar uma boa ferramenta de visualização ao resultado da coleta de dados feita com o rastreamento pode gerar um impacto significativo na conclusão bem-sucedida de empreendimentos. A integração de dois importantes paradigmas tecnológicos, a Modelagem da Informação da Construção (BIM) e a Internet das Coisas (IoT), têm potencial para promover melhorias nesse sentido. A IoT é um dos principais componentes da Indústria 4.0 e o BIM, por sua vez, tem a capacidade de permitir uma representação contextualizada dos dados obtidos através da IoT. O objetivo geral da pesquisa é avaliar uma proposta para integração de IoT com BIM, tendo em vista a aplicação na gestão de pessoal em canteiros de obra da construção civil, no contexto da Indústria 4.0. A estratégia escolhida para conduzir a pesquisa foi a *Design Science Research* (DSR) e foi realizado um experimento cujo objeto de análise investigado foi o processo de rastreamento de pessoas através da integração entre o ambiente físico e o ambiente virtual BIM utilizando conexão via internet (Wi-Fi). O sistema apresentado demonstra a possibilidade de integrar o comportamento de ambientes físicos com ambientes virtuais em BIM, utilizando dispositivos de baixo custo e promovendo informações em tempo real para tomadas de decisão e para apoiar modelos de gestão da obra. Os resultados da pesquisa indicam um grande potencial de contribuição para promover melhorias relacionadas à inovação, qualidade e produtividade na arquitetura, engenharia e construção.

Palavras-chave: Indústria 4.0; BIM; IoT; Gestão de pessoal; Canteiro de obras.

1. INTRODUÇÃO

O canteiro de obras envolve uma grande quantidade de recursos físicos (pessoal, equipamentos e materiais) no processo de produção, o que implica na necessidade de procedimentos de gestão cada vez mais eficientes e transparentes (OLIVEIRA; SERRA, 2017). As tecnologias para identificar, rastrear e localizar elementos no canteiro de forma dinâmica e em tempo real podem substituir métodos convencionais de monitoramento e trazer vantagens ao serem adicionadas ao modelo de gestão das obras (OLIVEIRA; SERRA, 2017).

O rastreamento eficiente da movimentação dos trabalhadores pode contribuir para manter o fluxo de produção (OLIVIERI; SEPPANEN; PELTOKORPI, 2017), pois os dados gerados podem ser

utilizados para calcular produtividade; analisar sequência de atividades; melhorar a segurança do local de trabalho e identificar atividades críticas em tempo real (CORDOVA; BRILAKIS, 2008). A melhoria no fluxo de informações aumenta a capacidade de controle e tomada de decisão dos gestores, reduzindo, conseqüentemente, o custo total da construção (CORDOVA; BRILAKIS, 2008). De acordo com Cheng; Teizer (2010), associar uma boa ferramenta de visualização ao resultado da coleta de dados feita com o rastreamento pode gerar um impacto significativo na conclusão bem-sucedida de empreendimentos. A integração de dois importantes paradigmas tecnológicos, a Modelagem da Informação da Construção (BIM) e a Internet das Coisas (IoT), tem potencial para promover melhorias nesse sentido.

A IoT é um dos principais componentes da Indústria 4.0 (ROBLEK, MEŠKO AND KRAPEŽ, 2016) e pode ser definida como um conjunto de artefatos físicos associados a sistemas incorporados de mecanismos elétricos, mecânicos, computacionais e de comunicação, que permitem a troca de dados via *internet* (THAMES; SCHAEFER, 2016). Além de ser capaz de permitir a comunicação entre todos os dispositivos reais ou virtuais que existem no cotidiano humano, concebendo ambientes inteligentes, a IoT também é capaz de detectar mudanças de status destes dispositivos em tempo real (ISIKDAG, 2015). O alcance da IoT cresceu nos últimos anos em decorrência da oferta de dispositivos de baixo custo no mercado e devido à própria evolução da internet (THAMES; SCHAEFER, 2016).

O BIM, por sua vez, tem beneficiado a construção civil devido à sua capacidade de produzir modelos virtuais cada vez mais precisos para representar a realidade, que facilitam a comunicação e a colaboração entre proprietários, arquitetos, consultores, contratados, fabricantes e operadores, promovendo o desenvolvimento de projetos mais integrados e eficientes (EASTMAN, 2011). O potencial total do BIM ainda não é completamente conhecido e um dos aspectos ainda pouco explorados é a possibilidade de associá-lo ao paradigma da IoT. "Considerando os domínios de aplicação inerentes ao ambiente construído, a integração de BIM e IoT pode consistir no uso do modelo BIM como uma interface beneficiada por dados fornecidos através de uma rede de equipamentos, sensores e dispositivos móveis" (MACHADO; RUSCHEL, 2018). De acordo com Olivieri; Seppanen; Peltokorpi (2017), o BIM é capaz de permitir uma representação contextualizada dos dados obtidos através da IoT.

O objetivo geral da pesquisa é avaliar uma proposta para integração de IoT com BIM, tendo em vista a aplicação na gestão de pessoal em canteiros de obra da construção civil, no contexto da Indústria 4.0. A pesquisa justifica-se devido ao caráter inovador relacionado ao uso integrado das tecnologias envolvidas e, principalmente, devido à necessidade de contribuições para superar o atraso tecnológico da construção civil em relação a outros setores industriais. Pesquisas sobre IoT e BIM são recentes, mas estão em pleno desenvolvimento, principalmente no âmbito internacional.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Indústria 4.0

A quarta revolução industrial, ou Indústria 4.0, está relacionada a processos inteligentes que envolvem automação, digitalização e uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) em ambientes de manufatura (ROBLEK, MEŠKO E KRAPEŽ, 2016; OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016). De acordo com Oesterreich; Teuteberg (2016), as tecnologias e conceitos principais que constituem a base da Indústria 4.0 são: Internet das Coisas (IoT); Computação na Nuvem; Big Data; Fábrica Inteligente; Impressão 3D e Sistemas Ciber-Físicos (CPS). Oesterreich; Teuteberg (2016)

desenvolveram uma pesquisa para explorar o estado atual da arte e, também, o estado da prática da Indústria 4.0 no contexto específico da indústria da construção, indicando que diversas tecnologias interdisciplinares devem ser usadas para permitir a digitalização, automação e integração ao longo de toda a cadeia de valor da construção. Os autores identificaram que BIM, IoT e *Cloud Computing* são tecnologias centrais neste contexto, sendo que a palavra BIM é a que aparece com mais frequência nas publicações investigadas sobre o tema, confirmando o papel do BIM como uma das tecnologias mais importantes e consolidadas da construção na Indústria 4.0.

2.2 BIM

A origem do BIM está associada ao desenvolvimento de duas áreas de conhecimento: o Projeto Auxiliado por Computador (CAD) e a Representação de Informação do Produto de Construção (ISIKDAG, 2005). De acordo com o *National Institute of Building Sciences* (NIBS, 2007), o BIM é capaz de representar características físicas e funcionais de uma construção, podendo ser definido de três formas: 1) como um produto, que permite a representação de dados de forma digital e inteligente e que permite criar e armazenar informações de maneira integrada; 2) como um processo colaborativo, que abrange as atividades de arquitetos, engenheiros e construtores, os recursos utilizados e o uso de padrões para automatização; 3) como um requisito de gerenciamento que, por sua vez, permite a troca clara de informações, com fluxos e procedimentos de trabalho organizados e com a criação de um ambiente baseado em informações confiáveis relativas a todo o ciclo de vida do edifício. Eastman et al. (2011) definem o BIM como “uma tecnologia de modelagem e um conjunto de processos associados para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”.

2.3 IoT

O termo “Internet das Coisas” (IoT) foi empregado pela primeira vez pelos fundadores do grupo de pesquisa Auto-ID Center, do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), destacando-se Kevin Ashton, em 1999, e David L. Brock, em 2001 (SUNDMAEKER et al., 2010). A IoT pode aumentar a eficiência e eficácia de processos no contexto da Indústria 4.0, porque facilita o fornecimento de informação e conhecimento (LU, 2017). Os profissionais da construção podem se beneficiar da tecnologia IoT à medida que dados relacionados ao desempenho de elementos do canteiro são enviados para serem analisados em tempo real (Oesterreich; Teuteberg, 2016).

De acordo com Al-Fuqaha et al. (2015), é importante compreender os blocos de construção da IoT para construir uma visão do seu significado real e da sua funcionalidade. Existem seis elementos principais que caracterizam a IoT, conforme Figura 1.

Figura 1: Seis elementos principais necessários para construção da IoT.



Fonte: Adaptado de Al-Fuqaha et al. (2015).

A identificação é caracterizada pelos endereçamentos únicos dos dispositivos da IoT; a detecção através dos sensores coleta dados do ambiente e através dos atuadores altera o ambiente; a comunicação diz respeito às formas de conexão relacionadas aos dispositivos IoT, como por exemplo Wi-Fi e Bluetooth, englobando os devidos protocolos de comunicação; a computação se refere às unidades de processamento (microcontroladores e microprocessadores), aplicativos de *software* e capacidade computacional, sendo o processamento em nuvem uma importante parte computacional relacionada aos *softwares*; os serviços podem ser de identificação, agregação de informações, colaboração e inteligência e a semântica, por fim, refere-se à capacidade de extrair conhecimento de forma inteligente dos dispositivos que compõem a IoT para fornecer as informações necessárias, enviando as demandas para os recursos certos. A semântica também faz o reconhecimento e a análise dos dados para realizar tomadas de decisão corretamente.

2.4 Identificação por Radiofrequência (RFID)

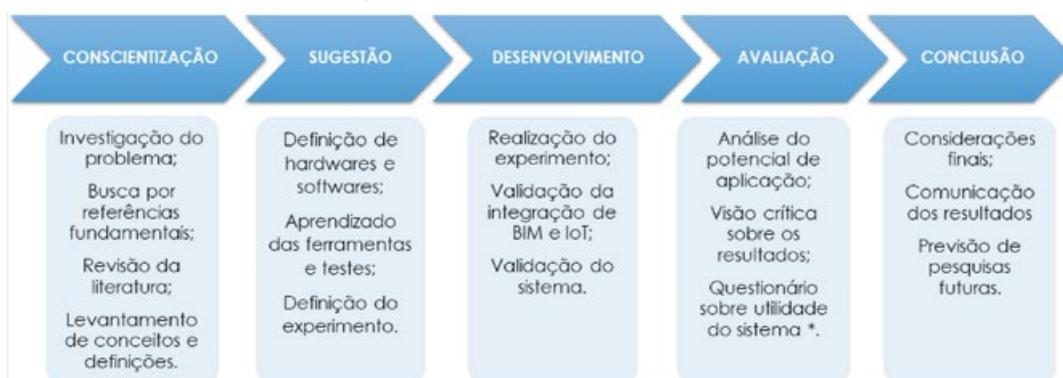
A RFID é uma tecnologia de identificação à distância que suporta diversos códigos de identidade (ID) únicos e cujos sistemas de leitura podem discernir diferentes *tags* localizadas em uma mesma área, sem a necessidade de assistência humana (WANT, 2006). Um sistema estrutural típico do RFID é composto por um leitor; uma *tag* eletronicamente programada (*transponder*) e um *software* de controle (OLIVEIRA; SERRA, 2017).

“Essa tecnologia pode ser aplicada em inúmeras áreas para fins de controle de almoxarifado, localização de materiais e pessoas, controle de entrada e saída de produtos, veículos e pessoas, identificação de ferramentas ou animais, entre outros” (OLIVEIRA; SERRA, 2017). Segundo Oliveira; Serra (2017), a indústria da construção civil tem demonstrado interesse em utilizar a RFID em processos da sua cadeia produtiva, portanto, existe uma demanda de mercado. Porém, o desconhecimento a respeito do potencial de uso desta tecnologia é um fator que ainda limita a sua implantação em grande escala.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia escolhida para conduzir a presente pesquisa foi a *Design Science Research* (DSR). “A *Design Science* é responsável por conceber e validar sistemas que ainda não existem, seja criando, recombinao, alterando produtos/processos/*softwares*/métodos para melhorar as situações existentes” (LACERDA et al. 2013). A classe de problema identificada neste trabalho é o Controle da Produção. O principal artefato é o sistema para integração de IoT com BIM, visando à gestão de pessoal em canteiros de obra. Na Figura 2 estão indicadas as etapas de pesquisa.

Figura 2: Etapas de pesquisa.

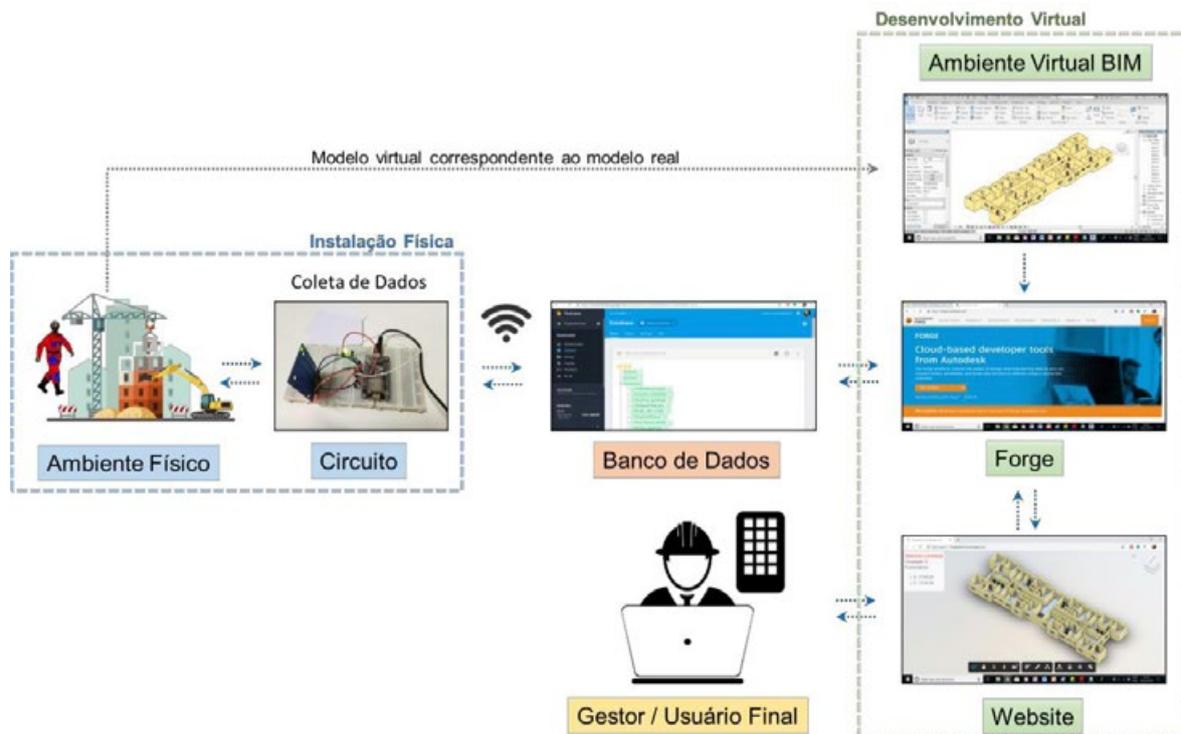


* A ser desenvolvido futuramente.

Fonte: Autores (2019).

O objeto de análise investigado no experimento é o processo de rastreamento de pessoas através da integração entre o ambiente físico e o ambiente virtual BIM, utilizando conexão via internet (Wi-Fi). O processo adotado para integrar as informações é apresentado na Figura 3.

Figura 3: Integração de modelos físicos com modelos BIM.



Fonte: Autores (2019).

O ambiente físico é caracterizado como o local específico de interesse, onde são coletados os dados pelo circuito. No experimento, um laboratório da Universidade foi utilizado para simular uma sala do canteiro de obras, na qual trabalhadores executam uma atividade genérica de produção. Foram utilizados três funcionários na simulação, com seus respectivos cartões de identificação.

O circuito elétrico consiste na placa do microcontrolador associado a um sistema RFID, o qual é composto por um leitor de baixo custo e três cartões contendo as tags eletrônicas de identificações únicas. O tipo de placa utilizada foi a ESP8266 NodeMCU, que é semelhante ao Arduino, porém recebe e envia dados para o banco de dados via Wi-Fi e é alimentada com 3,3V. Este circuito estabelece comunicação com o banco de dados, onde as informações são armazenadas e sincronizadas em tempo real. O *Firestore Realtime Database* (Google) foi o banco de dados selecionado para armazenar os dados resultantes, que é do tipo não relacional (NoSQL) e permite flexibilidade na sua estruturação, além de rapidez nas operações necessárias. O *Firestore* é uma API fornecida pelo Google, que permite criar um banco de dados e acessá-lo em tempo real através de linhas de código. Os dados são armazenados com a linguagem JSON e podem ser acessados de todas as plataformas compatíveis (KHEDKAR; THUBE, 2017).

O ambiente virtual é representado pelo modelo BIM (Revit) correspondente ao ambiente físico de interesse, o qual está associado a um software para visualização e interação com o usuário, o Forge (Autodesk). As Interfaces de Programação de Aplicações (APIs) do Forge possibilitam que o modelo

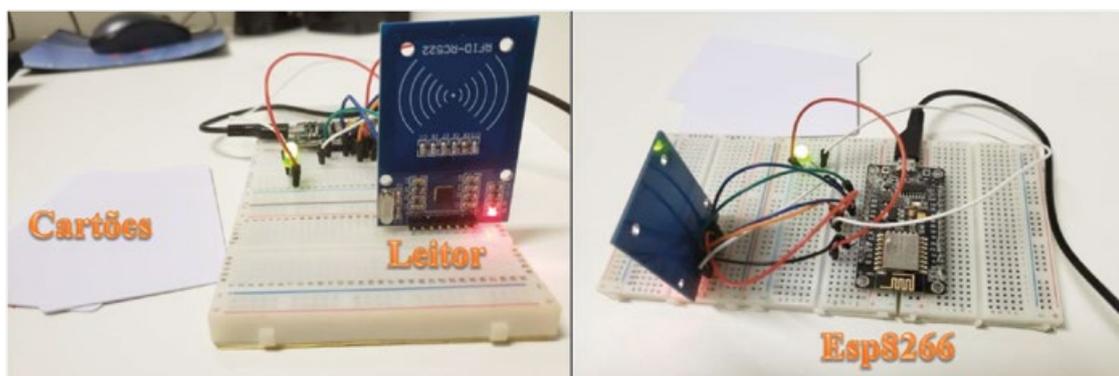
BIM desenvolvido no Revit seja traduzido e representado localmente no navegador WEB para posteriormente ser hospedado em um website. A comunicação do Forge com o banco de dados, por sua vez, é estabelecida através de protocolos de comunicação em HTML e NodeJS. A partir do website criado, os dados coletados são convertidos em informações apresentadas de forma clara e visual ao usuário final, de modo a auxiliá-lo em tomadas de decisão.

A parte lógica associada à interação entre o circuito, o banco de dados e o modelo BIM no Forge funciona da seguinte forma: 1) cada funcionário é registrado como uma variável no sistema; 2) a entrada ou saída de cada funcionário, controlada pelo cartão de acesso, é captada pelo circuito, registrada e armazenada em conjunto com os horários respectivos no banco de dados; 3) um contador registra em tempo real a quantidade total de pessoas que ocupam o ambiente; 4) as variáveis registradas no banco estão associadas a representações de cada funcionário no modelo BIM. Dessa forma, é possível visualizar em tempo real quais funcionários estão no ambiente, bem como a ocupação total do ambiente naquele momento.

4. RESULTADOS

A Figura 4 indica o circuito elétrico de baixo custo montado com o RFID para registro de dados no ambiente físico, a ser instalado nos locais de interesse. A parte lógica foi previamente programada no Arduino IDE. O trabalhador deve aproximar o cartão do leitor a cada entrada ou saída do ambiente. Os dados são enviados ao banco de dados via Wi-Fi.

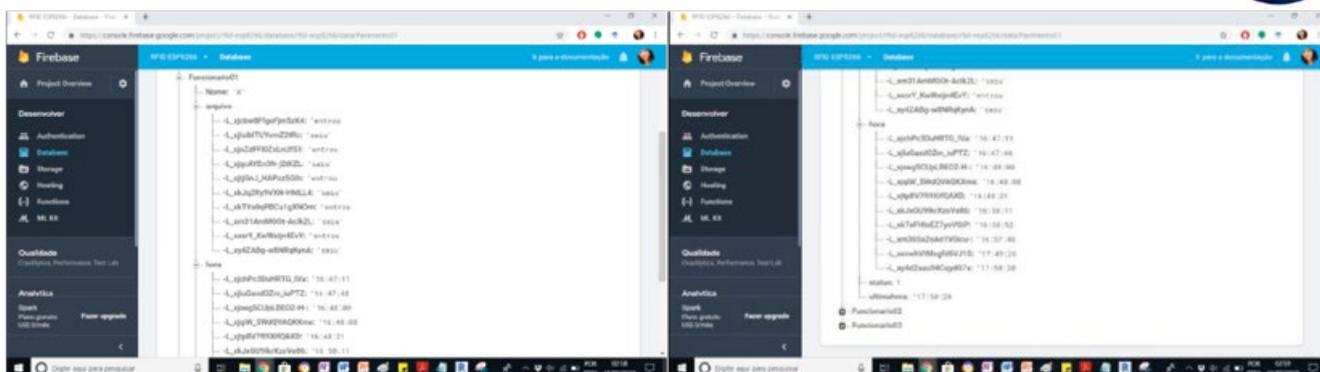
Figura 4: Circuito elétrico para coleta de dados.



Fonte: Autores (2019).

A Figura 5 indica o registro no banco de dados do Firebase. Nas variáveis relacionadas a cada funcionário, fica armazenada a sua entrada ou saída no ambiente e os respectivos horários.

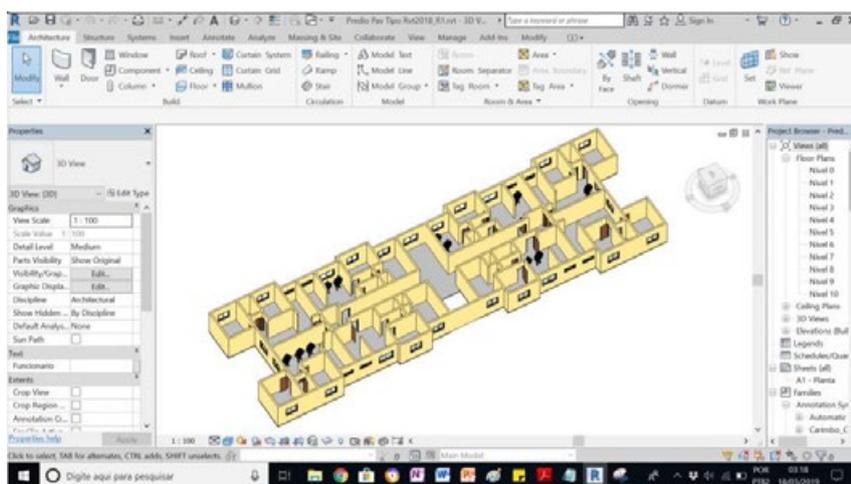
Figura 5: Registro no banco de dados do Firebase



Fonte: Autores (2019).

A Figura 6 indica o modelo virtual produzido no Revit. Foram adicionados elementos para representar visualmente os trabalhadores em equipe nos ambientes.

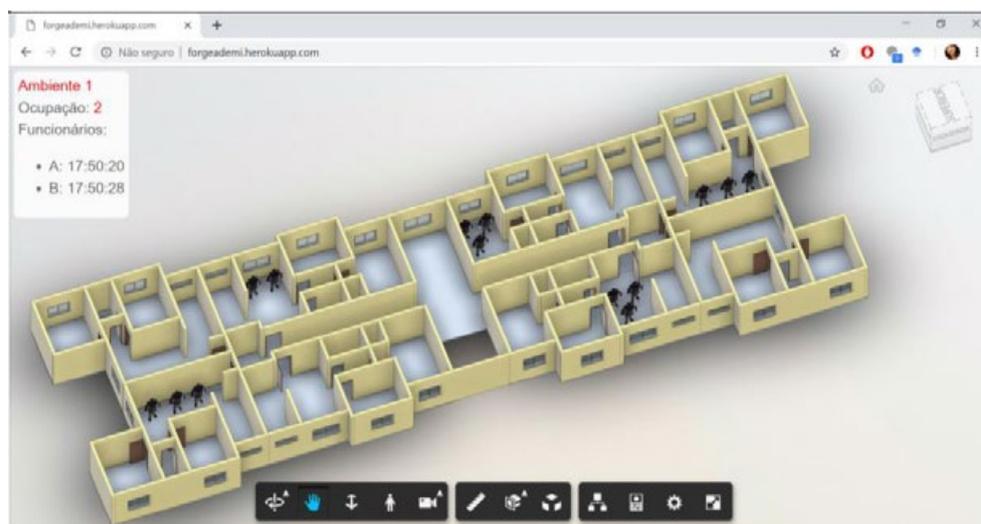
Figura 6: Modelo virtual produzido no Revit



Fonte: Autores (2019).

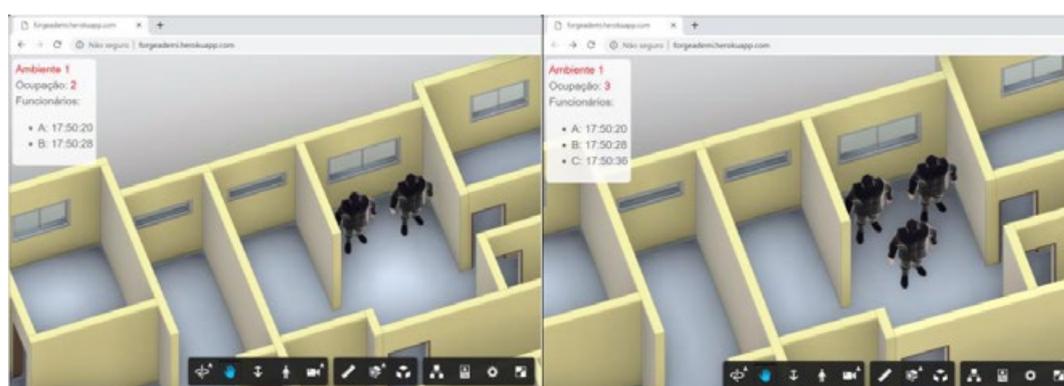
A Figura 7 indica a exibição final das informações no modelo virtual do Forge em um website, onde o usuário final pode selecionar o ambiente no modelo e visualizar as informações sobre a sua ocupação em tempo real e de forma clara, enquanto o *Firebase* armazena os dados. A Figura 8 indica o resultado para o Ambiente 1, com os funcionários A, B e C na equipe, os horários e o número total de ocupantes, tudo atualizado automaticamente conforme o comportamento (entrada e saída) do ambiente real.

Figura 7: Exibição final das informações no modelo do Forge em um website



Fonte: Autores (2019).

Figura 8: Resultado no Ambiente 1, com indicação visual dos trabalhadores e informações textuais



Fonte: Autores (2019).

5. DISCUSSÃO

O sistema apresentado demonstra a possibilidade de integrar o comportamento de ambientes físicos com ambientes virtuais em BIM utilizando dispositivos de baixo custo e promovendo informações em tempo real para tomadas de decisão e para apoiar modelos de gestão da obra. A comunicação indicada no experimento ocorre via Wi-Fi e através da API do Forge, que contém uma tradução do modelo original do Revit. A conexão é livre de fios, exceto pela alimentação da placa microcontroladora com 3,3V. Todos os dados são armazenados no banco de dados do *Firebase*, onde podem ser submetidos a análises posteriores. O Forge demonstrou ser uma plataforma com grande potencial tecnológico e que está em pleno desenvolvimento pela Autodesk.

É importante ressaltar que alguns parâmetros, como a tecnologia para captar os dados, o tipo de conexão e a forma de apresentar os dados no Forge, podem ser alteradas no sentido de atender às necessidades de empresa. Por exemplo, no RFID existe uma infinidade de *tags*, apesar de terem sido utilizados cartões nesta demonstração. Olivieri; Seppanen; Peltokorpi (2017) indicam ainda a possibilidade de rastrear a posição de trabalhadores utilizando *beacons* associados a *gateways*

instalados no ambiente, ao invés de utilizar a tecnologia RFID. Com relação à rede, padrões como a LoRaWan e os padrões de telefonia celular(3G/4G) também poderiam ser avaliados. O registro do último horário de saída ou entrada é uma informação adicional que foi acrescentada visualmente no Forge, mas a totalidade dos dados diários fica registrada no banco. É possível aprimorar o sistema para calcular, registrar e indicar o tempo de permanência de cada funcionário em determinado ambiente. No Quadro 1 estão indicados alguns potenciais de contribuição para a gestão de pessoal no canteiro de obras

Quadro 1: Potencial de contribuição para a gestão de pessoal no canteiro de obras

ATIVIDADE	DISCUSSÃO
Calcular produtividade	Aumentar a precisão das informações e associar os dados aos índices de produtividade da própria empresa.
Analisar sequência de atividades	Alinhar a organização das atividades desenvolvidas pelas equipes de trabalho com o resultado da análise dos dados obtidos.
Melhorar a segurança do local de trabalho	Rastrear trabalhadores em áreas perigosas e controlar interações entre mão de obra e equipamentos. Além disso, o fluxo apresentado na Figura 3 é bidirecional e permite emitir alertas de segurança em tempo real acrescentando atuadores no sistema.
Identificar atividades críticas em tempo real	Gerar um maior controle da produção, reduzindo retrabalho, perdas e atrasos através da identificação de atividades críticas à medida que o processo ocorre.

Fonte: Autores (2019).

É importante ressaltar que a mesma lógica adotada para o rastreamento de pessoal pode ser utilizada também para rastrear materiais e equipamentos.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho avaliou uma proposta para integração de IoT com BIM, tendo em vista a aplicação na gestão de pessoal em canteiros de obra da construção civil, no contexto da Indústria 4.0. O resultado do experimento realizado na fase de Desenvolvimento da metodologia foi considerado satisfatório, tendo demonstrado a aplicabilidade da proposta. Os resultados da pesquisa indicam um grande potencial de contribuição para promover melhorias relacionadas à inovação, qualidade e produtividade na arquitetura, engenharia e construção. O trabalho também pode servir de base para trabalhos futuros, tendo complementado lacunas identificadas na literatura e na prática das empresas.

7. PROPOSIÇÃO DE PESQUISA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Tendo em vista que a estudante ingressou no atual semestre em um curso de Mestrado Acadêmico, a proposta de pesquisa de pós-graduação é estabelecer diretrizes e formalizar um método para integração de IoT com BIM, tendo em vista a aplicação prática na gestão de pessoal e dos demais recursos físicos presentes em canteiros de obra da construção civil, no contexto da Indústria 4.0. Dessa forma, a IoT atuaria no monitoramento de equipamentos, materiais e pessoal no canteiro, enquanto o BIM seria utilizado para representar as informações obtidas. Com isso, espera-se contribuir para tornar os procedimentos de gestão mais eficientes e transparentes e auxiliar gestores no planejamento, controle logístico e em tomadas de decisão. Para tanto, o sistema proposto neste artigo será aprimorado e ampliado, de modo a atender às necessidades específicas das empresas baianas, e estudos de casos práticos serão realizados ao longo da vigência da bolsa. A metodologia adotada será a mesma apresentada no item 3 deste artigo, com as devidas adaptações. Ao longo do período de vigência da bolsa, cuja duração é de um ano, espera-se desenvolver as seguintes atividades, além de estabelecer as diretrizes e o método mencionados:

- Estabelecer um Indicador de Produtividade mais preciso do que os convencionais, a partir do registro automático do tempo (número de horas) em que cada trabalhador permaneceu em determinado ambiente de trabalho e posterior associação dessa informação com a produção por serviço em determinado dia ou período.
- Aprimorar o sistema, de modo a contribuir para a melhoria contínua da segurança ao permitir o rastreamento de trabalhadores em áreas que ofereçam riscos específicos, com a possibilidade de emitir alertas automáticos quando necessários.
- Reduzir perdas de material e otimizar o uso de equipamentos através da rastreabilidade e gerenciamento em tempo real de recursos físicos, contribuindo para o aumento da sustentabilidade no canteiro de obras.

7. REFERÊNCIAS

- AL-FUQAHA, A. et al. **Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications**. IEEE Communications Surveys & Tutorials, v. 17, n. 4, p. 2347-2376, 2015.
- CHENG, T., TEIZER J. **Real-time data collection and visualization technology in construction**. Construction Research Congress, ASCE, p. 339-348, 2010.
- CORDOVA, F.; BRILAKIS, I. **On site 3D vision tracking of construction personnel**. In: 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Manchester, United Kingdom, 2008. Proceedings... United Kingdom: 2008, p. 809-820
- EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. 2 ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.
- ISIKDAG, U. **Enhanced Building Information Models**. Springer, 2015.
- ISIKDAG, U. **Enhanced Building Information Models**. 1.ed. Istanbul: Springer, 2015.
- KHEDKAR, S.; THUBE, S. **Real Time Databases for Applications**. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), v.4, n.6, p. 2078-2082, 2017.
- LACERDA, D. P. et al. **Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção**. Gestão & Produção, v. 20, n. 4, 2013, São Carlos. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0104-530x2013005000014>>. Acesso em: 18 jan. 2018
- LU, Y. **Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues**. Journal of Industrial Information Integration, v.6, p. 1-10, 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- MACHADO, F. A.; RUSCHEL, R. C. **Soluções integrando BIM e Internet das Coisas no ciclo de vida da edificação: uma revisão crítica**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 9, n. 3, p. 240-258, set. 2018. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650216>>. Acesso em: 8 out. 2018. doi: <https://doi.org/10.20396/parc.v9i3.8650216>
- NIBS - NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **United States National Building Information Modeling Standard. Version 1 - Part 1: Overview, principles, and methodologies, 2007**. Disponível em: <<http://www.wbdg.org/building-information-modeling-bim>>.
- OLIVEIRA, V. H. M.; SERRA, S. M. B. **Controle de obras por RFID: sistema de monitoramento e controle para equipamentos de segurança no canteiro de obras**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 61-77, 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000400185>
- OLIVIERI, H.; SEPPÄNEN, O.; PELTOKORPI, A. **Real-time Tracking of Production Control: Requirements and Solutions**. In: 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 25., Heraklion. Proceedings... Heraklion: IGLC, 2017, p. 671-678. doi: <https://doi.org/10.24928/2017/0177>

OESTERREICH, T. D.; TEUTEBERG, F. *Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry*. Computers in Industry, v.83, p.121-139, 2016

ROBLEK V.; MEŠKO M.; KRAPEŽ, A. *A Complex View of Industry 4.0, p. 1-11, 2016*. SAGE Open. <https://doi.org/10.1177/2158244016653987>

SUNDMAEKER, H. et al., *Vision and challenges for realising the Internet of Things, Cluster of European Research Projects on the Internet of Things, 1.ed*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010.

THAMES, L.; DIRKSCHAEFER, D. *Software-defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0*. Changeable, Agile, Reconfigurable & Virtual Production, v. 52, p. 12-17, 2016. doi: 10.1016/j.procir.2016.07.041

WANT R. *An introduction to RDIF technology*. IEEE Pervasive Computing, v. 5, n. 1, p. 25-33, 2006. doi: 10.1109/MPRV.2006.2.

ANÁLISE COMPARATIVA DO PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO COM USO DA METODOLOGIA BIM 5D: ESTUDO DE CASO

Aluno: Anderson dos Santos Sena

Professora orientadora: Cristina Toca Perez

RESUMO

O orçamento na construção civil é uma das peças mais fundamentais na formação e sucesso do empreendimento. É com base nele que é possível estimar o custo para execução, realizar o planejamento e manter o controle da obra. O seu erro pode ocasionar a construção de um projeto não lucrativo. Sua elaboração, portanto, demanda tempo, além de estar suscetíveis a erros devido a interpretações equivocadas de projetos ou falhas humanas que geram quantitativos errados, ocasionando em orçamentos superfaturados ou subestimados. Nesse contexto, a metodologia BIM vem mostrando vantagens devido às possibilidades de gerar orçamentos mais rápidos e precisos, além de possibilitar a exploração de alternativas construtivas no projeto. Assim, este artigo busca avaliar o uso desta metodologia no processo de orçamentação, utilizando um projeto disponibilizado pelo FNDE e realizando uma análise comparativa dos resultados proveniente de três processos diferentes de orçamento com uso de software BIM. Foi possível constatar que essa metodologia possui vantagens em relação ao método tradicional, gerando orçamentos mais precisos, rápidos e que demandam menos esforços.

Palavras-chave: BIM; 5D BIM; Orçamento; SINAPI; FNDE; Revit; Arquimedes.

1. INTRODUÇÃO

Na construção civil, os orçamentos são fundamentais no processo de formação e desenvolvimento dos projetos. Além de estimar os custos, eles também são utilizados no planejamento e controle das obras, auxiliando o gestor nas tomadas de decisão. Para Andrade Jr (2013), a viabilidade de um empreendimento está estritamente relacionada à sua estimativa de custos e, para isso, o orçamento é indispensável, sendo que o seu erro pode ocasionar na construção de um projeto não lucrativo.

No entanto, o processo de formação de orçamento de uma obra não é simples. Para Limmer (1997) apud Santos (2014), o orçamento é complexo, sendo agravado pela não uniformidade da produtividade da mão de obra, falhas e omissões nos projetos, ao grande número de serviços a serem executados e à variação contínua dos preços de insumos.

Para a orçamentação de uma obra, é necessário o levantamento dos serviços e suas respectivas quantidades, obtidas através de projetos desenvolvidos pela plataforma *Computer Aided Design* (CAD). Mattos (2006) afirma que esta etapa de levantamento de serviços é realizada através da interpretação aprofundada dos desenhos, planos e especificações da obra, ficando a cargo do orçamentista a correta interpretação.

Para Ribeiro (2014), os erros cometidos no levantamento de quantitativos é um dos principais fatores formadores de um orçamento falho. Aram (2014) apud Santos (2015) complementa afirmando que, assim como todas as atividades humanas, os levantamentos manuais estão cercados de erros e demandam tempo do orçamentista.

Segundo Cândido (2013), o trabalho de orçar uma obra exige bastante conhecimento, pois é uma tarefa baseada na interpretação de vários desenhos contendo várias especificações, não sendo raras as vezes em que o orçamentista deve orçar o projeto novamente, porque uma especificação de projeto foi alterada durante o processo orçamentário.

Decorrente as limitações da plataforma CAD, o setor da construção civil vem buscando alternativas que otimizem o processo de formação do orçamento, de maneira que sejam aprimoradas todas as fases do projeto: da concepção até o gerenciamento e a manutenção do empreendimento.

Neste contexto, a metodologia *Building Information Modeling* (BIM)¹ é considerada como avanço da plataforma CAD, auxiliando assim no orçamento do projeto. Para Harano Júnior (2016), orçamento é um plano financeiro do projeto ou serviço. Para a determinação deste plano, é necessário realizar levantamento dos custos diretos e indiretos, impostos e lucros.

Com o intuito de buscar práticas que auxiliem no desenvolvimento do orçamento de obras e aumentar a produtividade e a assertividade desta tarefa, que é de suma importância para as construtoras, este trabalho objetiva comparar os resultados obtidos em três processos de orçamentação diferentes: (1) modelagem do projeto através do *software* Revit (Etapa 1); (2) orçamentação do projeto a partir de três diferentes processos (Etapa 2); e (3) análise dos resultados obtidos com os diferentes *softwares* (Etapa 3).

Para obtenção dos preços unitários, foram utilizados o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Por último, serão identificados os benefícios e as dificuldades em cada um dos processos estudados. Com o intuito de alcançar este objetivo, foi realizado um Estudo de Caso num projeto de uma unidade escolar desenvolvido pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE).

¹ Modelagem da Informação na Construção.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para Harano Júnior (2016), orçamento é um plano financeiro do projeto ou serviço. Para a determinação deste plano, é necessário realizar levantamento dos custos diretos e indiretos, impostos e lucros.

Mais especificamente, a elaboração do orçamento envolve, segundo Barbosa (2014) apud Coelho (2010), etapas como levantamento de quantitativo de material, mão de obra e equipamentos para cada serviço, os coeficientes de produtividade da mão de obra, custos financeiros e administrativos e a carga tributária sobre cada serviço.

Para Barbosa (2014) apud Jiang (2011), o processo orçamentário tradicional consiste em selecionar individualmente cada elemento nos desenhos CAD, para obter as respectivas quantidades, determinar as suas dimensões e então introduzi-las manualmente na lista dos itens e materiais envolvidos no projeto para obter então o custo relativo para cada serviço, sendo utilizado para isso o custo unitário de referência.

Segundo o Decreto nº 7.983/2013, o Custo Unitário Básico (CUB) de referência é o valor unitário para execução de uma unidade de medida do serviço previsto no orçamento de referência e é obtido com base nos sistemas de referência de custos ou pesquisa de mercado. No Brasil, existem bancos de custo unitário com atualizações constantes e que possui em sua base diversas composições de serviços. Neste segmento, o SINAPI é referência nacional, sendo destaque por ser a principal ferramenta no qual a administração pública define o valor necessário para os serviços e obras de engenharia.

É nesta etapa de elaboração do orçamento que surge a metodologia BIM. Segundo Santos, Costa e Grilo (2016), este termo apareceu em 1992 em um artigo chamado "*Modelling multiple views on buildings*"² publicado no "*Automation and Construction*"³. O autor do artigo propôs uma nova metodologia de modelagem das informações baseada em múltiplos aspectos, possuindo como uma das principais vantagens a possibilidade de introduzir informações nos projetos. Esta característica possibilitou um avanço no modo como os projetos são elaborados, permitindo a todos os envolvidos nas etapas construtivas o fácil acesso a informações importantes.

O conceito de BIM vai além da representação gráfica em três dimensões (altura, comprimento e largura). Para Calvert (2013), esta metodologia pode atingir mais três níveis, de acordo com o tipo de informações presentes no projeto. Para este autor, ao adicionarmos a dimensão de tempo, é obtido o BIM 4D, onde é possível detalhar o planejamento das atividades. Quando são acrescentados aspectos sobre estimativas de custos, possibilitando análises detalhadas sobre orçamento do projeto, é então criada a quinta dimensão, o BIM 5D.

² Modelando múltiplas visões na construção

³ Automação e Construção.

A metodologia do BIM 5D possibilita, segundo Paula, Gouvêa e Lorenzi (2013) apud Eastman et al (2011), a extração de quantitativos de componentes, quantidades de material, área e volume dos espaços presentes nos projetos, assim como ferramentas para exportação de dados quantitativos em uma planilha ou uma base de dados externa. Tais recursos, para Araújo, Lino e Couto (2016) apud Mitchell (2012), permitem a elaboração automática de todos os custos, através da alimentação do *software* com o custo unitário de referência SINAPI, por exemplo, proporcionando assim uma redução do tempo despendido na elaboração de orçamentos e maior precisão das quantidades retiradas, por causa da redução das ambiguidades criadas pela utilização de modelos em CAD e pela consulta de informação externa ao modelo.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho adotou como método de Pesquisa o Estudo de Caso (YIN, 2001). O Estudo de Caso foi baseado no projeto de um empreendimento educacional padrão do FNDE. O estudo pode ser dividido nas seguintes etapas: (1) modelagem do projeto através do *software* Revit (Etapa 1); (2) orçamentação do projeto a partir de três diferentes processos (Etapa 2); e (3) análise dos resultados obtidos com os diferentes *software* (Etapa 3).

O empreendimento escolhido para o estudo faz parte do projeto do Espaço Educativo Rural de uma Sala de Aula. Essa edificação possui um pavimento, idealmente realizado para ser implantado em assentamentos ou pequenas comunidades rurais nas diversas regiões do Brasil. A escola tem capacidade de atendimento de até 60 alunos, em dois turnos (matutino e vespertino), e até 30 alunos em período integral e foi projetado para um terreno mínimo de 35 x 25 m.

3.1. Etapa 1: Modelagem do projeto

A partir do projeto disponibilizado pelo FNDE, através da plataforma CAD e memorial descritivo, foi desenvolvida a modelagem utilizando o *software* Revit da Autodesk versão 2018. Primeiramente, foram iniciadas as configurações dos elementos a serem representados, como por exemplo, espessura e camadas da alvenaria e dimensões dos revestimentos cerâmicos. Após esta etapa, foram modelados as paredes e o sistema de cobertura, respeitando as indicações do memorial. As janelas foram locadas com as dimensões de projeto, assim como o sistema de piso.

Como a modelagem do projeto foi realizada objetivando o orçamento, o nível de detalhamento dos objetos e as configurações carregadas foram apenas as necessárias para esta etapa, de forma que possa ser gerado o levantamento preciso de quantitativos.

3.2. Etapa 2: Orçamentação

Após o processo de modelagem, foram selecionados os principais serviços que seriam estudados neste trabalho, sendo estes: (1) alvenaria de vedação com blocos cerâmicos 9 x 19 x 39 cm em 1/2 vez; assentamento com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia); (2) revestimento com chapisco em parede com argamassa traço 1:3 (cimento e areia); (3) revestimento cerâmico para piso com placas de dimensões 40 x 40 cm antiderrapante; e (4) trama de madeira composta por ripas, caibros e terças para telhados de até 2 águas.

Após esta seleção, foram realizados os três processos de orçamentação de forma a obter a quantidade dos serviços e o custo unitário com base no SINAPI. No primeiro processo, denominado neste estudo de Processo A, os quantitativos foram obtidos a partir da planilha disponibilizada pelo FNDE, assim como os preços unitários baseados pelo SINAPI, que foram atualizados e preenchidos de maneira manual utilizando o *software* Microsoft Excel. Para o segundo processo (Processo B), obteve-se os quantitativos com uso do Revit e a introdução dos preços foi realizada de maneira manual, enquanto que, para o terceiro processo, chamado de Processo C, os quantitativos e preços unitários foram obtidos a partir do *software* de orçamento 5D, denominado Arquimedes, da Multiplus.

3.3. Etapa 3: Análise dos resultados

A análise dos dados foi realizada através da natureza comparativa e quantitativa, na qual são comparados os processos de elaboração do orçamento a partir da modelagem do projeto e, posteriormente, a análise quantitativa dos resultados obtidos provenientes dos métodos orçamentários.

4. RESULTADOS

4.1. Processo de orçamentação utilizando o Microsoft Excel

Para este processo, foram utilizados os dados dos levantamentos fornecidos pelo FNDE. Após o preenchimento no *software* Microsoft Excel, os custos unitários foram pesquisados na base de preços do SINAPI, conforme o código do serviço. O resultado final do orçamento foi proveniente do produto entre o quantitativo e o custo unitário.

4.2. Processo de orçamentação utilizando o Revit

O *software* Revit permite, após a modelagem do projeto, a quantificação automática dos materiais com base nos elementos e configurações criadas pelo projetista. Através da opção tabela/quantidades é possível ter acesso as essas informações.

Após buscar custo unitário dos serviços na base de preços e inseri-lo no REVIT, o programa automaticamente retorna o valor final do orçamento. Da mesma maneira do primeiro procedimento, o orçamentista precisa realizar esta tarefa manualmente, para que seja possível a elaboração da planilha. Vale ressaltar ainda que o programa utiliza métodos computacionais para o levantamento de materiais, ou seja, não é possível configurar os critérios de medições. Por exemplo, no levantamento de quantitativos de alvenaria ou revestimentos de parede, não é possível adotar o critério da área bruta com desconto, apenas de vãos com áreas superiores a 2 m².

4.3. Processo de orçamentação utilizando o software Arquimedes

Para este processo, é necessário que o projeto BIM seja importado para o programa de orçamento. Para tanto, os quantitativos foram extraídos a partir da interação entre o Revit e Arquimedes. Esta integração permite que o orçamentista tenha acesso a informações pertinentes ao projeto, como, por exemplo, quantitativo de materiais e serviços, quadro de áreas, características físicas e dimensões dos objetos e elementos que compõem o projeto. Após a vinculação do projeto no programa Arquimedes,

o orçamentista pode escolher o banco de preços a ser utilizado e criar um orçamento vazio ou um orçamento com as composições de serviços já inseridas.

Para a vinculação automática das composições com os quantitativos presentes no orçamento, foi criado, durante a etapa de elaboração de projetos, materiais com as mesmas características do memorial descritivo e utilizado o código SINAPI no campo Keynote, para que haja a integração automática com o *software* de orçamento. Isto permitiu que, após a exportação, o programa gere automaticamente o orçamento com os preços unitários (conforme a base SINAPI escolhida) e os quantitativos.

Ainda que o SINAPI utilize como critério de medição a área líquida (com descontos) para serviços como alvenaria e revestimentos, há também a opção configurar e utilizar-se de outros critérios, caso seja necessário, ficando a cargo do orçamentista a aplicação destas regras, de forma a melhor atender às composições.

Além disso, o programa retorna à memória de cálculo dos valores obtidos individualmente separando por locais e pavimentos.

Assim como no processo B, qualquer alteração arquitetônica no projeto irá, de maneira automática, refletir nos quantitativos presentes no *software* e, conseqüentemente, no orçamento. Isso permite que seja explorada alterações no projeto sem sobrecarregar o orçamentista.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Neste item são analisados os resultados obtidos a partir dos três métodos de orçamentação.

Tabela 2 – Comparativo dos valores obtidos nos diferentes métodos de orçamentação

SINAPI	SERVIÇO	CUSTO UNITÁRIO R\$	QUANTITATIVO (M ²)		
			Processo A	Processo B	Processo C
87477	Alvenaria de vedação com blocos cerâmicos 9 x 19 x 39 cm em ½ vez assentamento com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia)	R\$ 33,80	R\$ 184,45	R\$ 183,88	R\$ 183,54
87905	Chapisco em parede com argamassa traço 1:3 (cimento e areia)	R\$ 6,42	R\$ 393,68	R\$ 366,61	R\$ 366,40
97251	Revestimento cerâmico para piso com placas de dimensões 40 x 40 cm antiderrapante	R\$ 28,65	R\$ 101,55	R\$ 111,42	R\$ 111,42
92539	Trama de madeira composta por ripas, caibros e terças para telhados de até 2 águas	R\$ 55,15	R\$ 159,35	R\$ 151,92	R\$ 151,92
TOTAL (R\$)			R\$ 20.459,40	R\$ 20.139,35	R\$ 20.126,51

Fonte: Os autores(2018)

Observa-se na Tabela 2 que os processos B e C apresentaram valores semelhantes, tendo em vista que ambos foram obtidos através da metodologia BIM. Há, no entanto, valores divergentes comparados ao processo A.

Essa diferença pode ser ocasionada devido a falhas humanas ou à precisão na metodologia de levantamentos utilizada pelo FNDE. Nota-se que o item chapisco foi o que apresentou a maior discrepância, com um desvio de aproximadamente 5% da média. Deve-se descartar dos quantitativos também as majorações para compensar as perdas dos materiais, uma vez que o SINAPI já adota essas majorações nas composições de preço unitária.

Apesar da diferença do quantitativo apresentada, não houve impactos significativos no valor final do orçamento. As maiores diferenças, no entanto, foram nas vantagens e desvantagens dos processos de orçamentação.

A principal dificuldade do processo A foi a atualização e inserção dos preços unitários. Isso se deve ao fato de todo processo ser realizado de maneira manual – da busca pelo código à digitação dos custos unitários. Desta forma, qualquer alteração do projeto ou atualização da base de preço irá requerer que o processo seja refeito.

O processo B, no entanto, possui vantagens na precisão e rapidez na extração dos quantitativos dos serviços. Porém, assim como no processo A, toda etapa de inserção dos custos unitários teve que ser realizada de maneira manual e qualquer atualização monetária nos custos acarreta em um novo trabalho. Dessa maneira, apesar da quantificação automática, o processo perde em facilidade de uso e automatização, se comparada ao processo C. Além disso, este procedimento não retornou nenhuma memória de cálculo, para que o cliente final do orçamento (ente público ou licitante) possa conferir os dados apresentados.

No terceiro processo (C), tanto a quantificação quanto a precificação foram realizadas de maneira automática. O grau de facilidade e precisão são maiores do que ambos os processos anteriores e as possibilidades de explorar adequações nos projetos e obter os custos são feitas de maneira automática. Sendo assim, este processo possui maiores vantagens na precisão, agilidade e automatização.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho visou a utilização da metodologia BIM no processo de orçamentação, utilizando um projeto disponibilizado pelo FNDE. Foram utilizados para isso três processos, que permitiram observar a agilidade, precisão, facilidade e o esforço necessário para realização desta metodologia.

Como benefícios, foi possível fazer um comparativo do processo de orçamentação utilizando diversos procedimentos. Além disso, foi possível realizar uma análise dos quantitativos presentes na planilha orçamentária disponibilizada pelo FNDE e comparar com os quantitativos extraídos por programas computacionais.

A principal dificuldade identificada neste trabalho foi a modelagem do projeto a partir da plataforma CAD. Isso se deve ao fato de que, para o correto uso da metodologia BIM, os projetistas necessitam desenvolver seus projetos com informações e detalhes nunca antes necessários ao utilizar a plataforma CAD, exigindo deles o domínio do *software*. Mas apesar de isso gerar mais esforço e conseqüentemente demandar mais tempo na elaboração do projeto arquitetônico, esta tarefa agrega mais precisão e menos erros nas etapas conseqüentes (orçamento, planejamento, execução etc.), o que aumenta a qualidade final do projeto.

A principal contribuição deste trabalho foi constatar que o uso da metodologia BIM voltada para a orçamentação de obras requer, para que seja bem-sucedido, o uso de ferramentas adequadas que envolvam todo o processo de desenvolvimento do projeto, não somente da modelagem. Não foi possível obter resultados satisfatórios através de um único *software*, sendo necessário, portanto, o uso de programas específicos voltados para esta metodologia.

Por fim, foi possível utilizar a metodologia BIM para realizar a orçamentação dos serviços propostos. Foram constatadas as principais vantagens comparadas ao método tradicional, sendo a maior delas a agilidade, a praticidade e a precisão das ferramentas.

7. REFERÊNCIAS

ARAM, S.; EASTMAN, C.; SACKS R. **A Knowledge-Based Framework for Quantity Takeoff and Cost Estimation in the AEC Industry Using BIM**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION AND MINING (ISARC), 31, 2014, Sydney. Proceedings. Sydney, 2014.

ARAÚJO, Joana; LINO, José Carlos; COUTO, João Pedro. **Ferramentas BIM de apoio gestão de obra**. 2016. 13 f. 1º Congresso Português de Building Information Modelling, Universidade do Minho, Guimarães, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Joana_Araujo10/publication/311845064_FERRAMENTAS_BIM_DE_APOIO_A_GESTAO_DE_OBRA/links/585d0c0e08ae8fce48fe438f/FERRAMENTAS-BIM-DE-APOIO-A-GESTAO-DE-OBRA.pdf>. Acesso em: 14 set. 2017.

BARBOSA, Ana Cláudia Monteiro. **A Metodologia BIM 4D e BIM 5D aplicada a um caso prático Construção de uma ETAR na Argélia**. 2014. 180 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2014. Disponível em: <<http://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/5571>>. Acesso em: 14 set. 2017.

BRAGA, P. R. **Levantamento de quantitativos com uso da tecnologia BIM**. 130p. 2015. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015. BRASIL. Decreto nº 7.983, de 8 de abril de 2013. Regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União, Brasília, DF, abril 2013.

CANDIDO, Manoel Rodrigo Nicodemos. **A tecnologia BIM como ferramenta para levantamento de quantitativos**. 87 f. il. 2013. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2013.

COELHO, V. M. (2010). **Estudo sobre a importância e a aplicabilidade do Factor "Mark-up" na Orçamentação da Construção Civil em Pequenas e médias empresas**. Lisboa: IST: Instituto Superior Técnico.

EASTMAN, Chuck et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011. 626 p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=-GjrBgAAQBAJ&dq=EASTMAN,+Chuck+BIM+Handbook.&lr;=&hl=pt-BR&source=gbs_navlinks_s>. Acesso em: 14 out. 2017.

HARANO JUNIOR, Marcos Massayuki. **BIM 4D e 5D - Planejamento e Orçamentação**. 2016. 131 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal, 2016. Disponível em: <<http://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/9915>>. Acesso em: 14 set. 2017.

JIANG, Xinan. **Developments in cost estimating and scheduling in BIM technology**. 2011. 88f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Civil Engineering, The Department Of Civil & Environmental Engineering, Northeastern University Boston, Massachusetts, 2011. Disponível em: <<https://search.proquest.com/openview/a8dc41f96a6107e652b09b075ce58400/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>>. Acesso em: 14 set. 2017. LEE, S.; KIM, k.; YU, J. BIM and Ontology-based approach for building cost estimation. Journal of Information Technology in Construction (iTcon). v. 41, p. 96-105. 2014.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**. São Paulo: Editora Pini, 2006.

MITCHELL, David. **5D BIM: Creating cost certainty and better buildings**. In: RICS COBRA 2012-the annual RICS international research conference. 2012. p. 1-9. Disponível em: <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC27547.pdf>. Acesso em: 14 set. 2017.

PAULA, Felipe Alves de; GOUVÊA, Leandro Brito de; LORENZI, Pedro Caldas. **Análise de ferramentas de modelagem na elaboração de um modelo BIM 5D**. 2013. 70 f. TCC(Graduação)- Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, método tradicional e experimentos em tecnologia BIM. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, SC, Brasil, v. 6, n. 12, p. 134-155, jan. 2014. Curitiba, 2013. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/2/2c/TCC_2013_Felipe_Alves_de_Paula_e_Leandro_Brito_de_Gouvea_e_Pedro_Caldas_Lorenzi.pdf>. Acesso em: 14 set. 2017.

RIBEIRO, Renata Lucia; IOSHIMOTO, Eduardo. **Falhas potenciais em orçamentos**. *Téchne*, ago. 2014. *Téchne Educação*, p. 2. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/209/artigo326239-1.aspx>>. Acesso em: 19 ago. 2017. Disponível em: <http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/viewFile/2525/pdf_64>. Acesso em: 19 ago. 2017.

SANTOS, Gabriel Chiachio Silva. **Aplicação da tecnologia BIM 5D na integração do modelo com o orçamento e planejamento**. 2015. 122 p. Monografia (Curso de Engenharia Civil)- Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2015. Disponível em: <<http://www.gpsustentavel.ufba.br/downloads/BIM%205D%20Integrado.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

SANTOS, Rúben; COSTA, António A.; GRILLO, António. **Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015**. 2016. 19 f. Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016.

O USO DE DRONES NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUAS APLICAÇÕES

Aluna: Fernanda Ferreira Prates

Professora orientadora: Luara Batalha Vieira

RESUMO

Devido ao avanço tecnológico e à entrada na nova era digital da indústria, o setor da construção civil tem apresentado bastante necessidade em explorar inovações tecnológicas surgidas no mercado, com o intuito de aprimorar seus processos. Entre essas tecnologias, encontram-se imersos os VANTS (Veículos Aéreos não Tripulados), ou drones. Atualmente, na construção civil, o uso deste equipamento já se encontra presente em diversas áreas, como a inspeção predial, monitoramento de canteiro de obras, mapeamento de terrenos, BIM, acompanhamento das fases e publicidade da obra. O presente artigo tem como objetivo trazer de forma exploratória os benefícios e as contribuições da utilização de drones e suas respectivas aplicações dentro do ramo da Engenharia Civil. A pesquisa envolve o estudo de caso, que consiste no acoplamento de drone com uma câmera termográfica para analisar possíveis patologias encontradas em fachadas, através de voos realizados em duas edificações, sendo uma para teste do equipamento com patologias aparentes e outra com marcações ao longo da fachada, anteriormente realizadas por uma empresa determinada. Os resultados mediante à adaptação do equipamento não apresentaram clareza, mas a pesquisa apresenta sugestões de ferramentas adequadas para o tipo de serviço. As principais contribuições deste trabalho são: a importância do uso da tecnologia dos VANTS na construção civil, formas de contribuição do equipamento em cada área do ramo, requisitos e informações básicas necessárias para realização de voos e avaliação por meio de estudos da utilização específica para inspeção predial adjunto a imagens térmicas capturadas durante o voo.

Palavras-chave: Veículo Aéreo não Tripulado; Construção Civil; Aplicações.

1. INTRODUÇÃO

A indústria mundial tem sofrido diversas mudanças e são essas as Revoluções Industriais. Atualmente, vive-se no conceito de Indústria 4.0, ou seja, Quarta Revolução Industrial, que visa fabricar produtos inteligentes em equipamentos inteligentes, sendo a ideia principal uma produção inteiramente conectada ao mundo virtual ou digital (SILVA et al., 2018).

Silva et al., (2018) também afirmam que, para atender às necessidades humanas e do mercado mundial, a indústria necessita de maior agilidade, eficiência e eficácia para atender demandas com maior rapidez em processos e redução de custos.

Segundo Coutinho et al. (2017), o setor da construção civil, que ainda pode ser visto como resistente e robusto, já não vem sendo mais o mesmo com o avanço da tecnologia. Processos, equipamentos e materiais novos estão conquistando espaço no ramo, originando práticas inovadoras, como, por exemplo, a modelagem BIM (*Building Information Modeling*), uso de materiais sustentáveis na construção, tablets para controle de execução de obra, equipamentos

robotizados em canteiro de obras e a utilização de Veículos Aéreos não Tripulados (VANTS), também conhecidos como drones.

Os VANTS atualmente passaram a ser bem disseminados no meio da construção civil devido à facilidade de operação e agilidade nos processos, resultando em menores custos e em resultados visuais de boa qualidade, passando assim a ser uma ferramenta promissora para contribuir em várias áreas da Engenharia Civil.

Nesse contexto, este artigo objetiva apresentar a utilização dos drones na construção civil e quais suas possíveis aplicações, vantagens, desvantagens e contribuições que a tecnologia pode gerar para o ramo e para a nova era da indústria. Como demonstração, foi realizado um estudo de caso em duas edificações, com foco no acoplamento do VANT, utilizando uma câmera termográfica com o fim de inspecionar patologias em fachadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A construção civil sempre foi um ramo presente na civilização e, apesar de muito antiga no cotidiano do homem, não tem evoluído como deveria. Ainda se presencia no Brasil métodos de obra arcaicos, que já deveriam ter sido desvalidos, assim como a despreocupação com a produtividade e as ferramentas para aprimoramento. Com isso, as empresas atualmente já vêm considerando a importância e a necessidade do investimento nas tecnologias (COELHO, 2015).

Segundo Silva (2017), atualmente as edificações são executadas de maneira artesanal e apresentam necessidade de uma quantidade elevada de profissionais em campo para a obtenção de dados *in loco*, levantamento de medidas, topografias, áreas degradadas e de difícil acesso e outros diversos obstáculos que podem inviabilizar os levantamentos em campo e colocar em risco a segurança dos profissionais.

O processo de modernização industrial vivenciado nos últimos anos fez com que o campo de opções tecnológicas e gerenciais fosse bem vasto e disponível para o empresariado brasileiro (DACOL, 1996). Entre as inovações tecnológicas, uma das mais discutidas atualmente no meio acadêmico é a utilização de VANTS (Veículos Aéreos não Tripulados) (SILVA et al., 2018).

Os Veículos Aéreos não Tripulados (VANTS), popularmente conhecidos como drones e, em inglês, denominado como *Unmanned Aerial Vehicles/Systems* (UAV/UAS), são definidos como toda aeronave projetada para operar sem piloto a bordo e que não seja de caráter recreativo (ANAC, 2015).

A normatização do uso de drones no Brasil é feita pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), que dispõe uma série de regulamentações, que são complementares às normas estabelecidas de outros órgãos públicos, como o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), criando um ambiente mais seguro para pessoas e bens de terceiros, com a realização de operações com estes aparelhos (BATISTA, 2018).

De acordo com Melo (2015), várias notícias oriundas de jornais, revistas e sites em níveis nacionais e internacionais apontam que os VANTS podem trazer um grande suporte para diversas áreas da construção de forma rápida e eficiente e com um custo reduzido.

A utilização na engenharia civil ainda é muito recente, mas, analisando uma série de pesquisas, vários estudos já estão sendo realizados para a introdução dessa tecnologia na área e revelam um aumento crescente da inserção da tecnologia no setor. O uso de drones está cada vez mais sendo considerado como um futuro promissor, pois está diretamente ligado ao menor custo do equipamento e à qualidade no processamento de dados (MELO et al., 2015).

Entre as vantagens e desvantagens oferecidas pelo uso de drones na construção civil, podem ser apontadas como principais:

VANTAGENS:

- Maior eficiência;
- Maior alcance;
- Segurança;
- Estabilidade de voo;
- Redução de custos;
- Qualidade nos resultados apresentados.

DESVANTAGENS

- Dependência do clima;
- Impossibilidade de voo devido a obstáculos na área;
- Necessidade de profissional capacitado;
- Em caso de obter posse do equipamento, investimento inicial relativamente elevado.

Fonte: O Autor, (2019).

2.1. Inserção da tecnologia na construção civil e suas aplicações

No contexto da construção civil, pode-se encontrar várias aplicações para o uso de drones como métodos de substituição e/ou complementação dos métodos tradicionais dos serviços como, por exemplo, o mapeamento de terrenos para levantamento topográfico, Modelagem e Informação da Construção (BIM), logística e monitoramento de canteiro de obras, inspeção de estruturas, acompanhamento de etapas e marketing.

2.1.1. Mapeamento do terreno e Levantamento Topográfico

Sabe-se que a fotogrametria clássica continua sendo a melhor ferramenta para cobrir grandes extensões de mapeamento em escala do mapeamento sistemático, entretanto, em áreas de pequena dimensão, ou para levantamentos por períodos curtos, ela não é viável do ponto de vista econômico (PEGORARO, 2013).

O mapeamento convencional pode ser produzido por meio de imagens de satélites, mas, devido ao fato de algumas áreas serem consideradas relativamente pequenas, as imagens podem apresentar limitações quanto à resolução, sendo necessária a utilização de outros meios para averiguar o terreno. (ATAÍDE, 2016). Outra forma de se realizar esse processo é através da topografia executada na superfície terrestre, com levantamento angular e linear para os cálculos de volume, área e coordenadas. Entretanto, para se obter resultados mais satisfatórios, é necessário que o profissional tenha um vasto conhecimento e domínio sobre a instrumentação, métodos de cálculo e técnicas para medição (COELHO et al., 2017).

Tendo em vista as características citadas, o uso dos VANTS traz a possibilidade de se realizar um mapeamento georreferenciado (Figura 1) com alto nível de detalhamento, precisão e qualidade na resolução das imagens (COELHO et al., 2017). Com isso, para se realizar o levantamento topográfico, o equipamento deve possuir alguns recursos integrados, além dos que já fazem parte do próprio sistema, como sensores digitais, GPS e radares, sendo estes de tamanhos bem reduzidos para respeitar as limitações rigorosas de tamanho e peso impostas pelas normas regulamentadoras (PENG et al., 2009).

Figura 1 - Ortomosaico com imagens capturadas com drone



Fonte: Geosense, (2018).

2.1.2. BIM - Building Information Modeling

De acordo com Eastman (2008), o BIM (*Building Information Modeling*) ou Modelagem de Informação da Construção, é um modelo digital realizado a partir de um arquivo padrão, que possui dados que contribuem no desenvolvimento do projeto e no ciclo da construção, tendo como objetivo uma maior clareza, organização e melhoria nos processos e resultados.

O uso do BIM não se limita apenas ao edifício no estado futuro, também pode ser potencialmente utilizado para as edificações já construídas, principalmente as históricas, por conta da dificuldade no levantamento de informações e registros de projetos *as built* (COSTA et al., 2018).

Costa et al. (2018) também afirma que a captura de situações reais de uma edificação ou de uma área que ainda está para ser construída para a geração do modelo 3D e do projeto pode ser automatizada através da junção das tecnologias BIM e de VANTS, ou seja, o BIM com a fotogrametria, pois permitiria maiores precisões e automatização no levantamento de nuvens de pontos para a simulação da edificação. Além disso, os custos para a obtenção de dados serão reduzidos e a velocidade do serviço será mais rápida.

2.1.3. Logística, monitoramento e segurança de canteiro de obras

Segundo Costa et al. (2015), de modo geral, não existe um modelo padronizado para planejar um *layout* de canteiro de obras, devido a cada obra conter suas respectivas particularidades, devendo assim cada uma ter seu planejador para logística. Com isso, haverá uma boa garantia de melhoria da segurança, produtividade, economia de tempo, custo de viagem e melhor utilização do espaço (RAZAVIALAVI, 2015).

De acordo com Hissam e Terrence (2001), os acidentes ocorridos nas obras devido à queda de materiais e, ferramentas e tráfego de veículos estão cada vez mais associados à desorganização do espaço.

Algumas obras podem apresentar portes maiores, onde a produtividade está espalhada por uma área mais extensa, isso também pode se tornar um fator crítico, devido à inspeção necessitar ser mais ativa (BEKAERT, 2018). Entretanto, de acordo com Costa et al. (2015), o surgimento de novas tecnologias, como os drones, tem possibilitado um melhor planejamento do local e acompanhamento das atividades e funcionários (Figura 2). Ou seja, em construções com vários pavimentos, os VANTS podem ser usados diariamente, monitorando questões como o uso de EPIs, evolução dos trabalhos e utilização racionalizada dos recursos e materiais e cobrindo pontos cegos da estrutura.

A utilização dos drones para esse tipo de função se faz bastante vantajosa, mas é de grande importância serem pilotados por profissionais capacitados para que não haja acidentes. E ainda assim, mesmo com o uso dessa tecnologia, não se pode dispensar o fato de haver um responsável técnico presente rondando determinadas áreas, para que possam conversar e alertar os profissionais durante o serviço, em razão de ser um equipamento que não pode adentrar determinadas regiões internas e alguns não possuem um sistema remoto de áudio (IRIZARRY et al., 2012).

Figura 2 - Monitoramento dos funcionários no canteiro



Fonte: O Autor, (2017).

2.1.4. Inspeção de Estruturas

O desenvolvimento de diferentes sistemas para a inspeção e monitoramento das construções tem recebido uma grande atenção nos últimos anos, pois, se forem realizados de forma efetiva, podem contribuir satisfatoriamente para a redução de custos com reparações, principalmente em casos de obras de grande porte, como barragens, pontes, edifícios com vários pavimentos e monumentos altos (FALORCA et al., 2018).

Falorca et al. (2018) afirmam também que os métodos de inspeção tradicionais são baseados normalmente em exames visuais das construções, que, muitas vezes, devido às dificuldades de acesso ao local, é necessário utilizar-se de equipamentos especiais e de alto custo, como andaimes, plataformas, balancins, elevadores de lança etc., além de outros tipos de testes e ensaios para averiguar as estruturas, podendo também colocar em risco a vida de funcionários durante os procedimentos, principalmente em grandes alturas.

Atualmente, além dos métodos convencionais citados, outra forma que vem sendo estudada e utilizada para inspecionar as construções é o uso da termografia, que é uma técnica não destrutiva que tem como princípio a capacidade do corpo de emitir radiação natural de maneira proporcional à sua temperatura devido à sua emissividade (OLIVEIRA FILHO, 2012), fazendo com que se possa enxergar determinadas patologias não visíveis a olho nu.

Para tornar mais eficiente os processos de inspeção, principalmente em ambientes externos e muitas vezes de difícil acesso, o uso de drones passou a ser mais requisitado. O fato de esses equipamentos possuírem câmeras de alta resolução, múltiplos sensores e disponibilizarem meios para acoplamentos de outras ferramentas, como, por exemplo, as câmeras termográficas, fizeram com que os métodos de verificação das estruturas tivessem um ganho imenso de velocidade e segurança (BATISTA, 2018).

Com relação às inspeções das estruturas, a utilização de drones ainda pode ser vista como complementação dos métodos tradicionais, pois nem todas as patologias poderão ser detectadas somente com processos visuais. Logo, ainda se faz necessário, muitas vezes, a presença de um profissional técnico na área realizando os respectivos ensaios.

2.1.5. Acompanhamento das etapas da obra

No caso de andamento de obra, cada etapa exige várias observações e estudos detalhados, abrangendo as fases de análise do terreno, planejamentos, projetos, as etapas da construção em si, até o seu término. E como meio de facilitar esses estudos, o uso de drones pode proporcionar dados mais estratégicos e eficientes, de maneira mais rápida, trazendo melhorias para o andamento do projeto e planejamento das construções.

O acompanhamento das etapas da obra com a utilização de VANTS pode ser bastante vantajoso, pois o equipamento fornece imagens de grande qualidade devido à sua estabilidade, consegue alcançar áreas consideradas de alta periculosidade, proporcionando assim a segurança dos trabalhadores.

Outros benefícios que podem ser trazidos pelos drones são os fatores de tempo e economia, pois dispensa o aluguel de aeronaves para visão aérea da obra e também a contratação de mão de obra para determinados serviços que podem durar vários dias, como, por exemplo, o levantamento topográfico.

O quesito da utilização de VANTS pode trazer também a possibilidade de os clientes acompanharem a evolução da construção (Figuras 3, 4 e 5), os poupando de se deslocar até o local, ou seja, eles recebem as imagens e podem, assim, ficar a par de cada passo sem precisar visitar frequentemente o local, gerando uma economia de tempo e dinheiro.

Figuras 3, 4 e 5 - Acompanhamento de obra



Fonte: O autor, (2015).



Fonte: O autor, (2017).



Fonte: O autor, (2017).

O uso de drones não serve apenas para fins técnicos, eles podem ser úteis também para divulgação do empreendimento que será ou está sendo construído, ajudando o setor imobiliário a comercializar, pois permite que o cliente veja exatamente qual será sua vista, como está o andamento, ter uma visualização de determinadas áreas que muitas vezes passam despercebidas ou de difícil acesso.

Com isso, a utilização dos VANTS nesse setor se faz de extrema importância, pois possibilita que os investidores não tenham a ideia daquela construção apenas com modelos digitais, mas sim com imagens reais, que propiciam ver com clareza todo o entorno da edificação e toda sua evolução.

3. ESTUDO DE CASO

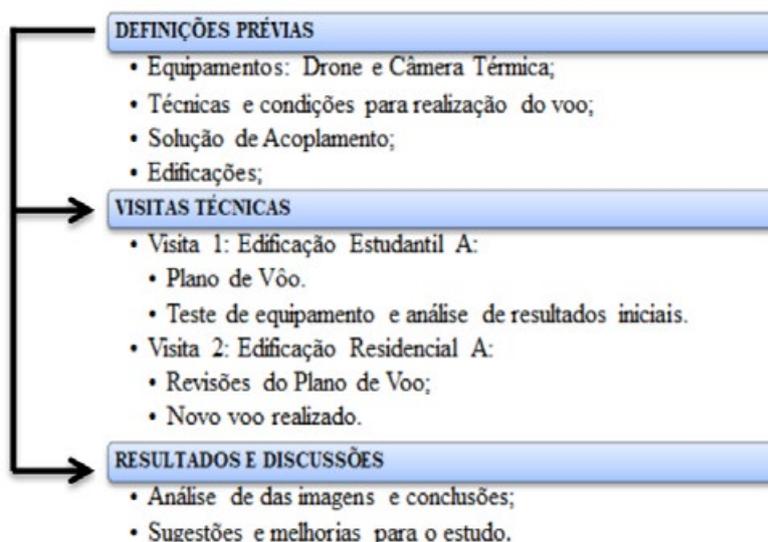
O Estudo de Caso objetiva demonstrar uma das utilizações dos VANTS com o acoplamento de uma câmera termográfica, a fim de inspecionar duas edificações e verificar através das imagens captadas a presença de patologias ao longo da fachada.

Vale ressaltar que essa metodologia faz parte de um projeto prático, que buscou apresentar o uso da termografia na inspeção de fachadas, sendo o primeiro caso a integração do drone com a câmera termográfica, análise de seus resultados e sugestões para melhoria da utilização conjunta.

Esse estudo foi desenvolvido entre os meses junho e outubro de 2018, em duas edificações, caracterizadas como Estudantil A e Residencial A, localizadas na região de Salvador, Bahia. Os edifícios foram selecionados devido ao fato de apresentarem patologias visíveis a olho nu e marcações já realizadas por uma determinada empresa, por toda extensão da fachada sinalizando patologias encontradas e algumas suspeitas. A primeira (Estudantil A) foi designada apenas para testar o equipamento e observar as imagens resultantes desta primeira etapa.

Com isso, buscou-se fazer um estudo com uma câmera termográfica acoplada a um drone para verificar, por meio das análises de resultados obtidos, se esse seria um método complementar à inspeção convencional ou de substituição.

Figura 6 - Fluxograma das etapas do estudo



Fonte: O autor (2019).

3.1. Equipamentos e solução de acoplamento

Nesta primeira etapa da metodologia, foram definidos os equipamentos a serem utilizados: uma câmera termográfica modelo Catterpillar S60, um drone de modelo Inspire 1 da marca DJI, e a solução de acoplamento entre eles foi feita utilizando um adaptador da câmera GoPro (Figura 7).

Figura 7 - Equipamentos utilizados e solução de acoplamento



Fonte: O autor (2018).

3.2. Técnicas e condições para realização dos voos

Para controlar a câmera termográfica acoplada na parte traseira do drone, todos os voos foram realizados com comandos inversos, o que exigiu que o operador tivesse experiência nessa técnica, visto que há risco de perda de controle do VANT. Além disso, por se tratar de uma adaptação, a tela do celular termográfico não está diretamente ligada ao sistema do drone, assim, foi necessária a utilização de um aplicativo de espelhamento para que a tela do *smartphone* pudesse ser controlada pelo *tablet* em solo. Optou-se pelo aplicativo *Team View* para o espelhamento de imagens.

Antes de executar o procedimento de voo, algumas medidas foram tomadas para que não houvesse nenhum obstáculo na hora de voar, como, por exemplo, a consulta através de sites de previsão do tempo: utilizou-se o The Weather Channel. E também para conferência das condições climáticas com maiores precisões, consultou-se o aplicativo de celular UAV Forecast (Figura 8), onde se obtém informações de temperatura, velocidade do vento, precipitações, visibilidade, presença de nuvens e a conclusão se o dia está apto para voo ou não.

Figura 8 – Demonstração de condições climáticas através do aplicativo UAV Forecast

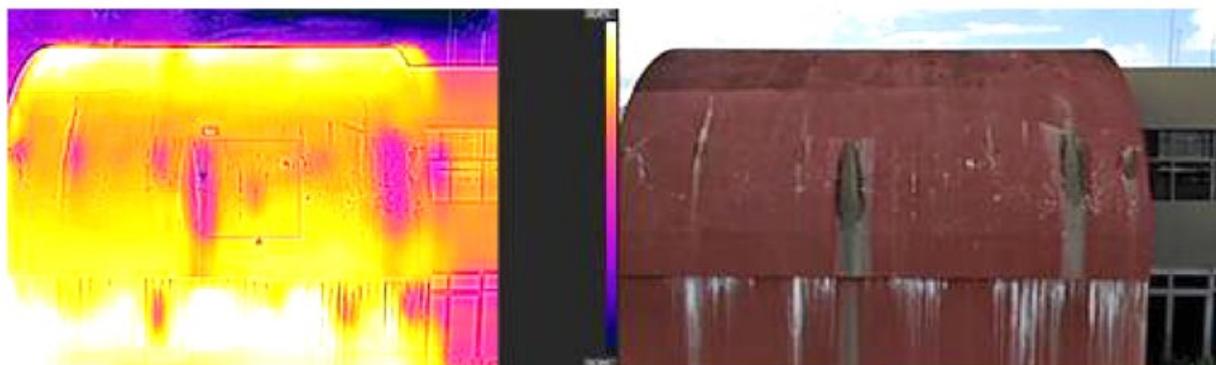


Fonte: O autor (2018).

3.3. Visita Técnica 1 – Teste do Equipamento

A primeira visita técnica foi realizada na Edificação Estudantil A, no dia 19 de junho de 2018, a partir do horário de 9h30 da manhã, onde o sol já estava totalmente incidente, deixando a fachada com patologia aparente a olho nu totalmente aquecida. Optou-se por esse pico de temperatura na fachada, por meio de estudos fundamentados de termografia, para ver se encontrava variações nos termogramas, ou seja, que se a patologia apresentasse algum destaque que a diferenciasse de regiões intactas na fachada através das cores e se outras também poderiam ser captadas. O objetivo desta visita foi somente para analisar o funcionamento do equipamento adaptado e quais os possíveis resultados que poderiam ser vistos nos termogramas.

Figura 9 – Imagens termográficas e RGB da fachada com patologias na Edificação Estudantil A



Fonte: O autor (2018).

Ao descarregar as imagens capturadas no *software* específico da câmera FLIR Tools (Figura 9), pode-se observar que as patologias caracterizadas como eflorescências presentes na fachada são diferenciáveis no termograma, apresentando uma temperatura mais baixa do que as outras regiões da fachada. Após conferir todas as imagens, não foi possível localizar e diferenciar outras possíveis patologias presentes na área, devido à qualidade da imagem não ser clara.

3.4. Visita Técnica 2

A segunda visita técnica foi realizada na Edificação Residencial A (Figura 10) em duas etapas e teve a finalidade de capturar imagens para avaliação do estado da edificação, que já apresentava marcações sinalizando algumas patologias encontradas na fachada.

Figura 10 e 11 - Edificação Residencial A com fachadas demarcadas e identificações



Fonte: O autor (2018).

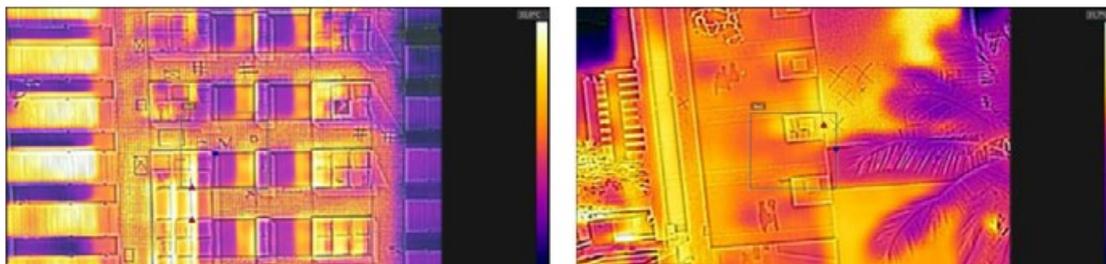


Fonte: Google Earth (modificado), (2018).

A primeira visita feita à Edificação ocorreu no dia 9 de agosto de 2018, com fotos capturadas de hora em hora no período de 9h a 12h, para tentar chegar à conclusão de qual seria o melhor horário, ou seja, a fachada aquecendo e totalmente aquecida, respectivamente. O dia apresentou poucas nuvens, com ocorrência de chuva no horário de 6 horas da manhã. Segundo consulta no site de previsão do tempo The Weather Channel, a temperatura em Salvador era mínima de 24 °C e máxima de 37 °C e umidade relativa do ar de 74%, ou seja, apto para voar.

Foram realizados um total de quatro voos, com duração de 20 minutos cada. O primeiro capturando apenas fotos RGB das fachadas denominadas A, B e C (Figura 11). Já os outros três, com o acoplamento da câmera termográfica com uma distância variando de 5 a 10 metros da fachada para tentar encontrar o melhor ângulo. Durante o processo dessa primeira etapa, encontrou-se alguns obstáculos, como palmeiras na frente da fachada C, falta de acesso para subir o drone, impossibilitando de fotografar e filmar a fachada D, e alguns corredores de vento em torno do prédio, fazendo com que as imagens capturadas não ficassem tão claras e conclusivas para a identificação das patologias.

Figuras 12 e 13 - Imagens termográficas das fachadas B e C



Fonte: O Autor, 2018.

Devido às imagens geradas na primeira etapa ficarem inconformes para uma análise de inspeção (Figuras 12 e 13), teve necessidade de uma revisão no planejamento de todo o processo, onde antes de realizar o segundo voo, com o auxílio do *software SketchUp*, verificou-se o estudo do sombreamento (Figura 14) da edificação para saber quais eram os melhores horários para visualização e determinar para foco de estudo apenas uma fachada como mais fácil, e com variações de temperatura mais bem definidas.

Figura 14 - Estudo de sombreamento no SketchUp

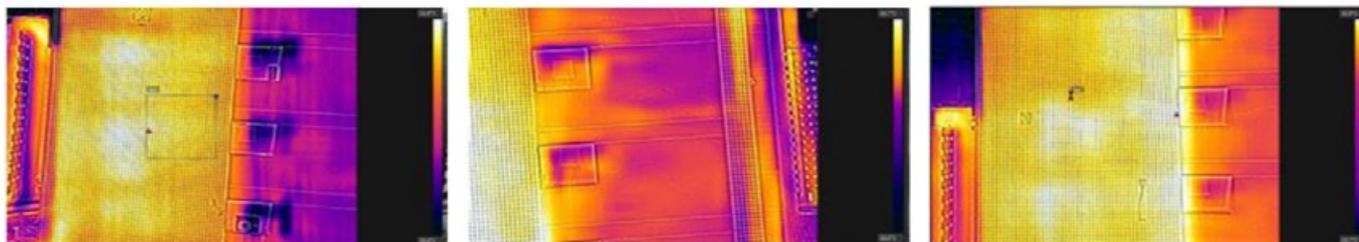


Fonte: O autor (2018).

A segunda etapa do estudo da Edificação Residencial A foi realizada no dia 27 de outubro de 2018, utilizando somente a fachada A, em consequência da maior incidência solar segundo o estudo de sombreamento e pelo fato de não haver obstáculos impedindo a aproximação do drone e a visualização da câmera. As condições correspondentes ao dia foram positivas para a realização do voo, apresentando uma temperatura de 30 °C, velocidade do vento de 22 km/h e sem riscos de precipitações, de acordo com o aplicativo UAV Forecast.

As tomadas de fotos foram efetuadas nos horários de 8h30, 10h30 e 11h40, onde a fachada está começando a receber a incidência solar, aquecendo e completamente aquecida, como se pode ver nas figuras, respectivamente.

Figuras 15, 16 e 17 - Imagens termográficas da fachada A



Fonte: O Autor (2018).

Após a análise destas tomadas de fotos, pode-se aferir que, mesmo nessas três faixas de horário, as imagens ainda se fazem inconclusivas (Figuras 15, 16 e 17), pois o drone apresentou instabilidade, deixando-as sem alinhamento e padrão referente ao espectro de temperaturas, não sendo possível identificar a presença de manifestações além do que já estava demarcado anteriormente pelo método tradicional.

3.5. Resultados e Discussões

Com o encerramento do estudo de caso realizado, pode-se aferir que o método utilizado para realização do processo de voo com o acoplamento da câmera termográfica não foi satisfatório, pois observou-se que, para este tipo de aplicação de uso, seriam necessários outros tipos de recursos com relação aos equipamentos, no caso um sistema que já fizesse parte do VANT e não uma adaptação, ou seja, o mais ideal para este tipo de inspeção seria a substituição do gimbal com câmera RGB para um condizente a uma câmera termográfica profissional.

Além disso, o celular termográfico não apresenta a precisão necessária para este tipo de estudo e, a depender do tipo de manifestação, a distância entre o drone e a edificação deve ser mínima, aproximadamente de 1 ou 2 metros, o que é inviável, devido ao drone ter um sensor de proximidade, sendo possível apenas chegar no mínimo a 5 metros com segurança. Além disso, outros estudos prévios devem ser realizados, como os de emissividade de cada tipo de material composto na fachada para se obter maiores precisões, padrões nos termogramas e para uma identificação de patologias mais conclusiva.

4. SUGESTÕES DE RECURSOS PARA MELHORIA DO ESTUDO

O uso dos VANTS está se tornando bastante prático para o alcance de locais de difícil acesso, como, por exemplo, a aproximação da fachada de um prédio. E, para a melhoria da tarefa, pode-se fazer o uso de câmeras termográficas acopladas ao equipamento aéreo, ou seja, uma técnica que auxilia na inspeção das instalações e edificações (COUTINHO, 2017).

Para esse acoplamento, algumas soluções surgiram no mercado para que as imagens ficassem mais claras e conclusivas. A DJI Enterprise, maior fabricante de drones do mundo, lançou, no ano de 2018, um adaptador DJI Skyport (Figura 18), que permite adicionar módulos personalizados a drones compatíveis, como, por exemplo, os da linha Matrice 200 e Matrice 600 Pro, que ainda são muito pouco utilizados no Brasil devido ao seu alto custo. Além disso, para complemento do adaptador, lançou, em parceria com a FLIR Systems, o DJI Zenmuse XT2, que apresenta um sensor que captura imagens em 4K e traz um chip extra que captura imagens termográficas como diferencial (Figura 19).

Figuras 18 e 19 - Drone DJI Matrice e acessórios e câmera Zenmuse XT2



Fonte: DJI Adrenaline (2019).

Mesmo com esses lançamentos, já existiam outros modos de realizar esse acoplamento. Os drones da série Inspire (utilizado no estudo de caso), por exemplo, podem portar uma câmera termográfica, pois já possuem um gimbal próprio acoplado, mas para isso, se faz necessário a aquisição da câmera, o que se torna muitas vezes inviável, devido ao seu alto valor (Figura 20).

Figura 20 - Drone Inspire com câmera termográfica própria acoplada



Fonte: Image Up (2019).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONTRIBUIÇÕES TECNOLÓGICAS E DE INOVAÇÃO

O setor da construção civil está progredindo e se transformando devido às inovações tecnológicas que estão surgindo no mercado em consequência da chegada da Indústria 4.0. E dentro deste contexto, uma das tecnologias que vem sendo bem empregada no meio são os VANTS. O processo de utilização de drones na Engenharia Civil e suas aplicações apresentados nesse estudo são de grande importância, pois mostra que essa ferramenta pode ser muito vantajosa, trazendo eficiência, agilidade, segurança e muitos outros fatores positivos.

Os resultados dessa pesquisa evidenciam a necessidade de um bom planejamento de voo, investimento em maiores recursos específicos, gerando também discussões com profissionais da área sobre o uso do drone com a termografia, devido às análises feitas por meio das imagens capturadas, quais as dificuldades encontradas ao longo do processo e sugestões de melhorias.

Nesse sentido, o trabalho visa responder à grande questão sobre quais são os impactos e como a inserção dessa tecnologia na Engenharia Civil pode melhorar o cenário nas obras, através da apresentação de diversas aplicações encontradas e sendo realizadas.

6. PREPOSIÇÃO DE PESQUISA

A presente pesquisa, exploratória e descritiva, pode apresentar algumas contribuições para estudos futuros com a utilização de VANTS na construção civil, como, por exemplo, a obtenção dos recursos citados para melhoria e aprofundamento do serviço de inspeção de fachadas, auxílio em avaliações e perícias de terrenos e edificações, os possíveis lucros que o equipamento pode trazer. Essas três pesquisas sugeridas são importantes para o melhor desenvolvimento da linha desenvolvida neste trabalho e relevantes para a literatura vinculada à inovação.

7. REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) (2015). **Portaria nº 2.031/SAR, de 4 de outubro de 2012. Instrução Suplementar - IS Nº 21-002, Revisão A. Brasília, DF.** Disponível em : < <http://www2.anac.gov.br/biblioteca/IS/2012/IS%2021-002A.pdf>>. Acesso em: 3 de março de 2019.
- ALTOÉ, L.; FILHO, D. **Termografia Infravermelha Aplicada à Inspeção de Edifícios.** Acta Tecnologia, 2012.
- ATAÍDE, D. **Aplicação de VANT no mapeamento do uso de cobertura do solo e na geração de modelos 3D da paisagem.** Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- BATISTA, D. **Inspeção da Cobertura de uma residência com Drone.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Faculdade de Ciências Humanas e Sociais, Monte Carmelo, Minas Gerais, 2018.
- COELHO, G. **Logística aplicada a Layout de Canteiro de Obras.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- COELHO, R.; SILVA, R.; COSTA, R. **Mapeamento Topográfico com utilização de Veículo Aéreo não Tripulado (VANT) e Topografia Convencional** - Centro Universitário UNIFAFIBE, Bebedouro, São Paulo, 2017.
- COSTA, W. **Avaliação do Layout de Canteiro de Obras.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.
- COUTINHO, I.; FEITAL, M.; COSTA, S. **Inovação na Gestão da Qualidade: Utilização de VANT em Inspeções em Projetos Cívicos.** Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, 2017.
- DACOL, S. **O Potencial Tecnológico da Indústria da Construção Civil** - Uma proposta de modelo. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.
- DJI **apresenta sensor duplo com câmera térmica Zenmuse XT2 e plataforma modular SkyPort.** DJI Adrenaline, 2018. Disponível em: < <https://dji.adrenaline.uol.com.br/2018/03/28/54702/dji-apresenta-sensor-duplo-com-camera-termica-zenmuse-xt2-e-plataforma-modular-skyport/>>. 2 de janeiro de 2019.
- Drones com câmera térmica.** Image Up, 2017. Disponível em: <https://www.imageup.net.br/2017/05/17/drones-e-cameras-termicas/>. 2 de janeiro de 2019.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R; LISTON, K. **BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.** New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

FALORCA, J.; LANZINHA, J.; **A Utilização de drones como ferramenta tecnológica emergente para a inspeção técnica da envolvente de edifícios.** Livro de Atas. Patologia e Reabilitação – Técnicas de Diagnóstico e Inspeção, 2018.

FRANCO, J.C.; COSTA, H.; MINTO, F. **BIM and Aerial Potogrammetry: building documentation of E1.** 22^o Congresso da Sociedade Iberoamericana de gráfica digital – Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2018.

Georreferenciamento e Topografia. Geosense. Disponível em: < <http://geosense.net.br/servicos/aerolevantamento-cartografia/>> . 3 de março de 2019. GHEISARI, M.; IRIZARRY, J.; WALKER, B.N. Usability assessment of drone technology as safety inspection tools. Journal of Information Technology in Construction, 2012.

HISSAM, T.; TERRENCE, F. **A Simulation Environment for Construction Site Planning.** 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION VISUALIZATION, London, England, 2001.

MELO, R.; COSTA, D. **Logística em Canteiro de Obra.** Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção e Encontro Latino Americano de Gestão e Economia da Construção, São Carlos, São Paulo, 2015.

MELO, R. **Uso de Veículo Aéreo não Tripulado (VANT) para monitoramento de obra com ênfase em segurança e logística.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

PEGORARO, A. **Estudo do Potencial de um Veículo Aéreo não Tripulado/Quadrotor, como plataforma na obtenção de dados cadastrais.** Dissertação de Doutorado em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2013.

RAZAVIALAVI, S.; ABOURIZK, S. **Simulation applications in construction site planning.** Hole School of Construction Engineering Department of Civil and Environmental Engineering – Universit of Alberta, Canadá, 2015.

SILVA, A.D.; SIMÃO, A.S.; MENEZES, C.G. **Impactos da Indústria 4.0 na Construção Civil brasileira.** Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2018.

SILVA, R. **Mapeamento 3D com drone para suporte ao BIM aplicado á arquitetura.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2017.

WANG, W.Q.; PENG, Q.; CAI, J. **Waveform-diversity-based millimeter-wave UAV SAR Remote Sensing.** IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2009.

ORÇA AQUI: PLATAFORMA ON-LINE PARA COTAÇÃO RESPONSÁVEL E TRANSPARENTE DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Alunos: Guilherme Tolentino Alvares Haendel | Gabriel de Oliveira Novelli
Professora orientadora: Elaine Pinto Varela Alberte

RESUMO

O setor de suprimentos na construção civil ainda é uma área defasada de tecnologias, o que resulta em cotações pouco eficientes, transparentes e responsáveis. Por outra parte, a construção civil tem buscado se reformular frente às consequências da recente recessão econômica e frente à crescente demanda da sociedade por processos mais éticos, transparentes e comprometidos com o meio ambiente. Nesse contexto, este artigo apresenta uma proposta de plataforma on-line para cotação responsável e transparente de materiais de construção civil, que pretende permitir ao usuário relacionar tanto dados de custo quanto informações sobre responsabilidade social dos fornecedores cadastrados, obtendo um processo de cotação mais eficiente. A plataforma foi validada a partir do desenvolvimento e análise de um MVP (Mínimo Produto Viável), que considerou: recorrência de usuários consumidores; quantidade média de fornecedores por cotação; tempo gasto por cotação; comparação de preços de mercado; e preço da plataforma. Durante os oito meses de operação, 25 clientes utilizaram a plataforma, sendo que 40% desses o fizeram de forma recorrente. Constatou-se também uma otimização no processo de cotações, uma vez que o tempo direcionado para tal foi reduzido e foi possível alcançar uma economia geral de 30% nas compras realizadas.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Construção civil; Inovação; Gestão de suprimentos; Construtoras; Fornecedores.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil destaca-se por possuir grande relevância para a economia nacional, representando 6,2% do PIB brasileiro no ano de 2017, segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2018).

As lojas de material de construção, por sua vez, representam o terceiro maior segmento do varejo em número de empresas, constituído por quase 270 mil lojas em todo o Brasil. Segundo dados da Pesquisa Tracking mensal da Associação Nacional dos Comerciantes de Material de Construção (ACOMAC, 2019), essas lojas movimentaram mais de 110 bilhões de reais no ano de 2016. Somente na Bahia, segundo relatório apresentado pela CBIC (2018), o varejo da construção faturou 2,2 bilhões de reais em 2017.

Entretanto, a construção civil destaca-se por ainda ser um setor atrasado no cenário mundial. Segundo estudo realizado pela McKinsey & Company (2016), a construção civil apresenta-se como o segundo setor menos informatizado entre todos os setores da indústria, ficando à frente apenas de agricultura e caça.

O processo de compra, em especial, ainda é muito burocrático e cheio de processos ultrapassados, muitas vezes pouco transparentes e responsáveis. Além disso, o mercado da construção civil encontra-se em processo de regeneração, motivado por período de recessão econômica, acusações de falta de transparência e ética em seus processos e maior exigência da sociedade por comprometimento com o meio ambiente.

Com o advento da Indústria 4.0, tem-se a expectativa de que a inserção de tecnologias e tendências facilitadoras disponíveis no mercado comecem a promover mudanças no cenário mundial da construção civil. Segundo Coelho (2016), ferramentas como a *internet of things*, *cyber-physical system* e *Big-Data* são pilares da indústria inteligente que vêm chegando ao mercado.

Diante do exposto, buscam-se ferramentas e práticas inovadoras, a fim de permitir uma gestão mais eficiente e sustentável, aumentando a produtividade do setor e viabilizando uma precisa análise de dados obtidos – garantindo às empresas informação suficiente para que decisões possam ser tomadas de maneira assertiva e responsável.

Nesse sentido, este artigo apresenta uma proposta de plataforma on-line para cotação responsável e transparente de materiais de construção civil. Denominada de Orça Aqui, a plataforma busca permitir que o consumidor identifique opções de preços e condições de compra de produtos diversos, ao mesmo tempo que analisa critérios de responsabilidade social e ambiental dos fornecedores cadastrados, obtendo da plataforma um mapa de cotação transparente com todas as propostas recebidas.

2. A INDÚSTRIA 4.0 NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A Indústria 4.0 descreve uma visão do que será uma fábrica no futuro. Segundo Dallasega (2018), é o termo designado para a quarta Revolução Industrial, depois da mecanização, eletrificação e computadorização. Além de possibilitar todo o controle dos processos, a Indústria 4.0 tem como principal característica o poder da informação. Busca a utilização de dados, que anteriormente eram apenas armazenados e deixados de lado, permitindo que sejam feitas diversas análises em elementos que, antes, não agregavam valor.

Cavalcanti (2018) ressalta, nesse contexto, que a utilização da internet se mostra como principal agente para interligar pessoas e também máquinas, numa ampla rede de comunicação, em um sistema denominado por *cyber físico*.

Assim, a Indústria 4.0 vem impactado diretamente no dia a dia da construção civil, focando na melhoria contínua em termos de eficiência, segurança e produtividade das operações, características fundamentais no canteiro de obras.

Observam-se o surgimento de inúmeras “*Construtechs*”, *startups* focadas em solucionar os problemas existentes na indústria da construção civil e impulsionadas pelo desenvolvimento da Indústria 4.0 neste mercado. Por se tratar de um setor pouco informatizado, com baixa produtividade e bastante resistência às mudanças, existem grandes expectativas de que as *Construtechs* mudem a forma como a engenharia é compreendida atualmente.

Segundo dados da *Construtech Ventures* (2019), atualmente existem 354 *construtechs* em exercício no País, sendo 102 na área de aluguel, compra e venda de imóveis, 32 na área de comunicação e gestão de condomínios, 8 na área de energia, 13 na área de prestação de serviços, 39 na área de reformas e interiores, 4 na área de *smartbuilding*, 4 na área de manutenção predial, 14 na área de compartilhamento de espaços, 7 na área de inteligência do mercado imobiliário, 3 na área de mineração, 3 na área de prospecção de terrenos, 5 na área de orçamentos, 26 na área de insumos e serviços, 61 na área de canteiro de obras, 9 na área de gestão de contratos, 2 na área de gestão de carteiras, 5 na área de investimento e *crowdfunding*, 6 na área de burocracia, 5 na área de conteúdo e 6 em áreas diversas.

3. O PROCESSO DE COMPRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Atualmente, os processos relacionados à gestão de suprimentos na construção civil adotam poucas tecnologias, caracterizando este setor como uma área de baixa produtividade. O uso excessivo de telefonemas, e-mails, papéis e combustível alimentam uma cadeia processual descentralizada e pouco eficiente, acumulando dados, tempo e dinheiro desperdiçados.

Dentro desse panorama, o processo de compras na construção civil se destaca pela importância e pela falta de eficiência.

A função de compras é fundamental dentro da cadeia de suprimentos, pois, através de planejamentos qualitativos e quantitativos, permite a entrega final dos materiais no momento exato e com as quantidades e especificações desejadas (BURT, PINKERTON, 1996 apud SANTOS e JUNGLES, 2008).

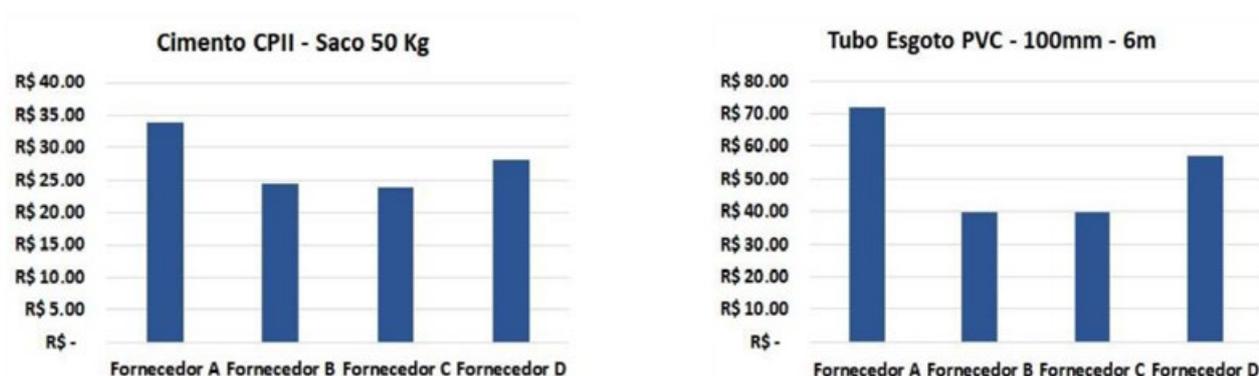
Segundo a revista Pini (2001), o custo com insumos construtivos em uma obra pode representar 50% (ou mais) do seu valor total ou seja, um setor de compras eficiente, com processos bem definidos e organizados, é responsável direto pelo aumento da margem de lucro da empresa, em relação ao que foi orçado previamente.

Para Stukhart (1995), citado por Santos e Jungles (2008), a função de compras está diretamente ligada ao controle, planejamento e direcionamento de esforços, em um processo que se estrutura da seguinte maneira: elaborar o planejamento das compras de acordo com o planejamento da obra; quantificar os materiais; organizar a solicitação; selecionar fornecedores; enviar a cotação; avaliar os dados coletados; disponibilizar eventual documentação extra para fornecedores; analisar o que foi enviado através das cotações; receber e conferir os materiais solicitados; realizar o pagamento.

Destaca-se aqui o processo de cotação ou tomada de preços, ferramenta utilizada pelas empresas para garantir as melhores condições no ato da compra. Nesse processo são avaliados diversos fatores, como preço unitário, condições de pagamento, disponibilidade de entrega e distância entre fornecedor e obra. Segundo entrevistas feitas com agentes intervenientes do processo de compras de empresas de pequeno e médio porte da cidade de Salvador, a prática mais comum entre as empresas é a tomada de preço em três fornecedores distintos, feita através de telefonemas, e-mails e visitas pessoais. Tanto a amostragem de três cotações quanto os canais e as formas pelas quais essas são feitas tornam o processo improdutivo e desgastante. Além de demandarem muito tempo para ser concluído, não garantem às empresas o melhor negócio no momento da compra, pois deixam de fora uma gama de fornecedores que poderiam oferecer melhores preços e oportunidades.

A Figura 1 apresenta um comparativo de preços encontrados no mercado da construção civil de Salvador de dois materiais muito comuns no dia a dia de obras regulares (tubo de esgoto PVC e saco de cimento). Desta análise, verificou-se que insumos construtivos com as mesmas especificações, marcas e quantidades apresentam variações significativas nos seus preços, alcançando quase 100% de diferença.

Figura 1 – Variação de preços de insumos construtivos em distintos fornecedores situados em Salvador



Além disso, segundo Santos (2006), existem diversas situações que prejudicam o funcionamento e desempenho do setor de compras de uma construtora, tais como:

- Falta de controle: o baixo valor unitário da maioria dos produtos, e sua consequente baixa relevância, quando comparada ao valor total da obra, faz com que a empresa tenha pouco interesse quanto ao acompanhamento dos processos de compra.
- Centralização das compras: o alto volume de cotações e compras centralizado em apenas uma única pessoa é diretamente responsável pela demora destes "ciclos de compra".
- Relacionamento conflitante entre obra e escritório: a cobrança excessiva sobre o status de cada compra e cotação sobre o setor de compras podem gerar pontos de tensão na equipe de compras, que fica com a imagem de "burocrata".
- Falta de tempo para negociações: o grande volume de pedidos acaba por limitar o tempo que seria destinado às negociações, impactando diretamente, e negativamente, no balanço financeiro da obra em questão.
- Desorganização: a política de compras acaba sendo negligenciada pela empresa, tornando-a confusa e desatualizada.

Com relação às 17 *construtechs* existentes na área de compras no País, segundo *Construtech Ventures* (2019), observa-se que a grande maioria busca soluções tecnológicas com foco econômico, mas não desenvolvem processos relacionados à responsabilidade social da atividade.

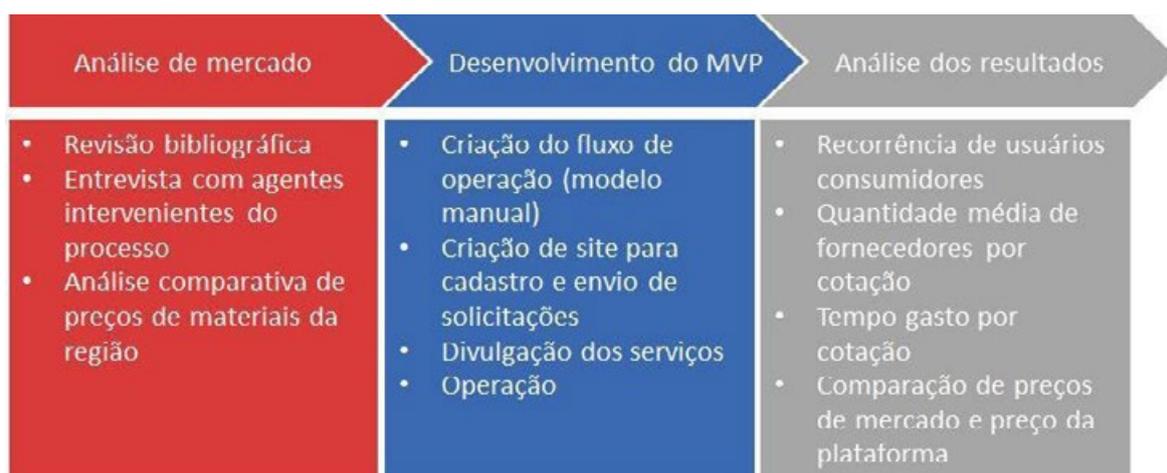
4. MÉTODO DE PESQUISA

Este estudo é uma pesquisa exploratória que busca validar a hipótese sobre o uso eficiente da Plataforma Orça Aqui, ferramenta inovadora de cotações on-line de materiais para construção civil, que busca permitir ao usuário um aumento de eficiência no processo de cotação, relacionando dados de custo com informações sobre responsabilidade social e ambiental dos fornecedores cadastrados. O trabalho consistiu no desenvolvimento e análise do MVP (Mínimo Produto Viável) desta plataforma.

Segundo Ries (2011), para que uma hipótese seja validada, é necessário o desenvolvimento de um MVP, que se define como uma versão de testes do produto idealizado, onde será despendido o mínimo de verba e esforço para a sua execução. Neste MVP, portanto, criam-se meios para avaliar os índices de aceitação do produto, adesão quanto a precificação e o modelo de negócios proposto, entre outros.

A metodologia está dividida em três etapas: Análise do Mercado, Desenvolvimento do MVP, Análise dos Resultados (Figura 2).

Figura 2 – Etapas do trabalho.



Durante a etapa de Análise de Mercado, realizaram-se estudos do processo de compra de insumos na construção civil através de revisão bibliográfica, entrevistas com agentes intervenientes do processo de compras de empresas de pequeno e médio porte da cidade de Salvador e análise comparativa de preços de materiais de construção a partir de visitas a diversos fornecedores da região. Os resultados deste estudo são apresentados na seção 3 deste documento.

A partir desta análise, foi desenvolvido um Mínimo Produto Viável (MVP), limitado a operação manual das cotações, para que fosse possível validar parte das hipóteses estabelecidas. A operação do MVP ocorreu entre maio/2018 e janeiro/2019. Durante esse período, foram cotados, em valor médio, R\$ 500.552,18 através da plataforma, contando com a realização de 54 cotações e 92 serviços (cotação filtrada por disciplina), todos obtidos através de clientes prospectados pelos pesquisadores e através de divulgação através de mídias sociais. O detalhamento do MVP é apresentado na seção 5 deste documento.

A partir dos resultados obtidos durante o período de operação, foram realizadas análises técnicas e econômicas para avaliar a validade da ferramenta: recorrência de usuários consumidores; quantidade média de fornecedores por cotação; tempo gasto por cotação; comparação de preços de mercado e preço da plataforma. Os resultados desta etapa são apresentados na Seção 6 deste documento.

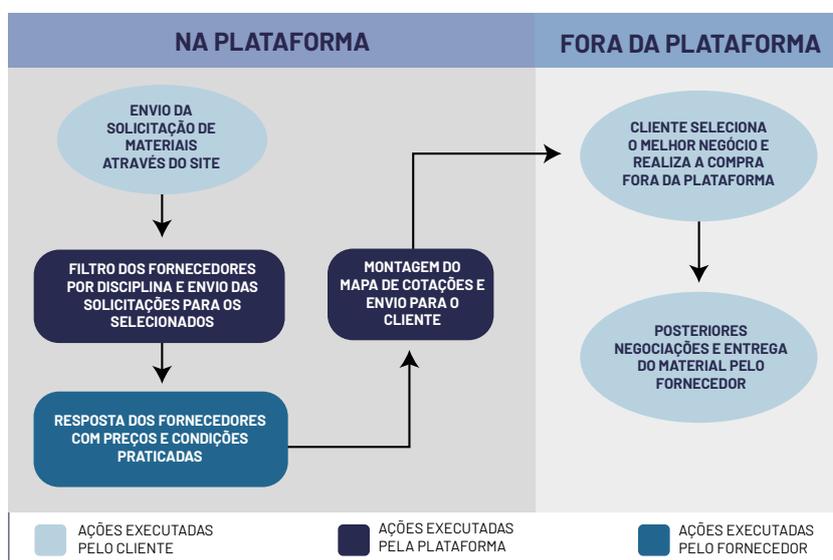
5. ORÇA AQUI – MVP

O MVP desenvolvido consiste em um *marketplace*, que conecta de forma on-line construtoras, engenheiros e usuários comuns a diversos fornecedores de materiais de construção. Nesta fase, a plataforma faz a intermediação de todo o processo de cotação, sendo a compra feita pelo cliente fora do ambiente da plataforma. A Figura 3 apresenta a estrutura esquemática do MVP desenvolvido, mostrando o fluxograma das solicitações de compra, desde o seu envio pelo cliente até a disponibilização do mapa de cotação para ele. O processo compreendeu três etapas básicas:

1. Envio da solicitação dos materiais requeridos pelo cliente através de planilha, no formato excel, dentro do site da plataforma. O site funciona como um protótipo de recebimento.
2. Seleção de fornecedores: após análise das características do pedido, a equipe seleciona os fornecedores cadastrados que atendem às especificações dos materiais solicitados e envia para estes a requisição de cotação por e-mail.
3. Mapa de cotação: à medida que os fornecedores vão respondendo às cotações, a equipe monta um mapa de cotação com todas as informações disponibilizadas, incluindo preço, marcas, condições de entrega, condições de pagamento, validade, frete, contatos etc. Por fim, o arquivo é compilado junto com as propostas originais e enviado para o cliente.

Na Figura 3, a seguir, apresenta-se um fluxograma detalhado do funcionamento da plataforma atualmente. Nota-se que ainda existem processos que são realizados fora do site. Com a automatização pretendida, todo o funcionamento ocorrerá dentro da plataforma desenvolvida.

Figura 3 - Fluxograma do funcionamento do MVP



O MVP desenvolvido não trabalhou com informações relacionadas às variáveis de responsabilidade social e ambiental pretendidas para o produto final.

Contudo, a versão definitiva parte da premissa de que, na plataforma, só serão cadastrados fornecedores que seguem diretrizes mínimas obrigatórias de legalidade e formalidade do negócio. Assim, a plataforma não aceitará fornecedores que: utilizem de mão de obra escrava; utilizem de mão de obra infantil; não estejam formalizados perante a Receita Federal; ofereçam condições precárias de trabalho (CBCS, 2019).

Criando-se o interesse entre o público consumidor por um consumo responsável e sustentável, entende-se, ainda, que será provocado o incentivo pela regularização do comércio de materiais de construção civil entre empresas informais que estariam motivadas a utilizar a plataforma. Políticas de ética e transparência também seriam disseminadas entre consumidores, fabricantes e distribuidores.

Com relação aos aspectos ambientais, o produto final proporcionará relevantes impactos positivos relacionados à disseminação de uma cultura de seleção de fornecedores, com foco no consumo responsável, tendo em vista:

- A qualidade e eficiência dos produtos, que conseqüentemente produziriam maior durabilidade ao elemento construído e menores perdas, retrabalhos e resíduos durante as etapas de construção e uso da edificação.
- Menores distâncias entre fornecedor-obra, que produziriam menor gasto de combustível e emissão de gases poluentes no transporte dos produtos até a obra.
- O uso de materiais reciclados, que contribuiriam para uma menor extração de recursos naturais.

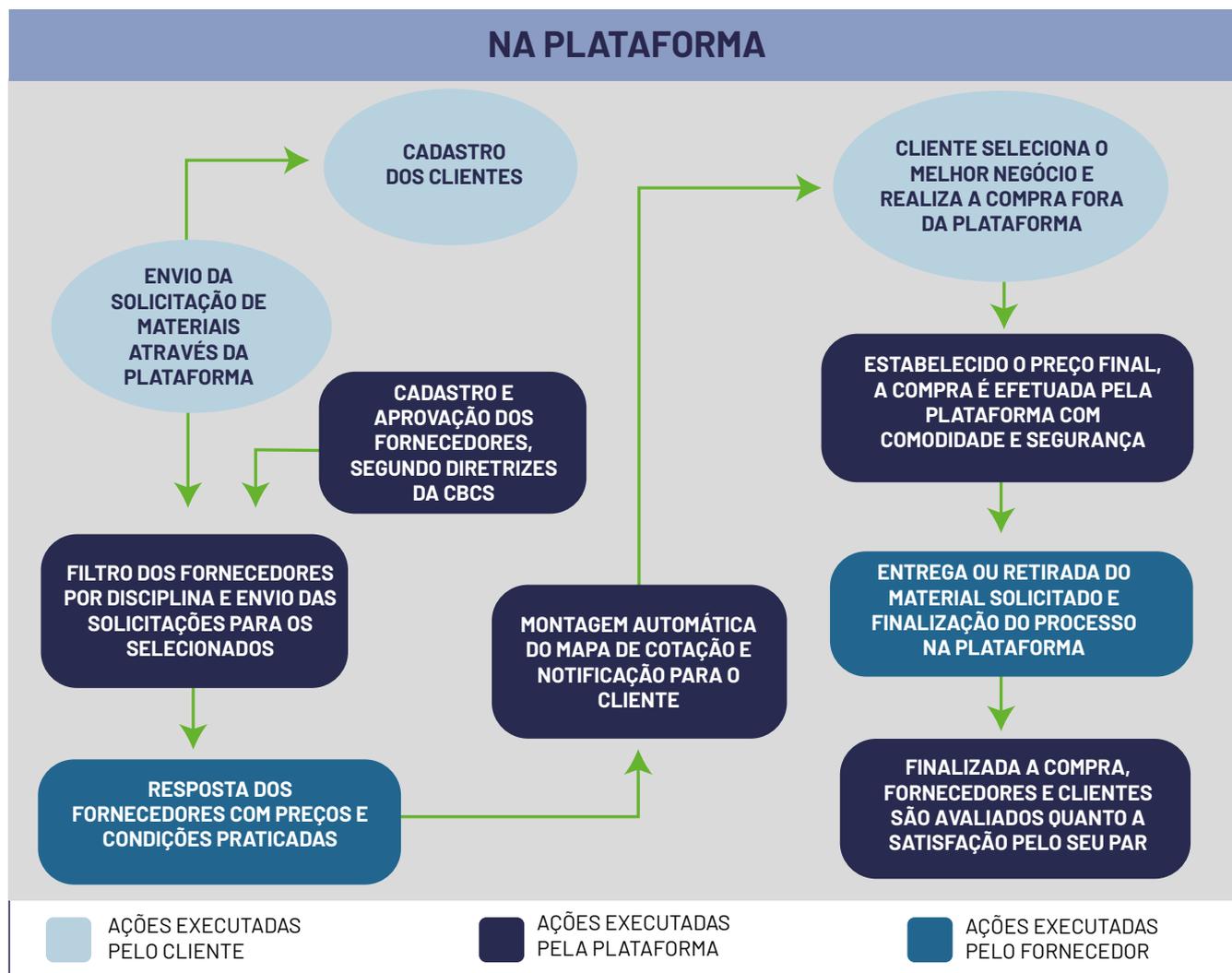
O incentivo à escolha da opção mais responsável e sustentável será fomentado ao usuário consumidor a partir da disponibilidade do Perfil de Responsabilidade Social Empresarial (PRSE) dos fornecedores e de Indicadores de Sustentabilidade da Compra (ISC). Assim, a plataforma destacará as seguintes informações:

- Fabricantes que possuem licença ambiental para suas operações.
- Fabricantes cujos produtos estão dentro das normas de desempenho estabelecidas.
- Fornecedores que possuam menor distância até a obra solicitada.
- Fornecedores que possuam produtos da construção civil gerados a partir de elementos recicláveis.

A plataforma pretende, assim, alinhar resultados financeiros positivos com algo que deve ser imprescindível ao engenheiro dos dias atuais: a preocupação com o meio ambiente, a forma como o engenheiro pode minimizar os impactos ambientais em sua atuação e o cuidado com a qualidade dos materiais usados em sua obra, evitando desperdícios e possíveis retrabalhos.

A Figura 4 apresenta a estrutura esquemática do produto final esperado, que compreenderá a plataforma on-line desejada.

Figura 4 – Fluxograma do funcionamento da plataforma – produto final



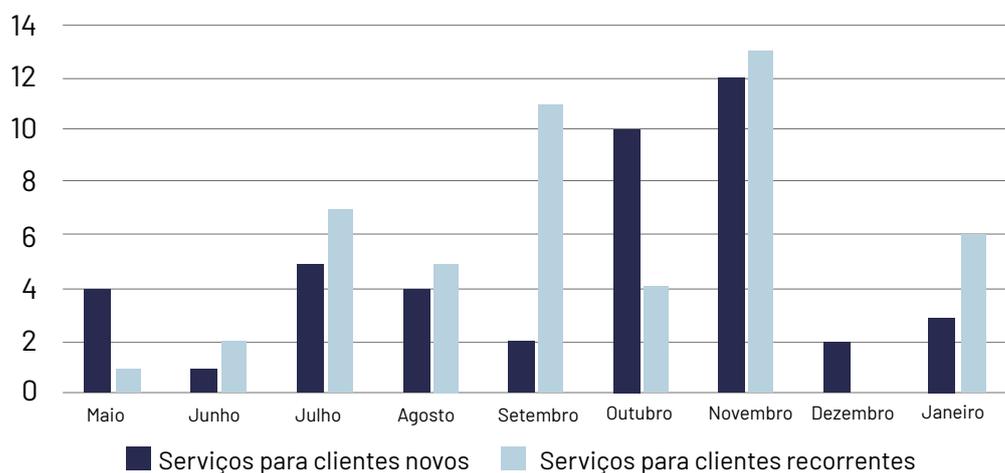
Na versão final pretendida para o MVP, todo sistema operacional será automatizado, visando aumentar a eficiência do processo, possibilitando a melhor compra para o construtor e a realização de mais vendas para o fornecedor.

Na plataforma, clientes e fornecedores possuirão cadastro. Após o cliente efetuar a solicitação de cotação, os fornecedores serão automaticamente notificados e poderão responder à cotação dentro da plataforma. Assim que o prazo estabelecido for finalizado, o mapa de cotação será automaticamente gerado e o cliente será notificado. No mapa estarão contidas todas as informações solicitadas no momento do envio da cotação, além da possibilidade de realização da compra dos materiais de forma on-line. Após a finalização de todo o processo de cotação, os clientes poderão avaliar os fornecedores selecionados, de forma a gerar uma classificação pelo grau de satisfação dos usuários.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 9 meses de operação do MVP, foram realizados 92 serviços, com 25 clientes diferentes, sendo que dez destes retomaram novas cotações, observando-se assim uma recorrência de cerca de 40% de usuários consumidores (Figura 5).

Figura 5 – Quantidade de cotações por mês e tipo de usuário consumidor (novo ou recorrente)



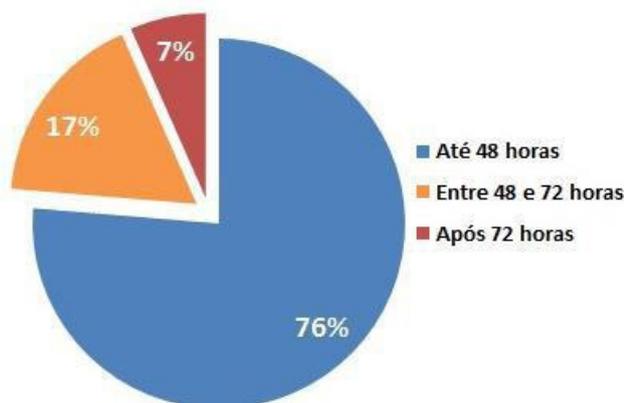
Em sua base, o MVP possui 163 fornecedores cadastrados e atuantes na plataforma e já cotou 606 itens. Desse total, identificou-se uma média de quatro fornecedores por cotação, mais que o dobro da quantidade de cotações usuais para este tipo de procedimento (Figura 6). Obteve-se, portanto, o aumento na gama de fornecedores, ampliando o espaço amostral e proporcionando uma maior diversidade de preços, condições de pagamento, entrega, entre outros.

Figura 6 – Quantidade de fornecedores por serviço



Quanto a agilidade da ferramenta, durante a operação do MVP, em grande parte manual, foi possível entregar cotações com até dez fornecedores em até 48 horas, como pode ser observado na Figura 7.

Figura 7 - Número de cotações entregues em até 48 horas pela Orça Aqui



Finalmente, enquanto a soma dos preços médios cotados durante o período de operação do MVP foi de R\$ 500.552,18, observou-se um menor preço somado de R\$ 344.077,08, o que indica que os usuários da plataforma obtiveram uma economia real média total de 32%. Ou seja, através da plataforma, os clientes conseguiram economizar em média mais de um terço do valor final para aquisição de materiais de construção (Figura 8).

Figura 8 - Economia geral de todas as cotações da Orça Aqui



Deste modo, constata-se, além de um impacto econômico positivo, uma melhora na produtividade do processo de cotação e compra, através de etapas mais enxutas, rápidas e transparentes, com menor esforço empregado e redução na mão de obra envolvida.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entendendo que a aquisição e compra de materiais de construção possui um peso significativo no balanço econômico-financeiro de um empreendimento e que o processo de cotação de materiais permite uma considerável redução no valor pago por estes materiais, a plataforma on-line surge com a proposta de automatizar os processos de cotação e compra de insumos construtivos, em um cenário onde estas etapas são feitas de maneira ineficiente e pouco produtiva.

Analisando os resultados durante o funcionamento da plataforma, foram identificados diversos ganhos econômicos, que, somados, podem impactar positivamente o balanço final da obra. Um dos fatores decisivos para a economia foi o fato de a plataforma oferecer uma maior gama de fornecedores aos seus clientes, com um *lead-time* menor do que o modelo tradicional.

Como limitações do trabalho, observa-se que as análises realizadas se limitam aos dados obtidos na etapa de operação do MVP e, portanto, não abrangem todas as variáveis de análise que poderiam ser estudadas na plataforma em seu formato final de mercado.

Ressalta-se que a garantia da responsabilidade e ética dos fornecedores cadastrados na plataforma pretende proporcionar importantes ganhos econômicos futuros ao consumidor usuário, relacionados à qualidade e durabilidade dos materiais comprados, e, conseqüentemente, menor geração de perdas no processo construtivo e na manutenção da construção já edificada.

Finalmente, o produto também pretende contribuir com o desenvolvimento do comércio local, destacando aos consumidores da plataforma fornecedores que atuam nas proximidades da obra em que os materiais foram solicitados.

Os principais impactos sociais gerados com a criação da plataforma estão vinculados ao seu potencial em disseminar uma cultura de seleção de fornecedores, com foco nos seus Perfis de Responsabilidade Social Empresarial (legalidade, formalidade, valorização do comércio local e empresas de pequeno e médio porte, etc.).

Espera-se que a ferramenta desenvolvida possa contribuir para a informatização do processo de compras do setor da construção civil. Os ganhos tecnológicos têm potencial para disponibilizar um processo enxuto, rápido e estruturado, com vista a garantir qualidade, responsabilidade e transparência no processo de cotação de preços de materiais no setor, contribuindo diretamente para a manutenção de programas de ética e *compliance* nas empresas usuárias da plataforma.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAVALCANTI, V. Y .S . L. Indústria 4.0: *Desafios e perspectivas na construção civil*. Revista Campo do Saber. Volume 4. Ago/set 2018.

COELHO, P. M. N. *Rumo a Indústria 4.0*. Faculdade de Ciência e Tecnologia de Coimbra. 2016.

CBCS, s.d., *Crítérios para a responsabilidade social e ambiental na seleção de fornecedores*. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/selecaoDeFornecedores/>>. Acesso em: 25 jan. 2019.

DALLASEGA, P. *Industry 4.0 fostering construction supply chain management: lessons learned from engineer-to-order suppliers*. IEEE Engineering Management Review, v.46, n.03, p.49-55, 2018.

MCKINSEY & COMPANY. *IMAGINING CONSTRUCTION'S DIGITAL FUTURE*. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-future>>. Acesso em: 10 out. 2018.

PINI. *QUAL O PERCENTUAL QUE DEVO USAR PARA ORÇAR O CUSTO DE MÃO-DE-OBRA EM RELAÇÃO AO CUSTO TOTAL PREVISTO DA OBRA?* Disponível em: <<http://piniweb17.pini.com.br/construcao/noticias/qual-o-percentual-que-devo-usar-para-orcar-o-custo-83163-1.aspx>>. Acesso em: 25 jan. 2019

RIES, E. *A startup enxuta: como os empreendedores atuais utilizam a inovação contínua para criar empresas extremamente bem-sucedidas*. São Paulo. GRUPO LEYA, 2011.

SANTOS, A. P. L. e JUNGLES, A. E. *Como gerenciar as compras de materiais na construção civil: diretrizes para implantação da compra pró-ativa*. São Paulo. PINI, 2008.

SANTOS, A, P. L, *Modelo procompras: formulação, implantação e avaliação da compra pró-ativa na construção de edifícios*. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

ACOMAC. *VENDAS DO VAREJO DE MATERIAL DE CONSTRUÇÃO CRESCEM 4% EM JULHO*. Disponível em: <<http://www.acomac-ba.com.br/vendas-do-varejo-de-material-de-construcao-crescem-4-em-julho/>>. Acesso em: 13 jan. 2019.

CONSTRUTECH VETURES. *MAPA DE CONSTRUTECHS DO BRASIL EM 2018*. Disponível em: <<https://conteudo.construtechventures.com.br/mapa-construtechs-e-proptechs-do-brasil/>>. Acesso em: 13 fev. 2019.



ASSOCIAÇÃO DE DIRIGENTES DE EMPRESAS
DO MERCADO IMOBILIÁRIO DA BAHIA

PRESIDENTE

Cláudio Cunha

1º VICE-PRESIDENTE

Antonio Carlos Hora Medrado

2º VICE-PRESIDENTE

Marcos Dias Lins Melo

DIRETOR ADMINISTRATIVO-FINANCEIRO

Marcos Nogueira Vieira Lima

DIRETOR TÉCNICO

Alexandre Landim Fernandes

DIRETORA DE HABITAÇÃO

Viviane de Brito Oliveira da Fonseca

***DIRETOR DA REGIÃO METROPOLITANA
DE SALVADOR E LITORAL NORTE***

Eduardo Pedreira

DIRETOR DE GESTÃO SUSTENTÁVEL

Rafael Cardoso Valente

DIRETOR DE EXPANSÃO DE MERCADOS

Pedro de Oliveira Mendonça

DIRETOR DE ASSUNTOS AMBIENTAIS

André Luiz Duarte Teixeira

DIRETOR COMERCIAL

Gustavo Gesteira Mattos

CONSELHO DIRETOR

Adriano Guerreiro e Segura

Alceu Hiltner Filho

Arthur Prisco Paraíso Rêgo

Eugênio de Souza Mendes

Ivan de Freitas Leão

Jorge Goldenstein

Luiz Carlos de Azevedo Pimentel

Luiz Fernando Luz Pessoa de Souza

Luiz Fernando Pedreira Lorangeira

Nelson Trief

Reynaldo Jorge Calmon Loureiro

Rogério Trindade Marques

CONSELHO CONSULTIVO

Antonio Carlos Costa Andrade

Eduardo Meirelles Valente

Juvenalito Gusmão de Andrade

Luciano Muricy Fontes

Luiz Augusto Amoedo Amoedo

Manuel Seabra Suarez

Marcos de Meirelles Fonseca

Mário de Paula Guimarães Gordilho

Mário Reis Mendonça

Mário Seabra Suarez

Nilson Sarti da Silva Filho

Paulo Ernesto Lebram

Walter Barretto Jr.



ADEMI BAHIA

ASSOCIAÇÃO DE DIRIGENTES DE EMPRESAS
DO MERCADO IMOBILIÁRIO DA BAHIA

+55 71 3273-8130 | contato@ademi-ba.com.br

www.ademi-ba.com.br

Rua Alceu Amoroso Lima, 470 - Sala 901

Empresarial Niemeyer - Caminho das Árvores - Salvador/BA

ISBN: 978-65-990638-0-0



9 786599 063800