



**FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
DE CONSELHEIRO LAFAIETE**

ENGENHARIA CIVIL

MARIANA PAULA MIRANDA

Inspeção e monitoramento de obra civil com drone

**Conselheiro Lafaiete
2020**

MARIANA PAULA MIRANDA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
Inspeção e monitoramento de obra civil com drone

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof(a). Me. Tatiana Aparecida Rodrigues

Conselheiro Lafaiete
2020

MARIANA PAULA MIRANDA

Inspeção e monitoramento de obra civil com drone:

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Tatiana Aparecida Rodrigues – Orientador – FUPAC

Prof. Dr. André Luciano de Carvalho– Avaliador(a) – FUPAC

Prof. Me. Tiago José Ferreira – Avaliador(a) – FUPAC

**Conselheiro Lafaiete
2020**

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus que me sustenta em tua maravilhosa graça. Aos meus pais que são meu maior exemplo, meus irmãos, meu namorado que me transmitem paz e aos amigos que fiz ao longo desses anos de faculdade e que sempre estiveram prontos para me ajudar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mas que em todos os momentos. Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Aos meus irmãos Ricardo, Marcelo e meu namorado Ruan que me deram forças para vencer.

Agradeço aos professores que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado em especial a minha professora e orientadora Tatiana Aparecida Rodrigues que tanto me ajudou em vários momentos dessa graduação. Agradeço também a minha instituição por ter me dado a chance e todas as ferramentas que permitiram chegar hoje ao final desse ciclo de maneira satisfatória.

Meus agradecimentos a minha amiga Kellen ao engenheiro civil Daniel Moreira Coelho e estagiária Michele Caroline companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com certeza.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

E tudo quanto pedirdes em meu nome eu o farei, para que
o Pai seja glorificado no Filho.
(João 14:13)

RESUMO

Drones são veículos aéreos não tripulados controlado remotamente que podem realizar inúmeras tarefas em vários ramos do mercado de trabalho. Sua aceitação tem sido cada vez maior na engenharia civil devido a sua funcionalidade, praticidade de uso e custo relativamente baixo. Uma de suas principais funções é captar imagens de maneira mais simples e rápida permitindo os profissionais que estão distantes a inspecionar e/ou monitorar áreas, podendo através das imagens, tirar conclusões sobre o estado encontrado na obra e emitir relatórios detalhados para seus clientes. Esse trabalho tem como objetivo mostrar o benefício do uso de drones para inspeção e monitoramento de uma determinada obra civil através de práticas de voos *in loco* e processamento de imagens em alta resolução que são verificadas através de um checklist. A coleta de dados ocorreu por duas vezes em um período de quinze dias sendo possível realizar uma análise detalhada como também a comparação dos dados levantados em ambas inspeções. Dessa maneira foi possível demonstrar como drone efetivamente é um forte aliado na engenharia civil realizando serviços de maneira segura, instantânea e mais pratica em relação às aeronaves que são de alto custo e complexidade de operação.

Palavras-chave: Drone. Inspeção. Monitoramento. Obra. Civil.

ABSTRACT

Drones are remotely controlled unmanned aerial vehicles that can perform numerous tasks in various branches of the labor market. Its acceptance has been increasing in civil engineering due to its functionality, practicality of use and relatively low cost. One of its main functions is to capture images in a simpler and faster way allowing professionals who are far away to inspect and / or monitor areas, and through the images, they can draw conclusions about the condition found in the work and issue detailed reports to their clients. This work aims to show the benefit of using drones for inspection and monitoring of a given civil work through practices of on-site flights and high-resolution image processing that are verified through a checklist. Data collection occurred twice in a period of fifteen days, making it possible to perform a detailed analysis as well as to compare the data collected in both inspections. In this way it was possible to demonstrate how the drone effectively is a strong ally in civil engineering, performing services in a safe, instant and more practical way in relation to aircraft that are of high cost and complexity of operation.

Keywords: Drone. Inspection. Monitoring. Works. Civil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Drone utilizado para desenvolvimento do trabalho	31
Figura 2 - Operação do drone	31
Figura 3 - Local de levantamento do drone	35
Figura 4 - Processamento de imagens com drone	37
Figura 5 - Vista aérea da obra em 17/04/2020	37
Figura 6 - Execução de gabarito para marcação de blocos de fundação.....	38
Figura 7 - Locações topográficas do terreno e dos blocos	39
Figura 8 - Locações topográficas do terreno e dos blocos	39
Figura 9 - Concretagem da parede cortina de estacas	40
Figura 10 - Insumos para concretagem da parede cortina de estacas.....	41
Figura 11 - Estado das edificações vizinhas a obra	41
Figura 12 - Montagem de forma para nichos de pilares	42
Figura 13 - Paredes cortinas de estacas	43
Figura 14 - Vista aérea dos blocos de fundação	43
Figura 15 - Vista geral da obra	44
Figura 16 - Estado das edificações vizinhas a obra	45
Figura 17 - Escavação de blocos de fundação com retroescavadeira	46
Figura 18 - Furo de bloco de fundação três estacas	46
Figura 19 - Furo de bloco de fundação três estacas arrasadas	47

Lista de Quadros

Quadro 1 - Informações gerais sobre a obra e inspeção	33
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

4D	Quatro dimensões
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
BIM	Building Information Model
CEP	Código de Endereçamento Postal
CNAE	Classificação Nacional das Atividades Econômicas
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
DIEESE	Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
GPS	Global Positioning System
HD	High Definition
IBAPE	Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMU	Inertial Measurement Unit
Ltda.	Limitada
MG	Minas Gerais
MP	Megapixel
Nº	Número
NBR	Norma Brasileira
P	Varredura Progressiva
SD	Standard Definition
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado

LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetro
g	Gramas
km	Quilômetro
XX	Vinte

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos	13
1.1.1 Objetivo geral	13
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
2 REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 A indústria da construção civil	15
2.2 Tecnologias na construção civil	16
2.3 Inspeção e monitoramento de obra civil	18
2.4 Modernização das inspeções e monitoramento de obra civil	21
2.5 Avanço tecnológico e uso de drones	22
2.6 Drones na construção civil.....	25
2.7 Inspeção e monitoramento de obra civil com drone.....	27
3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	30
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	33
4.1 Considerações gerais	33
4.2 Estudo prévio da área de interesse	34
4.3 Plano de voo	36
4.4 Processamento das imagens	36
4.5 Inspeção 17 de abril 2020	37
4.5.1 Execução de gabarito para marcação de blocos de fundação	38
4.5.2 Concretagem da parede cortina de estacas.....	39
4.5.3 Montagem de forma para nichos de pilares	42
4.6 Inspeção/monitoramento de obra 01 de maio 2020	42
4.6.1 Monitoramento de obra	42
4.6.2 Escavação dos blocos de fundação com retroescavadeira.....	45
5 CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS.....	50
APÊNDICES	55

1 INTRODUÇÃO

É perceptível que os seres humanos estão vivendo numa nova era cujo seu principal diferencial é o avanço da tecnologia. Esse progresso tecnológico seja qual for a sua aplicação, é extremamente importante para a otimização de tempo, qualidade e segurança em produtos e/ou serviços oferecidos no mercado. Sabe-se que o setor da construção civil tem sido considerado atrasado tecnologicamente, porém, gradativamente as empresas brasileiras estão inserindo em seus canteiros inovações tecnológicas que proporcionam inúmeros benefícios a obra e cliente (Junior, Amaral, 2008).

As inspeções e monitoramentos de obras civis são etapas que constituem um processo de construção civil e que possuem grande importância para alcançar o objetivo proposto pelo cliente à empresa responsável pela execução da obra. Essas inspeções são realizadas por profissionais tecnicamente qualificados que utilizam de materiais e métodos visando a verificação dos avanços da construção, levantamentos de irregularidades e/ou conformidades garantindo que tudo venha se cumprir conforme o previsto em projeto.

O drone é um veículo aéreo não tripulado, com alto grau de automatismo, controlado remotamente, que pode realizar inúmeras tarefas. Foi criado pelo engenheiro israelita Abe Karem na década de 70 para fins militares, porém atualmente já é utilizado em diversas finalidades que vão desde entrega de órgãos humanos em hospitais até mesmo no auxílio de guerras. “Drone é considerado uma aeronave não tripulada categorizada como aeromodelo, usada para outros fins que não a recreação, sendo uso comercial, corporativo ou até mesmo experimental (ANAC, 2017, p. 07).

Os drones como maquinismos de inspeção e monitoramento são inovações já adeptas na indústria civil devido a sua facilidade, baixo custo para utilização e excelente retorno do serviço prestado em relação a forma de execução anterior em que necessitavam de aeronaves tripuladas, pontos de aterrissagem e mão de obra altamente especializada. Peter Drucker (2008) define inovação como sendo a capacidade de atribuir novos contornos aos recursos existentes na empresa para gerar riqueza.

Diante deste contexto, objetiva-se nesta pesquisa apresentar a utilização de drones para inspeção de monitoramento de obras civis. A aplicação desta tecnologia é de extrema importância pois permite uma coleta de imagens, dados e filmagens que agrega valor na garantia de qualidade no gerenciamento da obra civil, uma vez que possibilita avaliar o estado da mesma, para uma perícia, acompanhamento periódico ou até mesmo verificar suas condições de segurança. Essas imagens e dados além do caráter técnico que possuem, também auxiliam na gestão como um todo no projeto, por conseguir tornar perceptível para as partes interessadas informações diversas acerca do mesmo.

Para a realização da pesquisa será utilizado um drone Spark fly more combo da marca DJI na coleta e extração de dados, imagens e informações diretamente da realidade da obra comercial de galpão para locação à rede de supermercado executada pela FSJ Empreendimentos Imobiliários LTDA. localizada no endereço Avenida Júlia Kubitscheck, nº 903 Centro – Congonhas MG CEP: 36410-084. Para alcançar os resultados, aplicou-se um checklist de acordo com a característica da obra para exposição dos resultados onde será evidenciado as vantagens da utilização do drone para a execução de monitoramento e inspeção de obras civis.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Com o auxílio de um drone, esta pesquisa tem como objetivo apresentar dados técnicos, imagens e filmagens de inspeção e monitoramento de uma determinada obra civil localizada na cidade de Congonhas.

1.1.2 Objetivos específicos

Para efetivar o objetivo geral serão cumpridos os objetivos específicos:

- Realizar revisão bibliográfica acerca da prática de inspeção e monitoramento com utilização de drones na construção civil;

- Estabelecer parâmetros para realização dos voos e coleta dos dados;
- Apresentar e analisar os resultados obtidos através da utilização do drone;
- Apresentar as vantagens da utilização do drone nas inspeções de obras em relação ao método utilizado anteriormente com aeronaves tripuladas e/ou helicópteros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A indústria da construção civil

A indústria da construção civil abrange alto número de métodos e produtos, concebendo um dos setores econômicos mais expressivos para grande parte dos países, principalmente para os países em desenvolvimento como o Brasil. Ela exerce importante papel na modificação ambiental da sociedade moderna. Em compensação, com qualquer ramo, gera impactos negativos sobre o meio ambiente em razão das diversas formas de poluição ambiental, pelo elevado consumo de recursos naturais e pela geração de resíduos (ROHAN; FRANÇA, 2013).

A construção civil é uma área em desenvolvimento devido a atual demanda por construções como por exemplo residências, estradas, indústrias, etc., relevando sua importância por ser essencial à população, a ampliação das cidades e a economia do país (SANTO et. al., 2014).

O campo de construção civil compreende todas as atividades de produção de obras. Nestas estão inclusas as atividades referentes às funções de planejamento e projeto, execução, manutenção e restauração de obras em diferentes segmentos, tais como edifícios, estradas, portos, aeroportos, canais de navegação, túneis, instalações prediais, obras de saneamento, de fundações e de terra em geral, ficando recusadas as atividades relacionadas às operações, tais como a operação e o gerenciamento de sistemas de transportes, a operação de estações de tratamento de água, de barragens, etc. (CONCIANI, 2000).

Segundo Oliveira (2012), o código 45 da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) do IBGE, alistam as atividades da construção civil como as atividades de preparação do terreno, as obras de edificações e de engenharia civil, as instalações de materiais e equipamentos necessários ao funcionamento dos imóveis e as obras de acabamento, considerando tanto as construções novas, como as grandes reformas, as restaurações de imóveis e a manutenção corrente.

Percebe-se através da atualidade que a construção civil e o desenvolvimento econômico estão diretamente ligados. A indústria da construção requer desenvolvimentos capazes de elevar o crescimento econômico local. Isso ocorre especialmente pela dimensão do valor adicionado total das atividades, como também pelo efeito multiplicador de renda e sua interdependência estrutural (TEIXEIRA, 2009).

Há muitos anos, o setor da construção civil tem sido um dos mais relevantes da economia nacional. Um dos maiores empregadores de mão-de-obra, alta participação no desenvolvimento bruto de capital fixo e na geração do Produto Interno Bruto são especialidades do setor (DIEESE, 2001).

Além disso, Moraes (2009) diz que a construção civil é um setor que possui um grande potencial de concretização de investimentos, um enorme gerador de empregos (diretos e indiretos) e propõe inúmeros benefícios sobre a balança comercial e sobre o nível de inflação.

Borges (2010) afirma que a construção civil é um dos setores mais expressivos da economia brasileira. Está em constante melhoria diante do grande desafio que entre eles pode citar o vencimento de prazos, redução de custos através dos avanços tecnológicos que surgem gerando ganhos na produção e qualidade nos serviços prestados.

2.2 Tecnologias na construção civil

Considerada clássica e conservadora, a indústria da construção civil com a facilidade de acesso à internet, a globalização e ampliação da concorrência no setor tem buscado inovar para conseguir maior produtividade, qualidade e diminuição dos gastos. Com os progressos tecnológicos que vem ocorrendo, principalmente em tecnologia da informação, trouxeram mudanças na indústria em questão. Ela tem sido obrigada a inovar devido a globalização e a grande rivalidade, ainda que existe grande atraso tecnológico em relação a outras indústrias, devido especialmente do tradicionalismo e da vagarosidade em que ocorrem as transformações na construção civil (NASCIMENTO; SANTOS 2003). Diga-se de passagem, a indústria da construção

civil de modo geral, encontra-se atrás de várias outras indústrias no que diz respeito à incorporação de tecnologias de ponta em suas atividades, principalmente nos setores de gestão da segurança e logística (GHEISARI et al., 2012).

A iniciação e propagação de novidades tecnológicas na indústria da construção civil, segundo Aro e Amorim (2004), são iguais a qualquer outro setor industrial conhecido, porém, o setor da construção tem uma certa resistência dos profissionais envolvidos em assumir os riscos da incerteza em mudar o seu status atual.

Contestando a intenção geral das indústrias, a área de construção civil não é um dos setores mais adeptos em automação e modernização. O uso de máquinas na construção civil é realizado na maioria das vezes pelas grandes obras, mais conhecida como construção pesada. Porém, várias alterações estão surgindo nos preceitos construtivos, de forma a simplificá-los (NASCIMENTO; SANTOS 2003).

As empresas têm vivenciado mudanças drásticas desde o final século XX, sendo mais demandados quanto a concorrência e dinamismo. A construção civil a partir daí tem buscado formas de aperfeiçoar seus procedimentos e adaptar sua produção aos novos métodos (BARROS; SANTOS, 2006). Segundo Barbosa (2010), o primeiro passo para alcançar melhoria de atuação foi a inclusão da gestão da qualidade. Muitas empresas estão implantando esses sistemas em seus processos, buscando minimizar problemas da produção como baixa produtividade e alto desperdício.

Para concretizar um gerenciamento de obras, é preciso elaborar um plano em que possa ser desenvolvido um planejamento pré-obra e um monitoramento com aferição do plano proposto, ajustando a realidade do desenvolvimento da obra tendo em vista sempre a satisfação do cliente que irá usufruir da construção (BORGES, 2010).

É fato que o emprego destas novidades aparece como uma ferramenta crucial para que as construtoras tenham um diferencial na competitividade frente a seus concorrentes, acrescentando ainda maior eficiência às atividades de produção. A utilização de tecnologias leva ao progresso do setor como um todo pelo desenvolvimento dos meios necessários para seu cumprimento. Por meio de instrumentos e equipamentos adequados às atividades, sejam eles de execução do

produto edifício ou de caráter administrativo, tem-se um produto final de maior qualidade e a um menor custo (JUNIOR; AMARAL, 2008).

Segundo Cavalcante (2004) as empresas devem adotar estratégias para que possam prestar seus serviços de forma diferenciada sempre visando o sucesso, o desenvolvimento da organização e resultados positivos, porém para obter estes objetivos, a empresa deve trabalhar com duas ferramentas de suma importância: A qualificação e a motivação dos indivíduos pertencentes ao processo.

Carvalho (2011) diz que entre as estratégias seguidas pelas empresas, podem-se citar as modificações na tecnologia de construção (material, equipamento, mão de obra, etc.), terceirização dos serviços e a capacitação da sua própria mão de obra.

Schumpeter (1988) proferia que a inovação tecnológica pode ser encontrada em um novo produto, um novo serviço ou um novo processo. Ele entende que, as empresas buscam a inovação como meio de obter uma vantagem estratégica.

Inúmeras tecnologias, que antes eram dificilmente encontradas devido a disponibilidade ou elevado custo, estão sendo usadas com mais frequência como a utilização de drones para inspeção visual que está se tornando uma prática recente na manutenção, assim como a utilização de câmeras de calor e laser (FERREIRA, 2018).

2.3 Inspeção e monitoramento de obra civil

Os acidentes ocorridos na construção civil, desencadeadas de falhas na construção ou na manutenção das obras civis, estão ocasionando mortes e perdas injustificáveis. Desabamentos, incêndios, quedas de marquises e fachadas, vazamentos, trincas, infiltrações e tantas outras ocorrências originárias dos descuidos com a construção, que a curto prazo comprometem o bom funcionamento da construção e a integridade física dos seus ocupantes, podem ser prevenidos com ações simples, através de inspeção e monitoramentos da obra para a posterior tratativa das anomalias e falhas (BRANCO; NEVES, 2009).

O ato de examinar por meio de inspeção visual é um meio de ensaio da qual o homem utiliza há anos. Ter a probabilidade de figurar uma atividade e através disso, obter dados para ajuizar o seu andamento é uma forma de exame que pode ser utilizada para várias áreas de conhecimento, não só na construção civil. A inspeção se diferencia pelo fato de, através do conhecimento de técnicas adequadas, saber aferir uma atividade ou produto através da observação visual e então emitir laudo capaz de confirmar o seu comportamento, sendo este conforme ou não conforme (FEITAL, 2017).

A primeira inspeção de uma construção solicita mais atenção e abrangência, pois é imprescindível abstrair as anomalias construtivas originais ou mesmo das endógenas das construções sem garantia, aquelas decorrentes da degradação, e também das falhas de manutenção (GOMIDE; PUJADAS; FAGUNDES NETO, 2006).

O registro ou apontamento de não-conformidades possuem denominações técnicas distintas, sendo a anomalia construtiva o termo recomendado para aquele problema originário da própria construção, a anomalia funcional o termo indicado para o problema de uso, e falha, o termo indicado para a não-conformidade decorrente da manutenção, tal que essas denominações devem ser classificadas quanto ao grau de gravidade, urgência e tendência (BRANCO; NEVES, 2009).

No que diz respeito ao setor de construção civil casos imprevistos podem acontecer, podendo ser desde pequenas infiltrações até situações mais graves, que podem afetar a segurança estrutural da edificação. Afim de garantir a devida cautela e preservação das edificações, a norma ABNT NBR 5674:2012, que trata da Manutenção de Edificações, indica que uma inspeção predial deve ser realizada em no mínimo trienalmente (IBAPE/MG 2019).

Coelho (2003) considera o processo de controle e monitoramento do processo de produção no qual se compara o realizado com o previsto, implementando-se as ações necessárias para manter a produção dentro do esperado. Porém, além dessas funções, o controle ajuda aumentar a eficiência do trabalho, acelerar o cronograma e reduzir custos (MUBARAK, 2010).

Muitas vezes, os procedimentos de inspeção são vistos como um problema pois é uma atividade que depreca tempo e também, algum investimento que não havia sido previsto no início do planejamento de obra. A necessidade de realização acaba sendo questionada. (VILLANUEVA, 2015).

Os processos de inspeção e monitoramento são fundamentais para o bom andamento de qualquer projeto. As vistorias e a manutenção periódica devem ser encaradas como uma oportunidade de otimização de custos da obra e não como um “atraso” e, inclusive, através deles é possível fazer uma boa economia, priorizando a responsabilidade e segurança (COELHO, 2003).

Seja qual for o setor produtivo considerado, o estudo, a implantação e o aprimoramento contínuo da gestão da qualidade é categoria imprescindível para afirmar condições mínimas de concorrência em um mercado mundialmente globalizado (OLIVEIRA, 2001).

A NBR5674 (2012) indica que inspeções precisam ser orientadas por listas de comparação padronizadas (checklists), elaboradas considerando um roteiro coerente de inspeção da construção, os artefatos e aparelhamentos mais importantes na edificação, as configurações de aparecimento esperadas da degradação da construção, os pedidos e reclamações dos usufrutuários e os relatórios das inspeções devem seguir padrão instituído, de forma a facilitar o registro, documentação e recuperação de informações. O checklist é uma ferramenta utilizada para organizar e facilitar o processo de coleta de dados contribuindo com a otimização e análise dos dados obtidos durante a inspeção e monitoramento da obra (WERKEMA, 2006).

Feital (2017) ressalta que, para a maioria das inspeções é necessário que o profissional que a realiza tenha aptidão comprovada para exercer tal atividade. A necessidade de demonstrar a capacidade é de suma importância pois nem sempre a visão de um leigo pode apresentar o que verdadeiramente precisa ser inspecionado.

É imprescindível também saber que condições ideais para a inspeção tem de ser criadas para garantir que inspeções sejam realizadas da melhor maneira e que

possam assim oferecer os resultados com a melhor qualidade possível. A inspeção visual pode auxiliar no andamento da atividade e na escolha de um possível ensaio que possa ser realizado na sequência, porém, não substitui de forma alguma, outros tipos de ensaio não destrutivos.

2.4 Modernização das inspeções e monitoramento de obra civil

Os processos de inspeção e manutenção são muito importantes para as obras da construção civil, pois garantem o melhor funcionamento, assegurando o bem-estar de todos e a qualidade da estrutura final (FERREIRA, 2018).

A NBR5674 (1999) recomenda que as inspeções devem ser realizadas em intervalos satisfatórios, adotando a orientação disposta na NBR 14037 ou, também, quando for necessário realizá-la fora do prazo supracitado.

Segundo Ferreira (2018) o monitoramento de determinadas obras se tornaram cada vez mais precisas, alcançando o momento e o ponto exato onde ocorre o defeito, o que leva a uma apreciável redução de custos relativos a peças de reposição e mão de obra de manutenção, além de aumentar a confiança e disposição dos equipamentos, tornando a produção do produto mais eficiente e de qualidade.

Sousa (2015) refere que nos dias atuais, a inovação é uma cobrança de mercado, onde empresas, além da sobrevivência, têm de procurar a perpetuação ou assiduidade de suas marcas. No comércio da construção civil, com alto índice de concorrência, as inovações são segurança de proposições únicas de venda. A inovação nasce a partir do momento em que alguma ideia passa a atender às precisões e as expectativas do mercado, sendo viável do ponto de vista econômico e sustentável, proporcionando assim retorno financeiro às empresas e garantindo resultados positivos.

Para a modernização das inspeções e monitoramento de obra civil o mercado tem apostado em sistemas de tempo real que monitoram, respondem ou controlam um ambiente. Esse ambiente fica conectado a um sistema através de sensores ou

equipamentos onde existem entrada e saída de dados (SHAW, 2003). Diante de um mundo cada vez mais conectado, projetos futuros prometem abordar a evolução da tecnologia no assunto de inspeção e monitoramento. Com o avanço rápido da tecnologia, novas ferramentas e técnicas podem facilitar e agregar resultados positivos para a melhoria do sistema de gestão (FERREIRA, 2018).

Zaparolli (2019) afirma que a construção civil brasileira começa finalmente a acionar soluções tecnológicas digitais, tendência já observada em outros setores da economia. Projetos desenvolvidos colaborativamente em ambiente virtual, aplicativos para celulares e tablets que gerenciam obra e equipes, drones que auxiliam a inspeção de construções e sistemas de rastreamento que monitoram o movimento dos materiais são instrumentos que estão chegando nos canteiros de obras. Especialistas ponderam que o uso de novas tecnologias e a industrialização dos processos produtivos vão atualizar o setor, anteriormente marcado pela baixa produtividade.

A revista Mobuss Construção (2017) ressalta que a atividade de monitorar obras tornou-se uma tarefa fácil com o uso de drones. Prática voltada para garantir que a produção no local de trabalho esteja dentro do padrão esperado. Os drones podem detectar problemas e ou falhas em um local de construção para que a gestão possa tratá-lo com agilidade. Eles também auxiliam no ato de mapear o canteiro de obras, e na captura de imagens e vídeos com o uso de programas e aplicativos, procedimento de captura de imagens que usa fotos ao invés de lasers, para captar não a superfície do solo, também edifícios, plantas e outras estruturas encontradas na construção civil.

2.5 Avanço tecnológico e uso de drones

Os primeiros registros realizados com uso de drone ocorreram no ano de 1709 quando um padre brasileiro construiu um balão de ar quente e o demonstrou para o rei de Portugal em Lisboa. Alguns registros referem também que em 1849 os austríacos teriam usado balões não tripulados para o transporte de bombas temporizadas à cidade de Veneza na Itália. As primeiras aerofotografias de que se tem registro foram

obtidas em 1888, na França, com uma câmera fotográfica acoplada em uma pipa (LONGHITANO, 2010).

Segundo Eisenbeiss (2004), VANT (veículos aéreos não tripulado) é todo veículo aéreo que voa sem a necessidade de tripulantes e o controlador da aeronave está em uma base em solo.

A operação dos drones pode ser realizada de maneira autônoma, sendo operados apenas por computadores; podem ser remotamente controlados por um piloto, através de controle portátil; ou de maneira semiautônoma, que funciona como uma combinação das duas modalidades (MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014).

Devido à vasta variedade de modelos de drones no mercado, alguns possuem especialidades próprias para o entretenimento, enquanto outros são mais específicos para setores como exército, agronomia, engenharias (SILVEIRA; FILHO; AGUIAR; GENEROSO, 2018). Para Angelov (2012), existem atualmente no mercado uma enorme variedade de modelos de drones, com especificidades e particulares finalidades. Os drones se classificam a partir de suas características técnicas, como o material utilizado em sua fabricação, peso, dimensão, aerodinâmica, execução de voo, duração do tempo de voo entre outras.

Dada a formação de uma incipiente indústria doméstica no setor e apesar de ainda pouco conhecido por grande parte do público brasileiro, o termo drone começa, gradualmente, a aparecer nos discursos de atores políticos, setores de defesa, empresas privadas, academia e, até mesmo, ativistas sociais (CEZNE; JUMBERT; SANDVIK, 2015).

A ANAC (2016) regulamenta a altura de voo para áreas rurais e urbanas. O voo de drones de até 25 quilos é permitido a até 400 pés ou aproximadamente 120 metros, desde que ocorra em linha visual, ou seja, ao longo da visão do piloto. Outra regra importante é que o voo seja durante o dia, e que o piloto mantenha contato visual constante com o drone. Um cuidado importante a ser tomado é que o voo seja realizado a 5km de distância de aeroportos.

Segundo Barcelos (2017) a utilização de drones, apresentam-se inúmeras vantagens, como exemplo, o tamanho reduzido da aeronave tendo em vista as outras aeronaves que eram utilizadas como helicópteros e aeroplanos. Os veículos aéreos não tripulados são aproveitados de várias formas como, no cadastro de propriedades rurais, documentação arqueológica, agricultura de precisão, sistemas de segurança, em pesquisas geomorfológicas de detalhe, no monitoramento de áreas, entre outras.

O emprego de VANTs em estudos ambientais é de suma importância, pois coopera em tempo real na exatidão e reconhecimento de áreas de variadas expansões, proporcionando apoio aos pesquisadores, com o subsídio de imagens aéreas de alta resolução, colaborando com o mapeamento mais correspondente das áreas de estudo e o desenvolvimento das pesquisas.

Algumas pessoas consideram os drones intrusivos, inseguros, melindrosos a abusos e representam apenas mais um mecanismo para que a indústria militar explore causas humanitárias na busca por lucros econômicos e estratégicos. Entretanto, os defensores dos drones o consideram como elementos carentes de conteúdo e, portanto, a serem preenchidos por significados, ao mesmo tempo em que dividem um conjunto de argumentos sobre suas qualidades inerentes, tais como: baixo custo e maior eficácia (CEZNE; JUMBERT; SANDVIK, 2015).

O veículo aéreo não tripulado ou drone como são conhecidos, atualmente é considerado uma grande ferramenta para obtenção de imagens de alta resolução, sendo de alta resolução temporal e de baixo custo em vista dos outros métodos convencionais já utilizados. Essas peculiaridades do equipamento têm aumentado o uso do mesmo dentre os empreendedores e pesquisadores, especialmente na atualização e produção de mapas, em pequenas ou afastadas áreas onde a aplicação da fotogrametria já utilizada faz-se com que a execução do trabalho se torne economicamente inexequível (BARCELOS, 2017).

2.6 Drones na construção civil

Tendo em vista os avanços da tecnologia, nem mesmo o setor de construção civil que é dado como “atrasado” permaneceu como era. Processos modernizados, equipamentos e materiais estão sustentando espaço neste ramo provocando aprendizados inovadores nos pesquisadores e empresários, como por exemplo, o uso da modelagem BIM1, aproveitamento de materiais sustentáveis e que geram menores prazos e custos, e o uso de drones (COUTINHO; FEITAL; COSTA; 2017).

Uma grande parte dos projetos da engenharia civil depende de um diagnóstico prévio do terreno para seu cumprimento em toda a sua totalidade. Essas análises podem ser tanto topográficas como geodésica. Um exemplo disso são as curvas de nível que são responsáveis pela assimilação das áreas verificadas como também transposição da água. A maioria destas verificações é realizada de forma manual, com a utilização de aparelhos topográficos. Com o aparecimento dos drones ficou possível aos tempos atuais mais velocidade na execução de projetos e maior controle dos dados coletados (SILVEIRA; FILHO; AGUIAR; GENEROSO; 2018).

A IBAPE/MG (2019) diz que devido à praticidade, facilidade de alcançar locais de difícil acesso e a alta resolução de imagens e vídeos, o drone tornou-se uma ferramenta importante no processo de gerenciamento da construção civil. Modelos de drones com câmeras e sistema com Global Positioning System (GPS), já conseguem um trabalho que poderia levar semanas para ser concluídos, sendo que esse mesmo trabalho com auxílio de drones levaria apenas alguns dias de levantamento e processamento das imagens (SILVEIRA; FILHO; AGUIAR; GENEROSO; 2018).

Tendo em vista também o fator economia, que está ainda mais em alta nesse momento, o mercado da construção civil tem buscado a utilização de ferramentas como essa que oferecem suporte e parâmetros técnicos sobre o processo como um todo e seus pontos críticos, permitindo análises mais penetradas, com conjectura de soluções mitigadoras além de antecipar a perspectiva do aparecimento de possíveis problemas futuros e gerir, através de indicadores, o desenvolvimento desse processo (FERREIRA, 2018).

A possibilidade de acoplar aos VANTs diversos tipos de dispositivos tecnológicos, principalmente GPS, giroscópios, scanners e câmeras digitais de alta resolução, transforma essa nova tecnologia em uma plataforma móvel com alta capacidade de sensoriamento e aquisição de dados, extremamente útil para diferentes atividades dentro da engenharia civil (SIBERT; TEIZER, 2014). Apesar de sua utilização na engenharia civil ser muito recente, uma série de pesquisas e estudos vem sendo desenvolvidos com o intuito de introduzir essa tecnologia nesta área. Tais estudos apontam o aumento da adoção da tecnologia no setor e esse futuro promissor está diretamente associado ao menor custo dos equipamentos, e a eficiência no processamento dos dados.

Devido ao estilo inconstante que pode ser percebido na indústria da construção e a dificuldade de monitoramento das atividades, muitos pesquisadores têm utilizado os drones a fim de buscar uma nova opção para monitorar os processos, aumentando a credibilidade das informações coletadas em campo, com o intuito de aprimorar as condições no canteiro através da melhoria da visualização do mesmo. Kim e Irizarry (2015) buscaram avaliar o potencial, a utilização e o desempenho de drones para atividades de monitoramento de canteiros em obras de construções de estradas. A fim de aprimorar o entendimento inicial do uso desta tecnologia em diferentes ambientes da construção civil, o estudo ressalta alguns fatores críticos que contribuem ou influenciam no desempenho de drone para inspeção de segurança (Lisboa; Sena; Aguiar; Barroso; Ferreira, 2018).

Segundo Pedreira (2017), a qualidade dos arquétipos digitais de elevação é essencial para a emprego na engenharia civil, pois os diagnósticos desses modelos disponibilizam dados importantes para serem usados em projetos, como por exemplo a imagens detalhadas, geração de curvas de nível, mapas de drenagem, cálculo de volumes de corte e aterro, entre outros.

Feital (2017) diz que os drones foram incorporados ao processo de gerenciamento de projetos da construção civil pela facilidade em se locomover, deslocar em sentido vertical e horizontal, alcançar boas alturas e recolher o maior número de imagens e vídeos possível. Os drones fazem desde uma simples coleta de imagens, alguns destes veículos também são dotados de sistemas de sensores de bordo capazes de

realizar uma coleta de dados especial que podem ser utilizados como amostragem para a prática de ensaios não destrutivos. Feito a coleta de imagens através de um veículo com câmera em boa resolução e que se tenha a estabilização das imagens para gerar fotos com a mesma qualidade, o próximo passo é compilar os dados, montar as fotos da melhor maneira e analisar o que foi coletado em campo e aplicação que julgar necessário.

2.7 Inspeção e monitoramento de obra civil com drone

O panorama da construção civil, não só no Brasil, mas em todo o mundo, submeteu-se à necessidade da agilidade da informação para tomada de determinações, logo o procedimento convencional de monitoramento de obra, acerca do critério visual vem sendo suprido pela verificação através de drones. Este procedimento consiste em ser aplicado não somente na fase construção como também depois de finalizada a obra, ou seja, para a manutenção civil (COUTINHO; FEITAL; COSTA; 2017).

A inspeção por imagens é um registro através de filmagens para garantir uma condição do projeto. Através desse procedimento, o drone obtém por meio de câmera acoplada ao mesmo, um vídeo que pode ser transformado em várias imagens e processado para trabalhar da melhor maneira a condição a ser atendida. A filtragem de dados, correção das filmagens e imagens que ficaram vibradas bem como a sua compactação faz com que se trabalhe melhor os dados obtidos e então encaminhar ao cliente. As imagens captadas podem conter os dados com diversas aplicabilidades na construção civil. A qualidade das imagens que são em alta resolução pode fornecer dados como estado de fissuras, coleta de imagens para a entrega da obra, relatório fotográfico, auditoria, vistoria cautelar, fiscalização da obra, etc. (FEITAL, 2017).

Quando se diz sobre inspeção ou monitoramento de obra civil, o uso de drones pode colaborar tanto para o aumento da segurança dos operadores de tais atividades que frequentemente usam técnicas de críticas para inspeção de áreas de acesso restrito nas edificações como para obtenção de resultados de forma mais rápida e prática. (IBAPE/MG 2019).

Devido a sua grande importância a fotogrametria está constantemente evoluindo tecnologicamente. Os maiores avanços da fotogrametria foram na década de 60, pois até a década de 50 os processos fotogramétricos eram mecânicos, sendo denominado fotogrametria analógica (FURTADO, 2003)

Notícias recentes provenientes de jornais e sites em nível nacionais e internacionais apontam que os drones podem dar suporte em diversas atividades de construção de forma rápida e eficiente e com menor custo. No Brasil, o uso de drone para construção civil tem sido explorado por construtor para registrar obras, acompanhar avanço físico, e para promover a vendas de imóveis (TÉCHNE, 2014). Órgãos públicos, como CREA (Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura), também tem feito o uso de drone para vistoriar obras de infraestrutura.

Os drones podem inspecionar desde redes elétricas, subestações, inspeções urbanas quando a legislação permitir e obras de construção civis diversos. Podem ser detectado à distância defeitos, alcançar lugares de difícil acesso como telhado, bem como a necessidade de manutenção em fiação de alta tensão, verificação de queda de energia e possíveis interrupções (OLIVEIRA; ARAUJO; ROCHA, 2016).

Para a escolha do drone e seus acessórios de captura de imagens a ser utilizado na execução do trabalho deve-se levar em consideração a característica do voo que será realizado. Tal critério é de essencial para obter maior qualidade das imagens coletadas (HORUS AERONAVES, 2016).

Normalmente, o monitoramento e inspeção de obras civis são realizados por meio de averiguação visual, o que proporciona certas restrições de acesso aos técnicos responsáveis, principalmente em caso de estruturas como barragens, torres, locais de refrigeração, igrejas, locais de difícil acesso e até mesmo em prédios com muitos andares, no qual são imprescindíveis equipamentos de elevação para realizar o serviço. Por isso, o uso de drones para a realização deste tipo de inspeção se mostra promissor, já que elimina a necessidade de equipamentos de elevação e operadores especializados, além de garantir o aumento da segurança durante o processo de inspeção e realizar a atividade de maneira mais eficiente e econômica (MORGENTHAL e HALLERMANN, 2014).

Segundo Coutinho (2016) imagens e dados que são processadas pelos drones e softwares, possuem não só caráter técnico, mas, também, auxiliam na gestão geral de todo no projeto, por permitir tornar perceptível para as partes interessadas informações diversas acerca do mesmo.

Os dados levantados são utilizados com o objetivo principal de aprovar ou rejeitar um produto ou serviço ao término da inspeção. São esses dados que classificarão a construção inspecionada em não conforme e conforme (WERKEMA, 2006).

A utilização de drones pode auxiliar no levantamento de dados que podem vir desde a fase da infraestrutura em que se tem a execução do concreto armado ou estrutura metálica, fornecendo imagens com detalhes referentes a patologias ou pontos de soldas dispostos incorretamente, como também com a termografia, em que pode coletar imagens com níveis de detalhes que podem mostrar a diferença de radiação térmica de partes da instalação elétrica, auxiliando na coleta de dados para manutenção da mesma. A utilização do drone pode acontecer até os ajustes finais da construção, tendo a responsabilidade de manter o nível de qualidade da obra desdobrando até a fase de inspeção predial, em que já é observado a estrutura construída e funcionando. Faz-se o uso dos drones para avaliar o estado da estrutura, para uma perícia ou até mesmo verificar as condições de segurança da construção (FEITAL, 2017).

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo serão realizados estudos da aderência e realização prática de inspeção e monitoramento com os drones na construção civil. Desta forma, este trabalho tem o propósito de demonstrar os benefícios do uso de drones nas etapas de inspeção e monitoramento de obra civil permitindo estudar detalhadamente a evolução da mesma realizando uma comparação dos dados levantados em inspeções realizadas em dias diferentes.

Primeiramente, a fim de descrever conceitos e informações sobre o tema proposto, realizou-se um levantamento bibliográfico citando autores de relevância na área em estudo.

A obra em análise é um empreendimento comercial de galpão para locação à rede de supermercado executada pela FSJ Empreendimentos Imobiliários LTDA. localizado no endereço Avenida Júlia Kubitscheck, nº 903 Centro – Congonhas MG CEP: 36410-084.

Para realizar as duas inspeções, utilizou-se o drone SPARK Fly More Combo (NA) Lava Rad da marca DJI. O equipamento de apenas 300g e 14cm de comprimento é dotado de atributos tecnológicos que resultam em imagens de alta qualidade. Com várias opções inteligentes de voo, pode ser controlado por gestos, por controle remoto ou por smartphones. Possui uma câmera de alta resolução, estabilizada por um gimbal mecânico de 2 eixos, capaz de capturar fotos de 12 MP e vídeos Full HD de 1080p.

Para a compilação de imagens e informações captadas pelo drone foram utilizados os aplicativos de smartphones Litch, GPS connected, DJI GO 4 BR, Pix 4D Picture e drone VR+ e para acompanhamento em tempo real um smartphone com sistema operacional Android, como pode ser visto nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Drone utilizado para desenvolvimento do trabalho



Fonte: O autor (2020)

Figura 2 - Operação do drone



Fonte: O autor (2020)

Para levantamento de dados, foram criados dois formulários para a realização de voos de inspeção e monitoramento de obra civil como pode ser visto nos apêndices A e B. Os formulários de checklist foram preenchidos nos dois voos realizados.

O checklist de registro de voo é preenchido antes do início do voo a fim de garantir que o mesmo seja realizado com sucesso sem que haja qualquer interferência que poderia ser prevista. Ele avalia condições do ambiente e do equipamento a ser utilizado nas fases de pré-voo, decolagem e aterrissagem.

Já o checklist de inspeção e monitoramento de obra civil com drone é preenchido com dados levantados na obra e é utilizado para a análise dos resultados alcançados.

Os dados levantados na pesquisa são de forma qualitativa dentre eles a obra e seus sistemas construtivos, observando aspectos de desempenho, funcionalidade, vida útil, segurança, estado de conservação, manutenção, utilização e operação da mesma bem como o grau de criticidade das deficiências constatadas.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Segundo a NBR 13752 (1996), que se refere às perícias de engenharia na construção civil, durante uma perícia, as informações que são coletadas estão associadas a alguns requisitos e procedimentos básicos necessários que devem ser vistos na obra.

Estes procedimentos são definidos para direcionar a metodologia empregada nas investigações, o processo da coleta e refinamento dos dados, e para garantir a qualidade e a precisão na análise técnica. Para a elaboração da análise de resultados, retratando de forma verdadeira a obra inspecionada, tornou-se imprescindível a coleta de imagens *in loco* e a constatação técnica orientada por dados fornecidos pelo engenheiro responsável pela obra.

4.1 Considerações gerais

As informações abaixo mencionadas no Quadro 1 foram extraídas diretamente na obra através do preenchimento de um checklist juntamente ao engenheiro responsável pela execução da mesma.

Quadro 1 – Informações gerais sobre a obra e inspeção

Empresa responsável pela execução da obra inspecionada:	FSJ Empreendimentos Imobiliários LTDA.
Engenheiro responsável pela obra:	Daniel Moreira Coelho - CREA 174627/D
Quantidade de funcionários empregados:	10
Finalidade da obra:	Obra Comercial de Galpão para Locação à rede de Supermercado
Prazo de execução:	8/11/2019 a 10/09/2020
Endereço da obra:	Avenida Júlia Kubitscheck, nº 903 Centro – Congonhas MG CEP: 36410-084
Dimensão da obra:	Área a construir: - Loja, Depósitos, Mezaninos, I.S. e Clínica: 3.945,23m ²

	- Estacionamentos: 5.273,12m ² - Circulação: 762,47m ² Área Total: 9.980,82m ² .
A classificação do solo de acordo com o relatório de sondagem apresentado pela empresa:	Consistência dos solos de predominância argilosa, a partir das penetrações medidas.
Dados gerais da estrutura:	O empreendimento será construído em estrutura de concreto pré-moldado, o estacionamento terá cobertura metálica. A fundação será do tipo hélice contínua.
Data e hora das inspeções:	17/04/2020: 10:00 horas 01/05/2020: 12:00 horas
Objetivo da inspeção:	Verificar o estado físico da obra e documentar as características nele encontradas, nesta data, a fim de dirimir quaisquer futuras dúvidas, que eventualmente possam advir em função da execução da mencionada construção. Tal ação é voltada para garantir que a produção na obra esteja sendo executada dentro do padrão esperado.

Fonte: O autor (2020)

4.2 Estudo prévio da área de interesse

Delimitou-se, nesta etapa, a área de interesse para ser imageada, definiu-se a altitude média do terreno e verificou-se a ausência de prováveis problemas para a execução do estudo como obstáculos naturais (árvores, picos), cabos elétricos, construções, entre outros. Nos dois dias em que foram realizados os voos, apenas no primeiro voo havia a perfuratriz ao qual teve-se cuidado para não atingi-la com o drone.

Determinou-se também o local de levantamento de voo e pouso do drone. Devido ao porte do drone, através dessa tarefa, percebeu-se um grande benefício do uso do mesmo quando comparado ao outro método que era utilizado anteriormente, as aeronaves tripuladas como helicópteros e aeroplanos. Devido a sua facilidade de levantamento de voo e pouso e por não necessitar de uma pista de pouso/decolagem, utilizou-se somente um bloco de cimento da própria obra para nivelamento do solo, como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 - Local de levantamento do drone



Fonte: O autor (2020)

Nesse próprio bloco de concreto utilizado como ponto de decolagem do drone, foi possível realizar a calibragem da bússola IMU. Esse processo de calibragem corrige os sensores do drone garantindo que voe corretamente reagindo aos comandos do controle e impedindo também quedas de altitude durante o voo. A bússola calibrada, em conjunto com o GPS do drone, fará com que o mesmo volte ao ponto de decolagem antes que a bateria do mesmo acabe totalmente.

Foi realizado o preenchimento do checklist de voo nos itens pré-voo e decolagem e seus subitens respectivamente. Sem o preenchimento desse checklist e certificação que todos os itens relacionados estão em conformidade há uma grande possibilidade

de durante o voo acontecer algum imprevisto e impedir que a inspeção seja realizada com sucesso.

4.3 Plano de voo

Definiu-se, no planejamento de voo, definido que a inspeção seria realizada em duas datas com diferença de quinze dias entre elas, permitindo assim, detectar e monitorar a evolução da obra entre as mesmas bem como inspecioná-las afim de verificar alguma possível irregularidade.

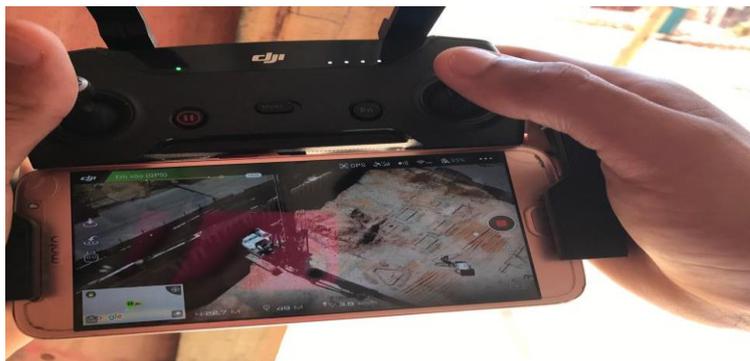
O voo percorreu todo o imóvel de maneira minuciosa e detalhada para aquisição de filmagem e posterior extração de fotografias aéreas verticais. A altura média de voo foi determinada em 120 metros conforme recomendação da ANAC.

Realizou-se ainda, no plano de voo, um estudo preliminar sobre as características da área a ser imageada, observando os possíveis pontos de interferência que poderiam vir prejudicar o voo como condições climáticas, equipamentos, redes elétricas ou vegetações. Essas informações também foram solicitadas a serem observadas utilizando o checklist.

4.4 Processamento das imagens

As filmagens realizadas foram processadas em aplicativos smartphones e as imagens foram extraídas no próprio aparelho de celular como pode ser visto na Figura 4. Posteriormente as gravações foram analisadas no notebook com o checklist de inspeção/monitoramento de obra civil.

Figura 4 - Processamento de imagens com drone



Fonte: O autor (2020)

4.5 Inspeção 17 de abril 2020

A inspeção prática na obra civil em estudo, executada no dia 17 de abril de 2020, ocorreu às 10 horas e detectou-se que a mesma se encontrava em fase de execução de gabarito para marcação de blocos de fundação, concretagem da parede da cortina de estacas de contenção e montagem de forma para nichos de pilares.

Na Figura 5, através da filmagem do drone e sistema com Global Positioning System (GPS), pode-se visualizar vista aérea da obra de maneira instantânea e atualizada. Tal imagem também pode ser obtida em sites reconhecidos, porém, muitas vezes, as imagens não são atualizadas e com resolução inferior quando comparada a imagem obtida pela câmera acoplada ao drone. Outra forma também seria através de voos com aeronaves tripuladas o que também seria algo mais complexo devido a mobilização de recursos, espaço físico e mão de obra especializada para a execução.

Figura 5 - Vista aérea da obra em 17/04/2020



Fonte: O autor (2020)

A vista aérea da obra auxilia o engenheiro no momento de realizar a planta de localização e situação, pois, através dela, o profissional tem a visibilidade real do logradouro onde se encontra o imóvel.

4.5.1 Execução de gabarito para marcação de blocos de fundação

Durante a inspeção detectou-se que os colaboradores executavam o gabarito para a marcação de blocos de fundação. Para a execução dos gabaritos era utilizado somente matéria prima, mão de obra e ferramentas manuais. Através das imagens aéreas feitas pelo drone observou-se gabaritos de duas e três estacas como observado na Figura 6, informação que posteriormente foi confirmada pelo engenheiro mediante projeto. Tal atividade era orientada pelo mestre de obra que utilizava o projeto da obra.

Figura 6 - Execução de gabarito para marcação de blocos de fundação



Fonte: O autor (2020)

Por se tratar de um terreno onde a prospecção do solo é predominante argilosa, a engenharia optou pela execução de estacas tipo hélice contínua onde o equipamento de trado helicoidal contínuo realiza a concretagem da estaca simultaneamente à retirada do solo. O serviço de perfuração foi realizado pela perfuratriz que se encontrava na obra no dia da inspeção.

Ainda, nessa etapa, observou-se as locações topográficas do terreno e dos blocos, cujo nome do eixo foi pintado na tábua da face com tinta esmalte vermelha e com o auxílio de gabaritos de letras e números, alinhados demonstrados pelos marcos de madeira, como pode ser visto nas Figuras 7 e 8.

Figura 7 - Locações topográficas do terreno e dos blocos



Fonte: O autor (2020)

Figura 8 - Locações topográficas do terreno e dos blocos



Fonte: O autor (2020)

4.5.2 Concretagem da parede cortina de estacas

Devido as construções vizinhas a engenharia optou por aplicar a cortina de estacas. Um método de contenção de solos que consiste na execução de sucessivas estacas no terreno natural, formando uma espécie de "parede" ou "cortina", que manterá a

estabilidade do solo, possibilitando a escavação em um de seus lados (MEIRELES, 2006).

Como pode ser visto na figura 9, ao redor no terreno existem muitas construções das quais não se tem seus históricos e projetos estruturais, conforme informação do engenheiro responsável.

Ainda na figura 9 podemos observar outro benefício do uso de drone para a inspeção de obra. Devido a incidência da chuva no dia anterior, o terreno tornou-se um local escorregadio e de acesso restrito, com o uso do drone, a inspeção pode ser realizada na obra em sua totalidade sem oferecer risco ao profissional da área.

Figura 9 - Concretagem da parede cortina de estacas



Fonte: O autor (2020)

A atividade estava sendo executada pelos colaboradores contratados da construtora. Durante a inspeção foi observado que os mesmos utilizavam os seguintes insumos listados abaixo e que podem ser vistos na Figura 10:

- ✓ Matéria prima como cimento, areia e brita;
- ✓ Ferramentas manuais como colher de pedreiro, desempenadeiras, baldes, martelos, níveis, prumo de face, carrinho de mão e etc.;
- ✓ Betoneira e andaime.

Figura 10 - Insumos para concretagem da parede cortina de estacas



Fonte: O autor (2020)

Através dessa inspeção pode-se também mapear os impactos que os imóveis vizinhos sofreriam com a execução da obra. Durante a primeira inspeção não foi detectado comprometimento nas edificações vizinhas como pode ser observado na figura 11.

Figura 11 - Estado das edificações vizinhas a obra



Fonte: O autor (2020)

4.5.3 Montagem de forma para nichos de pilares

Próximo ao canteiro provisório da empresa, dois colaboradores montavam formas para nichos dos pilares da fundação, conforme figura 12. Através desse voo foi possível observar que os colaboradores realizavam a atividade utilizando os equipamentos de proteção individual fornecidos pela empresa, tal item também foi observado nas outras atividades acima relacionadas. Item de suma importância nas inspeções tendo em vista a preservação da integridade física dos colaboradores.

Figura 12 - Montagem de forma para nichos de pilares



Fonte: O autor (2020)

4.6 Inspeção/monitoramento de obra 01 de maio 2020

A segunda inspeção prática na obra civil em estudo, executada no dia 01 de maio de 2020, ocorreu às 12 horas. Nesta observou-se que a obra se encontrava em fase de execução da escavação mecânica de blocos da fundação com o equipamento móvel retroescavadeira.

4.6.1 Monitoramento de obra

Após quinze dias desde a última inspeção foi observado evolução nos itens já observados bem como a execução de novas tarefas.

As paredes cortinas de estacas que eram concretadas pelos colaboradores na última inspeção, no dia 1 de maio de 2020 encontravam-se curadas como pode ser visto na figura 13.

Figura 13 - Paredes cortinas de estacas



Fonte: O autor (2020)

Os blocos de fundação que estavam sendo gabaritados na última inspeção, após quinze dias, estavam sendo perfurados com equipamento mecanizado. A atividade de perfuração já estava bem adiantada como mostra a figura 14. Alguns blocos regularizados, outros perfurados, mas não regularizados, e outros sem perfuração.

Figura 14 - Vista aérea dos blocos de fundação



Fonte: O autor (2020)

A atividade de montagem de formas para nichos dos pilares da fundação não estava sendo executada neste dia por isso não há observação a ser comentada sobre a mesma.

No que diz respeito a ferramentas e equipamentos, observou-se na segunda inspeção que devido a inutilidade dos mesmos, os equipamentos betoneira, gerador, perfuratriz e seus trados foram desmobilizados na obra como pode ser visto na figura 15.

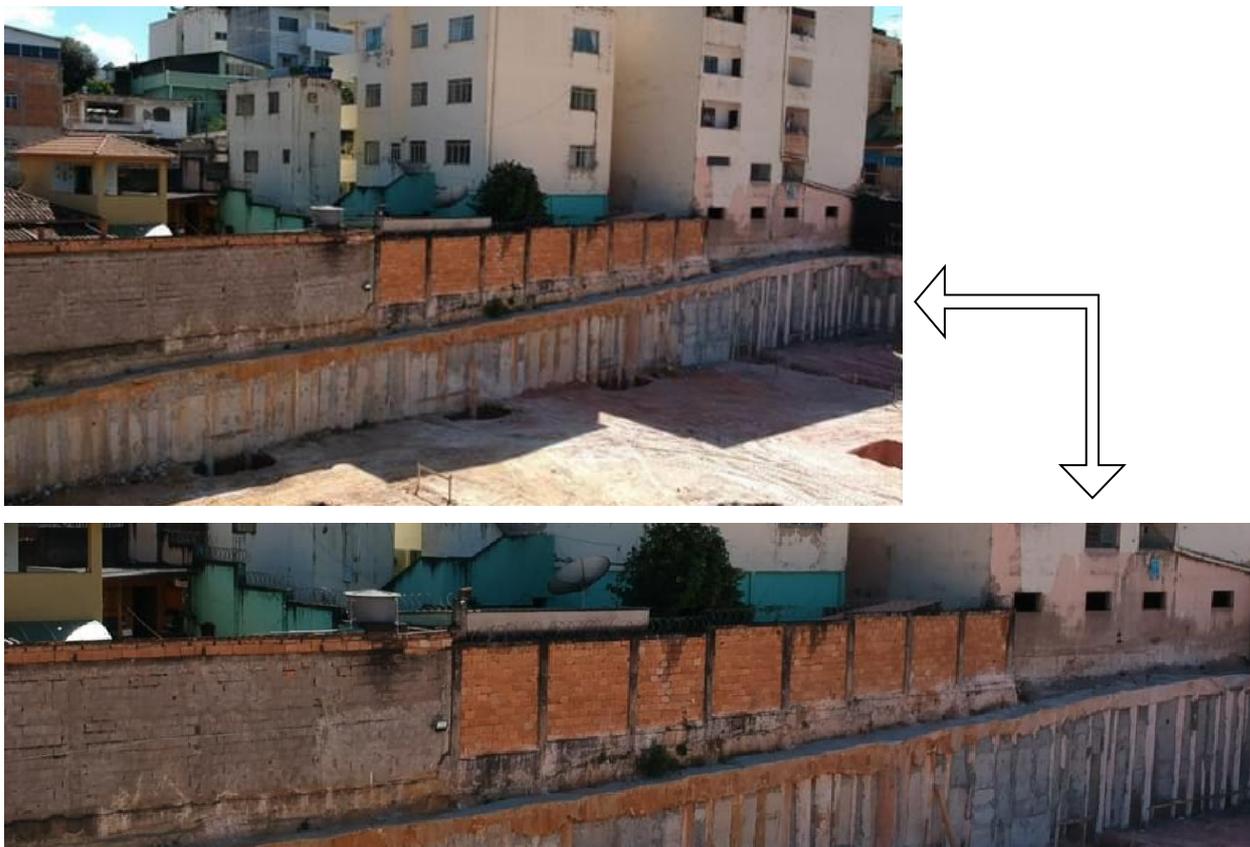
Figura 15 - Vista geral da obra



Fonte: O autor (2020)

Assim como na primeira inspeção, observou-se também na segunda que não haviam comprometimentos nas edificações vizinhas, como mostra a imagem 16.

Figura 16 - Estado das edificações vizinhas a obra



Fonte: O autor (2020)

4.6.2 Escavação dos blocos de fundação com retroescavadeira

A atividade de predominância no dia da segunda inspeção da obra em questão foi a escavação realizada por uma retroescavadeira hidráulica locada com mão de obra inclusa da marca Case, como pode ser vista na figura 17. A atividade foi orientada pelo mestre de obras e executada pelo operador.

A escavação estava sendo realizada de acordo com as cotas e dimensões estabelecidas em projeto com blocos que variavam entre 1,25m à 2,5m de profundidade. O material escavado foi acumulado em pilhas e transportadas por caminhões até um bota fora. Como tem-se blocos em grande volume, foi feito a escavação mecanizada e em seguida a escavação manual para garantir a cota correta.

Nesta inspeção não estava sendo executada a atividade de regularização da parede do furo, entretanto pode ser observado na figura 17, em comparação com a figura 18, que tal atividade vem sendo executada gradualmente.

Figura 17 - Escavação de blocos de fundação com retroescavadeira



Fonte: O autor (2020)

Figura 18 - Furo de bloco de fundação três estacas



Fonte: O autor (2020)

Na figura 19 observa-se que a atividade de arrasamento de estacas está sendo realizada conforme o projeto da obra. As estacas estão sendo arrasadas com cotas

de modo a deixar que a mesma e a armadura penetrem no bloco com comprimento que possa garantir a transferência de esforços.

Como trata-se de imagens aéreas feita por drone a atividade foi monitorada sem colocar em risco a vida das pessoas como queda de nível diferente e também interação homem x máquina.

Figura 19 - Furo de bloco de fundação três estacas arrasadas



Fonte: O autor (2020)

5 CONCLUSÕES

Cada vez mais a construção civil vem buscando melhoria nos seus processos através da aderência de tecnologias que o mercado oferece. Apesar de ser um ramo onde muitos serviços ainda podem ser chamados de rústicos, a construção civil tem se mostrado flexível ao se enquadrar na era da tecnológica.

Uma dessas práticas foi a inclusão do uso de drones para diversas atividades da engenharia civil. Os drones tem ganhado força como equipamento usado para trabalho pesado, podendo estar nos lugares mais improváveis para registros de imagens.

Através da pesquisa de campo realizada observou-se que o drone é uma ferramenta que auxilia o profissional a gerar relatórios detalhados capazes de garantir que o desenvolvimento da obra esteja sendo executado com a qualidade prevista no projeto. O drone obtém imagens precisas, em alta resolução e poupa o profissional, seja de engenharia ou arquitetura, do risco físico que antes era submetido.

O drone é uma ferramenta que a engenharia pode utilizar facilmente como um todo, seja em relatório, inspeção visual, monitoramento, auditoria ou perícias. Para gerenciamento de obras e acompanhamento periódico, o drone pode ser o equipamento ideal tendo em vista o custo benefício. Realizar voos com aeronaves tripuladas para monitorar obras tornou-se inviável com a vinda os drones. Para a aeronave tripulada seria necessário pessoas qualificadas, espaço físico e recursos que muitas vezes as obras não disponibilizam. Com o drone todos esses recursos não são necessários.

Com base nos dados obtidos, através do presente trabalho é possível perceber que para a engenharia civil, o uso de drones apresenta diversas vantagens, como monitoramento e acompanhamento da evolução da obra de maneira segura e minuciosa. É perceptível que na engenharia civil, dentro de um canteiro de obras, uma gama de trabalhos é indispensável, sendo estes possíveis serem inspecionados e monitorados periodicamente evitando assim custos e perda de tempo com retrabalhos.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros:

- Uso de drone para vistorias cautelares;
- Análise estrutural de estradas e rodovias com drones.
- Levantamento topográfico com drones.

REFERÊNCIAS

AEROFOTOGRAMETRIA com drone: Tipos de câmeras. **Horus aeronaves**, Florianópolis, 2016. Disponível em: <<https://horusaeronaves.com/aerofotogrametria-com-drones/>>. Acesso em 05 de Setembro de 2019.

Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC. **Drones**. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones>>. Acesso em: 28 de Agosto de 2019.

Agência Nacional de Aviação Civil- ANAC. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial REBAC-E N°94**. 2017. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94/@@display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf> Acesso em: 30 de Agosto de 2019.

A MODERNIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ATRAVÉS DA REVOLUÇÃO PRODUTIVA. **Mobuss Construção**, Blumenau, 2017. Disponível em: <<https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/modernizacao-da-construcao/>>. Acesso em 01 de Dezembro de 2019.

ANGELOV, P. **Sense and Avoid in UAS: Research and Applications**. John Wiley & Sons, 30 de abr. de 2012 - 345 p.

ARO, CELSO R.; AMORIM, SIMAR V. **As inovações tecnológicas no processo de produção dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. I conferência latino-americana de construção sustentável x encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. São Paulo, julho, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de edificações – Procedimento**. Rio de Janeiro, p. 4. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13752: Perícias de engenharia na construção civil**. Rio de Janeiro, 1996. 8 p.

BARBOSA, A. S. **Uso de indicadores de desempenho nas empresas construtoras brasileiras: diagnostico e orientações para utilização**. 2010. Tese (Doutorado em engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2010.

BARCELOS, Ana Carolina. **O uso de veículo aéreo não tripulado (vant) em monitoramentos de campo: Aplicabilidades e Viabilidades**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia Instituto de Geografia, Minas Gerais, 2017.

BARROS, E. S.; SANTOS, V. M. V. **Identificação da adequabilidade da “Lean Construction” à produção em construtoras da RMR: Estudo multi-casos.** In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12., 2006, Bauru. Anais... São Paulo, 2006.

BORGES, A. de C. **Prática de pequenas construções.** 6° Edição. São Paulo, Editora Blucher, 2010.

BRANCO, L. A. M. N.; NEVES, D. R. R. **Estratégia de inspeção predial.** Revista Construindo, Belo Horizonte: v. 1, n.2, p. 12-19, jul./dez. 2009.

CARVALHO, Bruno Franklin Moreira. **Capacitação de mão de obra para a construção civil.** 2011. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) -Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

CEZNE, E.; JUMBERT, M. G.; SANDVIK, K. B. **Drones como veículos para a ação humanitária: perspectivas, oportunidades e desafios.** Revista conjuntura Austral, Porto Alegre, v.7 p.45-60, 2015.

CAVALCANTE A. M. S. **Treinamento como ferramenta estratégica para o crescimento organizacional.** Artigo (Professor em Administração de Empresas) – Faculdade Novo Milênio. Espírito Santo. 2004.

COELHO, H. O. **Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil.** 2003. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CONCIANI W. Referenciais curriculares nacionais de educação para profissionais do nível técnico. 1° Edição. Brasília, Educabrazil, 2000.

COUTINHO, I.; FEITAL, M. R.; COSTA, S. Q. **Inovação na Gestão da Qualidade: Utilização de VANT em Inspeções em Projetos Civis.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 6. 2017, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: SINGEP VI, 2017. p. 2-15.

Coutinho, I. **Inspeção Predial: Os drones chegaram aos condomínios.** Disponível em: <<http://pmkb.com.br/artigo/inspecao-predial-os-droneschegaram-aos-condominios/>>. Acesso em: 12 de Setembro de 2019.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. **Os Trabalhadores e a Reestruturação Produtiva na Construção Civil Brasileira.** Série Estudos Setoriais. São Paulo: DIEESE, n. 12, 2001.

DRUKER, P.F. **Inovação e espírito empreendedor.** Rio de Janeiro: Campus, 2008.

EISENBEISS, Henri. **Um mini veículo aéreo não tripulado (UAV): visão geral do sistema e aquisição de imagens.** Workshop Internacional sobre "Processamento e visualização usando imagens de alta resolução". Pitsanulok, Tailândia. Novembro de

2004. Disponível em: < [https://www.semanticscholar.org/paper/A-MINI-UNMANNED-AERIAL-VEHICLE-\(UAV\)%3A-SYSTEM-AND-isenbeiss/31e4725e74bf623aeaf86782f52d9f140b2af153](https://www.semanticscholar.org/paper/A-MINI-UNMANNED-AERIAL-VEHICLE-(UAV)%3A-SYSTEM-AND-isenbeiss/31e4725e74bf623aeaf86782f52d9f140b2af153)> Acesso em: 03 de Dezembro de 2019.

FEITAL, Marcelo Rosa. **Uso de equipamentos robotizados para inspeção de Projetos de Construção Civil**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Pós-Graduação em Gerenciamento de Projetos) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Minas Gerais, 2017.

FERREIRA, João Vítor de Souza. **Inspeção e monitoramento de obras de arte especiais com vista a manutenção preditiva**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

FRANÇA, S. L. B.; ROHAN, U. **Análise das tendências da indústria da construção civil frente à sustentabilidade nos negócios**. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 9., 2013, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2013. p. 1-23.

FURTADO, Maria Freitas. **Comparação altimétrica entre pontos obtidos GPS RTK e Fotogrametria Digital**. 2003. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Departamento de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2003.

GHEISARI, M .; IRIZARRY, J .; WALKER, B.N. **Avaliação da usabilidade da tecnologia drone como ferramentas de inspeção de segurança**. *Jornal de Tecnologia da Informação na Construção*. v.17, p. 194 -212. 2012.

GOMIDE, Tito; PUJADAS, Flávia, NETO, Jerônimo, **Técnicas de Inspeção e Manutenção Predial**, ed. Pini. São Paulo, 2006.

Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia- IBAPE. **Prática recomendada de inspeção predial, vistoria cautelar e perícias de engenharia com uso de VANT'S**. 2019. Disponível em:< <https://www.ibapemg.com.br/2018/wp-content/uploads/2019/03/revisao-pr-drones-vfinal.pdf>> Acesso em: 30 de Agosto de 2019.

JUNIOR, I. F.; AMARAL, T. G. **Inovação tecnológica e modernização na indústria da construção civil**. *Revista Ciência et Praxis, Minas Gerais*, v. 1, n. 2, p- 11-16, 2008.

KIM, S .; IRIZARRY, J. **Estudo exploratório sobre fatores que influenciam o desempenho da UAS em projetos de construção de rodovias: como o caso de sistemas de monitoramento de segurança**. In: Conferência sobre Construção Autônoma e Robótica de Infraestrutura, Ames, 2015

LISBOA, D.; SENA, A. B.; AGUIAR, A. A.; BARROSO E.; FERREIRA M. **Utilização do VANT para inspeção de segurança na construção de uma avenida em Belém-**

PA. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 16., 2018, Pará. Anais... Pará : Universidade da Amazônia, 2018. p. 1-9.

LONGHITANO, George Alfredo. **Vants para Sensoriamento Remoto: Aplicabilidade na Avaliação e Monitoramento de Impactos Ambientais Causados por Acidentes com Cargas Perigosas.** 2010. Dissertação (Mestrado) – Engenharia de transportes- Geoprocessamento , Escola politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MEIRELES A. **Fundações e contenções laterais de solo.** 1º Edição. Goiás, Editora Estruturas, 2006

MORAES, Saulo Martoreli da Silva de. **Estratégias competitivas adotadas na construção civil brasileira: Uma análise das empresas líderes do setor.** 2009. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2009.

MORGENTHAL, G.; HALLERMANN, N. (2014). **Quality Assessment of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Based Visual Inspection of Structures, Advances in Structural Engineering,** Vol. 17 No. 3.

MUBARAK, S. **Construction project scheduling and control.** Revista New Jersey: John Wiley & Sons. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470912171> Acesso em: 18 de Outubro de 2019.

NASCIMENTO, Luiz Antônio do; SANTOS Eduardo Toledo. **Contribuição da tecnologia da informação ao processo de projeto na construção civil.** Revista Academia.edu, 2003. Disponível em: https://www.academia.edu/826246/A_contribui%C3%A7%C3%A3o_da_tecnologia_da_informa%C3%A7%C3%A3o_ao_processo_de_projeto_na_constru%C3%A7%C3%A3o_civil Acesso em: 01 de Dezembro de 2019.

OLIVEIRA, Valeria Faria. **O papel da indústria da construção civil na organização do espaço e do desenvolvimento regional.** In: 4 International Congress on University-Industry Cooperation, 4., 2012, Taubaté-SP. Anais... São Paulo: Universidade de Taubaté (UNITAU), 2012.

OLIVEIRA, E. C.; DE ARAÚJO, E. E.; ROCHA, E. K. **A importância do uso de drones e sua aplicação na manutenção.** PMKB, 2016. Disponível em: <http://pmkb.com.br/artigo/drones-e-sua-aplicacao-na-manutencao/>. Acesso em: 30 de Outubro de 2019.

OLIVEIRA Otávio José de. **Sistemas da qualidade na indústria da construção civil do Brasil.** Revista PUCSP, 2001. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/pensamentorealidade/article/view/8534> Acesso em: 01 de Dezembro de 2019.

PEDREIRA, Wállace John Pereira. **Avaliação da acurácia altimétrica de mapeamento topográfico usando VANT.** 2017. Trabalho de conclusão de curso

(Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Bahia, 2017.

SANTO, J. O.; BATISTA, O. H. S.; SOUZA, J. K. S; LIMA, C. T.; SANTOS, J. R.; MARINHO, A. A. **Resíduos da indústria da construção civil e o seu processo de reciclagem para minimização dos impactos ambientais.** Cadernos de Graduação - Ciências exatas e tecnológicas, Maceió: v. 1, n.1, p. 73-84, maio 2014.

SCHUMPETER, J.A. **A teoria do desenvolvimento econômico.** São Paulo: Nova Cultural, 1988.

SHAW, A. C. **Sistemas e software de tempo real.** 1º Edição. São Paulo, Editora Grupo A, 2003.

SIEBERT, S; TEIZER, J. **Mapeamento 3D móvel para levantamento de projetos de terraplenagem usando um sistema de Veículo Aéreo Não Tripulado (UAV).** Automação na Construção. v.41, p. 114. 2014.

SILVEIRA A. R. DA; FILHO L. A. de O. C.; AGUIAR N. G. S.; GENEROSO F. J. **Do chão ao céu; as possibilidades do uso dos drones na engenharia civil.** In: Seminário de iniciação científica, 9., 2018, Araçuaí Minas Gerais. Anais. Araçuaí Minas Gerais: Instituto Federal Norte de Minas Gerais, 2018.

SOUSA, Raísa Fonseca de. **Inovações tecnológicas na construção civil.** 2015. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2015.

TÉCHNE: **A revista do Engenheiro Civil**, v. 22, n. 211. São Paulo, PINI: 2014j.

TEIXEIRA, Luciene Pires. **A indústria de construção brasileira sob a ótica da demanda efetiva.** 2009. Tese (Pós-Graduação em Economia aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2009.

VILLANUEVA, Marina Miranda. **A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação.** 2015. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

ZAPAROLLI, D. **Canteiros de obra high tech Novas tecnologias, como ferramentas digitais e industrialização de processos, procuram elevar a produtividade do setor.** Revista FAPESP, 2019. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/2019/04/11/canteiros-de-obra-high-tech/> Acesso em: 01 de Dezembro de 2019.

WERKEMA C. **Ferramentas estatísticas básicas para gerenciamento de processos.** 1º Edição. São Paulo, Editora Werkema, 2006.

APÊNDICES

APENDICE A – Checklist registro de voo

REGISTRO DE VOO		
OPERADOR:		
OBSERVADOR RESPONSÁVEL DA OBRA :		
DATA:	HORA DE INÍCIO:	HORA DE FIM:
CONDIÇÃO DO TEMPO:		
LOCAL DE OPERAÇÃO:		
CHECKLIST PRÉ-VOO		
Atualização de Programas e aplicações (drone e RC).	SIM ()	NÃO ()
Controle visual da integralidade do drone.	SIM ()	NÃO ()
Controle Físico do aperto das hélices.	SIM ()	NÃO ()
Bateria totalmente carregada do drone.	SIM ()	NÃO ()
Bateria totalmente carregada do Controle remoto.	SIM ()	NÃO ()
Carga completa da Bateria do dispositivo móvel.	SIM ()	NÃO ()
Tampa da lente removida.	SIM ()	NÃO ()
Cartão SD inserido.	SIM ()	NÃO ()
Alto brilho do Visor.	SIM ()	NÃO ()
Antena ligada.	SIM ()	NÃO ()
Calibração da Bússola IMU.	SIM ()	NÃO ()
CHECKLIST DECOLAGEM		
Ligue o primeiro transmissor.	SIM ()	NÃO ()
Coloque o drone no chão nivelado e sem obstrução para voo.	SIM ()	NÃO ()
Ligue o drone e a câmera de Vídeo.	SIM ()	NÃO ()
Ativar temporizador para gravação de vídeo ou fotos.	SIM ()	NÃO ()
Ligue o seu dispositivo móvel e lance o aplicativo do drone.	SIM ()	NÃO ()
Certifique-se que o drone está pronto para voar.	SIM ()	NÃO ()
Ligue o motor e teste os comandos (feito no chão).	SIM ()	NÃO ()
Certifique que a área de decolagem está livre de pessoas e objetos para decolar.	SIM ()	NÃO ()
LISTA DE VERIFICAÇÃO (após a aterrissagem)		
Parar a Gravação.	SIM ()	NÃO ()
Descer o drone em local livre de pessoas e objetos.	SIM ()	NÃO ()
Desligue o drone.	SIM ()	NÃO ()
Desligue a câmera e retire o SD.	SIM ()	NÃO ()
Desligue o transmissor do dispositivo móvel.	SIM ()	NÃO ()
Informações coletadas com sucesso	SIM ()	NÃO ()

APENDICE B – Checklist inspeção/monitoramento de obra civil com drone

CHECKLIST INSPEÇÃO/ MONITORAMENTO DE OBRA CIVIL COM DRONE		
OPERADOR:		
OBSERVADOR RESPONSÁVEL DA OBRA:		
DATA:		
CONDIÇÃO DO TEMPO:		
HORA DE INÍCIO:		
HORA DE FIM:		
Empresa responsável pela execução da obra inspecionada:		
Engenheiro responsável pela obra:		
Quantidade de funcionários empregados:		
Finalidade da obra:		
Prazo de execução:		
Endereço da obra:		
Dimensão da obra:		
Dados do terreno:		
Dados gerais da estrutura:		
Data e hora das inspeções:		
Objetivo da inspeção:		
Informação sobre a fase da obra no dia inspecionado:		
Informar a fase atual da obra detalhadamente:		
Equipamentos utilizados:	NÃO ()	SIM () Informar
Mão de obra utilizada:	NÃO ()	SIM () Quantificar
Anomalia detectada:	NÃO ()	SIM () Informar
Evolução nos últimos 15 dias:	NÃO ()	SIM () Informar