

**FUNDAÇÃO CARMELITANA MÁRIO PALMÉRIO
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

DÁRIO JUNIOR BATISTA

INSPEÇÃO DA COBERTURA DE UMA RESIDÊNCIA COM DRONE

**MONTE CARMELO – MG
DEZEMBRO / 2018**

DÁRIO JUNIOR BATISTA

INSPEÇÃO DA COBERTURA DE UMA RESIDÊNCIA COM DRONE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, da Faculdade de Ciências Humanas e Sociais da Fundação Carmelitana Mário Palmério – FUCAMP, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Kevin Reiny Mota.

**MONTE CARMELO – MG
DEZEMBRO / 2018**

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais Deusdario e Doriza.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, pelo privilégio da vida e das grandes oportunidades que me foram dadas. Agradecer sempre, num mundo com tantas desigualdades, tenho uma vida digna e abundante, e desejo que todos nesse mundo sejam abençoados como sou.

Agradecer às diversas pessoas que contribuíram imensamente para a realização dessa caminhada. Não conseguirei citar todas, mas deixo meu muito obrigado àqueles que estiveram comigo.

Aos meus pais, Deusdario e Doriza, exemplos de luta e perseverança em minha vida, e que, além de me trazerem a este mundo sempre zelaram pelo meu bem.

Aos meus avós Valdo e Maria de Lourdes, que me acolheram durante vários anos em sua residência e são pessoas maravilhosas, que tenho como meus pais.

A minha namorada Nandara e meu irmão Danilo, por sempre me ajudarem nessa jornada e serem protagonistas de momentos descontraídos.

Ao meu orientador Kevin Reiny Mota pela dedicação e conselhos que me ajudaram a conduzir este trabalho rumo ao sucesso.

Aos professores da FUCAMP, que contribuíram para o meu crescimento durante esses cinco anos de curso, usando seus conhecimentos e habilidades para ensinar os conteúdos.

Aos meus amigos que a faculdade trouxe, e com carinho e estendendo a mão para ajudar uns aos outros, foram peças fundamentais para o meu êxito no curso. Com especial carinho: Natália, Jonathan, Cássio, Alife, Daniela, Viviane, Camila, Railson, Larissa e Elton.

Gostaria de agradecer também ao meu notebook, que durante a confecção deste trabalho e de outros do curso, não travou nenhuma vez, não atualizou em horários inapropriados e não me fez perder nenhum trabalho que já estava pronto, permitindo que eu não desenvolvesse sintomas de histeria. Isso sim é amor de verdade.

“Quem vive de fé, não tem medo!”

(Raíam dos Santos)

RESUMO

Para manter o crescimento sustentável da economia, o setor da construção civil teve que enfrentar mudanças no seu modo de agir. As edificações passaram a ser executadas visando a máxima vida útil, mantendo condições satisfatórias de uso. Para isso devem ser inspecionadas e dedicada a manutenção correta e periódica dos seus sistemas. Para tornar mais eficiente o processo de inspeção, principalmente em ambientes externos, de elevadas altitudes e risco na realização do procedimento, os drones passaram a ser utilizados. A portabilidade desses equipamentos, que possuem câmeras de alta resolução e vários sensores, fizeram com que o processo de inspecionar uma estrutura tivesse um ganho de velocidade imenso, apresentando ainda assim um elevado nível de detalhamento dos resultados. Este trabalho tem como proposta a inspeção da cobertura de uma residência na cidade de Abadia dos Dourados utilizando um drone, e a avaliação dos resultados capturados com este aparelho na busca por inconformidades que levassem a patologias. Para a cobertura analisada, pode-se chegar à conclusão que o principal problema são as infiltrações em diversos pontos, causadas pela deterioração da estrutura e por uma concepção incorreta e deficiente da mesma. O uso do drone agregou grande valor à inspeção, mostrando-se uma ferramenta de fácil usabilidade, e que entrega muitos resultados, sem colocar em risco nenhum profissional, tornando o processo mais ágil. Os resultados detalhados ajudam a aplicar uma manutenção específica para cada situação e que garanta a extensão da vida útil desta edificação, em consoante com os conceitos de sustentabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Inspeção; Drone; Vida Útil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Aquecedor solar.	13
Figura 2 - Tipos de cobertura.	17
Figura 3 - Cobertura inclinada.	17
Figura 4 - Cobertura plana.	18
Figura 5 - Cobertura em telhado e seus componentes.	19
Figura 6 – Modelos de drones disponíveis no mercado.	21
Figura 7 - Delimitação da cidade de Abadia dos Dourados no estado de Minas Gerais.	24
Figura 8 - Localização da cobertura.	25
Figura 9 - Tipo de telha da cobertura.	25
Figura 10 - Drone Phantom 4 usado na inspeção.	27
Figura 11 - Gimbal do Phantom 4.	28
Figura 12 - Local de colocação do cartão micro-SD no drone.	28
Figura 13 - Funcionalidades do drone.	29
Figura 14 - Controle remoto do aparelho.	30
Figura 15 - Rede de transmissão de energia e árvore.	31
Figura 16 - Cerca elétrica na divisa com o vizinho.	31
Figura 17 - Antena de internet.	32
Figura 18 - Manchas escuras nas telhas.	33
Figura 19 - Maneira correta de fazer o emboçamento das cumeeiras.	34
Figura 20 - Telhas escurecidas e emboçamento incorreto.	34
Figura 21 – Telhado com diversas telhas escurecidas.	35
Figura 22 - Cumeeira quebrada, manchas escuras e emboçamento incorreto.	35
Figura 23 - Cumeeira quebrada e detritos.	36
Figura 24 - Desprendimento da argamassa do emboço.	37
Figura 25 - Desprendimento da argamassa do emboço.	37
Figura 26 - Pedacos de argamassa acumulados.	38
Figura 27 - Fissuração e desprendimento do emboço em toda a extensão das cumeeiras.	38
Figura 28 - Muro, emboçamento e manchas escuras na estrutura.	39
Figura 29 - Telha quebrada e pedaços de argamassa.	40
Figura 30 - Telha quebrada e pedaços de argamassa do emboço.	40
Figura 31 - Telha quebrada e algumas com manchas escuras.	41
Figura 32 - Materiais sobre o telhado e telhas com manchas escuras.	42

Figura 33 - Fissura e chapa metálica inadequada.	43
Figura 34 - Rufo inadequado, manchas escuras e estado precário da pintura do muro.....	43
Figura 35 - Estado de conservação dessa parede.....	44
Figura 36 - Fissuras, manchas escuras, argamassa e rufo se soltando da parede.	45
Figura 37 - Fissuras e ligação deteriorada entre o telhado e a parede.	46
Figura 38 - Fissura e deterioração da ligação entre telhado e parede.....	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Objetivo geral.....	11
<i>1.1.1. Objetivos específicos</i>	<i>11</i>
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
<i>2.1.1. Emprego de materiais e tecnologias sustentáveis.....</i>	<i>12</i>
<i>2.1.2. Vida útil das edificações</i>	<i>13</i>
2.2. Manutenção	14
2.3 Inspeção predial.....	15
<i>2.3.1 Inspeção de uma cobertura</i>	<i>16</i>
2.3.1.1 USO DE DRONES NA INSPEÇÃO	21
3 METODOLOGIA.....	24
3.1 Área de estudo.....	24
3.2 Objeto de estudo	24
3.3 Levantamento de dados	26
3.4 Drone	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5 CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1. INTRODUÇÃO

O aprimoramento de todos os setores da economia é uma tendência do mercado mundial, que deve crescer, buscando a sustentabilidade como forma de equilíbrio entre o meio ambiente e o crescimento da sociedade, promovendo benefícios para ambas as partes. Destacado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016), o crescente uso de tecnologia tem impactado continuamente a construção civil, exigindo um esforço de toda a cadeia dessa indústria, para se modernizarem, acompanhando as inovações que vão surgindo e remodelando esse setor. As empresas devem buscar a produtividade, para manterem sua competitividade no mercado, estando sempre qualificadas para os novos desafios e tendências que surgirem.

As edificações fazem parte dessa mudança de visão em busca de mais sustentabilidade. Segundo a NBR 5674 (2012), não é aceitável, do ponto de vista econômico e ambiental, considerar as edificações como produtos descartáveis, que são substituídos por novos, assim que atingem níveis inferiores para uso, e, para tanto exigem manutenção, sendo necessário inspecionar tanto as construções existentes, quanto as novas, afim de lhes dedicar os cuidados corretos aumentando a vida útil dessas estruturas, eximindo a necessidades de construção de novas e a geração de resíduos.

Para figurar nesse cenário de eficiência, as inspeções de obras ganharam novas ferramentas. O uso de drones é uma tecnologia que têm facilitado esse processo de inspeção de obras civis. Segundo Coutinho *et al.* (2017) a portabilidade desses aparelhos, que podem ser facilmente transportados para qualquer lugar, além de contarem com câmeras de alta resolução, faz com que eles permitam o acesso a qualquer parte de uma obra, com segurança e redução de custos em relação aos antigos meios de verificação que eram usados. O papel do funcionário passa a ser ter o domínio dessa tecnologia, que permite a ele, não arriscar sua segurança, em locais de difícil acesso, e mesmo assim, ter capacidade de entregar relatórios e imagens de alta qualidade e detalhamento sobre a estrutura.

Para normatizar essa atividade a Agência Nacional de Aviação Civil dispôs, em 2017, uma série de regras que orientam e regulamentam o uso de drones, dividindo-os em categorias. Assim, o profissional que faz uso dessa tecnologia, deve estar atento às normas, conhecendo todas as suas responsabilidades quanto ao uso desses aparelhos, evitando punições e acidentes provocados pelo uso incorreto dessa ferramenta

A normatização é muito importante e garante um desenvolvimento saudável do setor. Determinados os parâmetros de operação, o uso de drones se torna mais seguro e eficiente, trazendo vantagens em diversos aspectos. Antes da disponibilidade desses aparelhos, inspeções em grandes alturas, lugares de difícil acesso e elevado risco exigiam uma grande estrutura para sua execução que, ainda por cima era onerosa e demandava muito tempo. Este trabalho demonstra o desempenho e a facilidade para se executar uma inspeção com o uso de um drone, mostrando o papel benéfico que essa ferramenta incrementa na produtividade das inspeções.

1.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é mostrar a eficiência e a facilidade do uso de drones dentro da inspeção de obras, reduzindo os custos da operação e os riscos envolvendo colaboradores na execução desse procedimento, mantendo um alto nível de detalhamento nos resultados obtidos, numa relação inversamente proporcional a quantidade de trabalho requisitado.

1.1.1. Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Avaliar imagens captadas com um drone da cobertura de uma edificação residencial, buscando identificar patologias presentes.
- Identificar erros construtivos e inconformidades na cobertura que possam gerar patologias.
- Identificar necessidades de manutenção na cobertura.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Sustentabilidade na construção civil

O cenário globalizado abriu espaço para fortes discussões a respeito da sustentabilidade. Debate que englobou todos os setores da economia, que após vários anos de práticas predatórias diante do meio que dominavam, acabaram provocando grandes problemas de equilíbrio entre consumo e disponibilidade de recursos. Para Barbosa (2008) é essencial que sejam levantadas possibilidades sustentáveis que permitam uma qualidade de vida, dentro do espaço urbano, tornando esse fator a base do planejamento das cidades. A união de preservação ambiental com desenvolvimento econômico e social resulta no crescimento sustentável. Para que haja esse equilíbrio entre o progresso humano e a natureza, devem ser estabelecidas normatizações e práticas que busquem equilibrar as necessidades de todos os envolvidos que impactem o meio ambiente.

Buscando formas de promover uma construção civil sustentável, diversas tecnologias foram introduzidas nas edificações, como o uso de energias renováveis, principalmente a solar, materiais com propriedades funcionais, telhados verdes, automatização de componentes, entre diversas outras melhorias. Implantar medidas sustentáveis é de caráter emergencial e como destaca Barbosa (2008) o setor é conhecido pelos grandes impactos que causa nos ambientes em que desenvolve suas atividades econômicas. Paradoxalmente, é um dos grandes destaques da economia brasileira, além de ser o que mais consome recursos naturais, o que evidencia a necessidade de desenvolvimento de uma cultura sustentável, que parte da escolha de materiais e vai até os últimos momentos de uso das edificações.

2.1.1. Emprego de materiais e tecnologias sustentáveis

Segundo Roth e Garcias (2009) as consequências da degradação provocada pela construção civil ocorrem em três ocasiões que são além da extração e fabricação de materiais, a execução de obras e a disposição dos resíduos gerados nas construções. A escolha de materiais para o cenário de desenvolvimento econômico sustentável deve levar em conta primeiramente, a procedência dos insumos, e o impacto que a sua produção e extração causam ao meio ambiente.

Para Lamberts *et al.* (2017) deve ser buscado nas edificações o conforto ambiental, que compreende a parte térmica, lumínica e acústica. Diversas ações como o estudo da ventilação e iluminação natural, arborização, telhados verdes contribuem para a eficiência energética da estrutura, impedindo que sejam usados aparelhos eletrônicos como ar condicionado, por exemplo, para se atingir o mesmo objetivo. Um bom exemplo é o uso de aquecedores solares como o mostrado na Figura 1, que são usados para aquecimento da água, demandando apenas luz solar, dispensando o uso de outros aparelhos, que demandariam alguma forma de energia para esse mesmo fim.

Figura 1 - Aquecedor solar.



Fonte: Solar Minas (2018). Disponível em: <<http://www.solarminas.com.br/valorize-seu-imovel-com-o-aquecimento-solar/>>. Acesso em 18 Fev. 2018.

O emprego de processos eficientes, aliados a materiais e técnicas inteligentes de construção, tem a finalidade de aumentar a vida útil das construções, permitindo uma máxima utilização das instalações, sem a necessidade de repor por completo a estrutura. A manutenção periódica de todos os elementos, instalações e materiais é essencial para que as características para as quais foram projetadas se mantenham com a mesma função.

2.1.2. Vida útil das edificações

Para Ceolin e Librelotto (2016) como a construção civil gera um impacto muito grande, deve ser feita uma revisão do ciclo de vida das estruturas, já que ao contrário da tecnologia que tende

sempre a buscar menores componentes para maximizar os resultados, nas construções isso não é possível, pois há um limite ao qual podem ser reduzidas. O processo ideal seria, segundo eles usar o mínimo de recursos, buscando a máxima vida útil das edificações. Aumentando a durabilidade, haveria portando uma redução da necessidade de matérias primas, que acarretariam menos resíduos provenientes da construção e demolição. Segundo Silva et al. (2017) os resíduos gerados na construção civil representam de 51 a 70% dos resíduos sólidos urbanos gerados.

A NBR 15.575 (2013) define vida útil como o tempo em que uma edificação e seus sistemas atendem as necessidades para as quais foram projetados, desde que obedecidos os períodos de manutenção estabelecidos no Manual de uso, Operação e Manutenção. O não cumprimento das especificações, além de ações anormais do meio ambiente, reduzem o tempo de vida útil.

Terminada a execução de qualquer obra, a responsabilidade sobre a estrutura continua. A transferência dessa função passa para o proprietário que deve realizar um monitoramento por toda vida útil das instalações. A correção de patologias e manutenção adequada são de vital importância para aumentar o tempo de uso das edificações e devem ser aspectos tratados com seriedade, uma vez que as consequências oriundas da ignorância desses fatores, podem gerar resultados catastróficos, com perdas de vidas, prejuízos financeiros e diminuição da eficiência da estrutura.

2.2. Manutenção

Como levantado por Rocha (2007) a cultura da administração brasileira de deixar de lado estruturas velhas está desaparecendo, dando lugar à prática de manutenção e preservação que contribui para a valorização do patrimônio do proprietário. Diz ainda que, como os gastos com manutenção são previsíveis, eles são programáveis e estão sendo analisados no planejamento a obra, a fim de buscar um sistema com mínima intervenção e quando necessária, que seja facilmente realizada, diminuindo os custos, riscos e tempo de sua execução.

A NBR 5674 (2012) orienta quanto aos processos de manutenção de edificações. Segundo ela:

“É inviável sob o ponto de vista econômico e inaceitável sob o ponto de vista ambiental considerar as edificações como produtos descartáveis, passíveis da simples substituição por novas construções quando seu desempenho atinge níveis inferiores

ao exigido pelos seus usuários. Isto exige que se tenha em conta a manutenção das edificações existentes, e mesmo as novas edificações construídas, tão logo colocadas em uso, agregam se ao estoque de edificações a ser mantido em condições adequadas para atender as exigências dos seus usuários. ”

A NBR 5674 (2012) diz que, diante de estudos realizados em diversos países, para diferentes tipos de edificações, que mostraram que elas apresentam um custo anual de manutenção que varia de 1% a 2% do seu custo inicial. Um valor que se não for aplicado, representa um risco para todos os habitantes ou usuários das instalações. As edificações são projetadas para apresentarem condições adequadas de uso por todo o tempo de serviço, resistindo aos fatores degradantes de uso e agentes ambientais, porém exigem que sejam feitas manutenções regulares para atestar o estado da estrutura.

Para que seja efetuada uma manutenção assertiva, eficiente e de qualidade, é extremamente importante que sejam conhecidos os elementos que necessitam ser reparados. Para isso, uma cuidadosa inspeção deve ser realizada de antemão, verificando quais itens necessitam de ações, garantindo que a posterior manutenção seja rápida e ao menor custo possível, uma vez que será direcionada ao elemento que a exige.

2.3 Inspeção predial

Inspeção Predial é a análise isolada ou combinada das condições técnicas, de uso e de manutenção da edificação (IBAPE, 2012). Segundo Gomide *et al.* (2006) a finalidade de uma inspeção é avaliar o estado da estrutura de acordo com as condições de desempenho, exposição à agentes ambientais, utilização e operação, observando o que os usuários esperam, e analisar se é possível atingir tais exigências.

Como destacado pelo IBAPE (2005):

“Os acidentes prediais decorrentes de falhas na construção ou na manutenção predial vêm causando mortes e prejuízos injustificáveis. Desabamentos, incêndios, quedas de marquises e fachadas, vazamentos, infiltrações e outras mazelas provenientes dos descuidos com a edificação podem ser evitados com medidas preventivas simples. As medidas em longo prazo ocorrem por meio de planejamento que se inicia com a Inspeção Predial, para posterior implantação do plano de manutenção, que garante a boa performance do prédio, a segurança e o conforto dos seus usuários. ”

Como destaca Neves e Branco (2009) para realizar uma inspeção eficiente é importante conhecer a edificação, tendo noção da complexidade dos elementos construtivos existentes, o estado de conservação, as dificuldades que pode haver durante a realização da vistoria e os equipamentos que podem ser necessários. Deve ser feito um planejamento das etapas e procedimentos da inspeção, organizando e facilitando a coleta de dados, com o objetivo de tornar a inspeção dinâmica e eficiente.

Como destaca Tomazeli e Helene (2017) em diversas cidades brasileiras há obras paralisadas, fruto de algum problema não previsto no planejamento inicial. Para retomada de suas operações devem ser feitas inspeções em todos os seus elementos, identificando e correlacionando todas as características que possam apresentar algum significado substantivo e mereça atenção na identificação.

As inspeções podem ser realizadas nos componentes internos, que compreendem os sistemas mecanizados, instalações elétricas, hidrossanitárias, incêndio, alvenaria, elementos estruturais, entre outros que dependem do tipo de construção e porte da obra, e nos componentes externos, que compreendem os elementos de alvenaria, cobertura, fachadas, instalações, enfim, todos os elementos expostos da edificação.

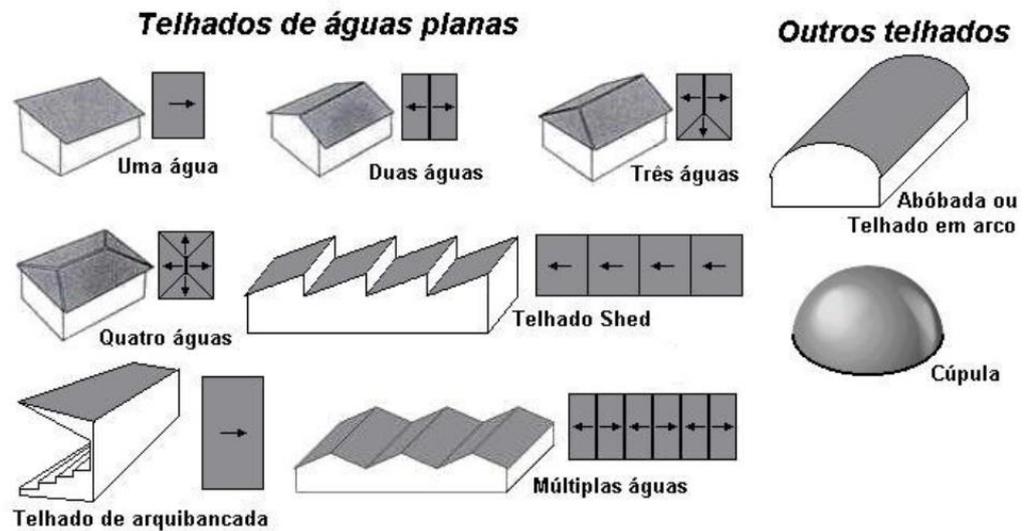
2.3.1 Inspeção de uma cobertura

A NBR 15575-5 (2013) caracteriza sistema de cobertura como:

“Conjunto de elementos/componentes, dispostos no topo da construção, com as funções de assegurar estanqueidade às águas pluviais e salubridade, proteger demais sistemas da edificação habitacional ou elementos e componentes da deterioração por agentes naturais, e contribuir positivamente para o conforto termoacústico da edificação habitacional.”

As coberturas como destaca Logsdon (2002) podem ser construídas em diferentes formatos. Alguns tipos, tem a sua denominação originada no número de planos para escoamento das águas, denominados de “águas do telhado”. A Figura 2 mostra alguns tipos de coberturas.

Figura 2 - Tipos de cobertura.



Fonte: Logsdon (2002)

Sobre os tipos de coberturas Ferreira (2010) diz que podemos ter as inclinadas e as planas. As coberturas inclinadas ocorrem uma ou mais “águas”, revestidas com telhas (cerâmica, concreto, fibrocimento, vidro, entre outros materiais adequados a cada exigência específica) e também com chapas e placas metálicas. A Figura 3 mostra uma cobertura inclinada de uma residência, revestida com telhas cerâmicas.

Figura 3 - Cobertura inclinada.



Fonte: Construindo Decor (2018). Disponível em: < <http://construindodecor.com.br/telha-plan/>>. Acesso em 24 fev. 2018.

Como destacado por Ferreira (2010), há também as coberturas planas, onde o revestimento de impermeabilização pode ser pré-fabricado como as mantas asfálticas ou moldado in loco, como as membranas acrílicas e de poliuretano, dando estanqueidade às lajes de concreto armado. Apesar da denominação plana, esse tipo de cobertura deve apresentar uma inclinação mínima entre 1 a 3%, para que possa haver o escoamento das águas pluviais, direcionando-as através do plano de captação da edificação. A Figura 4 mostra uma cobertura plana.

Figura 4 - Cobertura plana.



Fonte: Ferreira (2010)

As coberturas segundo Carboni (2015) devem desempenhar três funções. São elas:

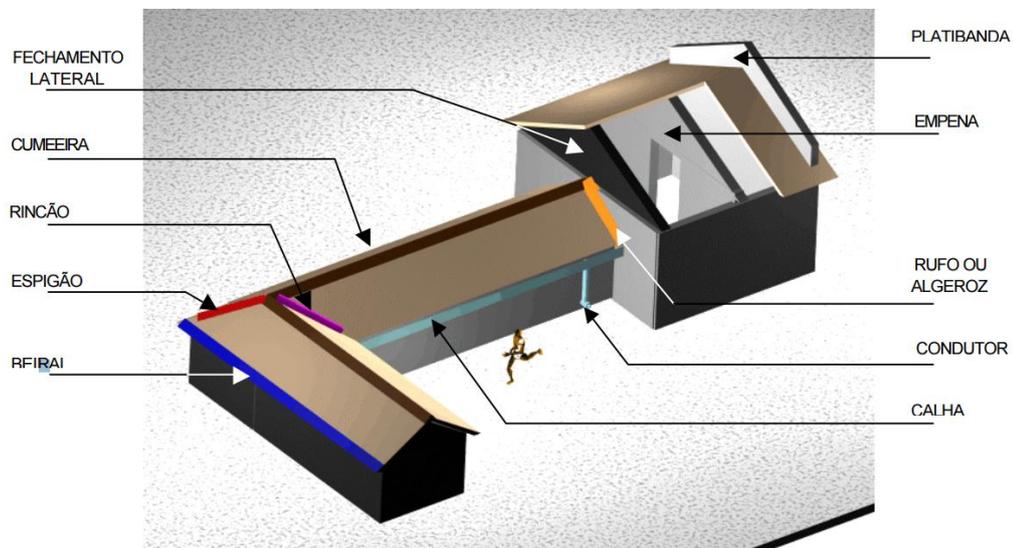
- função utilitária: devem ser impermeáveis, leves e com isolamento acústico e térmico;
- função estética: devem apresentar forma e aspectos que harmonizem com a linha arquitetônica, dimensões dos elementos, textura e coloração;
- função econômica: relacionada com o custo da solução adotada em cada caso, durabilidade e facilidade de conservação dos elementos.

A determinação da cobertura ideal em cada caso vai depender dos fatores relacionados ao clima de cada região. Fatores como calor, frio, vento, chuva, granizo, neve, entre outros exigem uma solução diferente em cada situação. Logsdon (2002) destaca que existem telhas de diversos materiais como aço corrugado, alumínio, zinco, madeira, cerâmicas, fibrocimento e outras, mas

no Brasil há grande preferência pela utilização principalmente das duas últimas, dada a facilidade de serem encontradas e utilizadas, além da grande variedade oferecida pelo comércio.

Cardoso (2000) destaca que as coberturas em telhados possuem algumas vantagens em relação às lajes de concreto impermeabilizadas, uma vez que apresentam menor peso, melhor estanqueidade, maior durabilidade, menor participação estrutural e são menos suscetíveis às movimentações do edifício. Um ponto desfavorável é necessidade de forro, colocado para facilitar a instalação de componentes elétricos e melhorar a estética. A Figura 5 mostra uma cobertura em telhado e a nomenclatura dos seus diversos componentes.

Figura 5 - Cobertura em telhado e seus componentes.



Fonte: Cardoso (2000)

Diversas patologias podem acometer os sistemas de cobertura em geral. Ferreira (2010) destaca que as manifestações patológicas que apresentam maior importância estão relacionadas com a infiltração de águas pluviais, através do sistema de cobertura utilizado, para o interior das edificações. Essas anomalias se devem a problemas no funcionamento do sistema, que deixa de apresentar toda a eficiência para a qual foi projetado.

Para as edificações de cobertura inclinada Ferreira (2010) apresenta como principais anomalias as fraturas, deslocamentos e descasques de telhas; acumulação de lixo (musgo e detritos) na cobertura, aumento no seu peso, danificação dos sistemas de drenagem de águas pluviais e manchas. Já, nas coberturas planas, ele destaca que as principais patologias estão relacionadas

com a impermeabilização, que, se tiver uma concepção deficiente ou com má qualidade dos materiais ou da aplicação, pode apresentar fissuras, perfuração, empolamentos em elevações da impermeabilização e levantamento da camada de impermeabilização.

Frazão (2015) destaca que, problemas de infiltração na cobertura que atingem outras áreas põem ocasionar diversos problemas. Ele cita a alvenaria, que, ao permanecer úmida, pode desencadear várias patologias como perda de aderência dos revestimentos, destacamento da pintura de base, bolhas na pintura, mofos (bolors), manchas entre outros.

A NBR 15575-5 (2013) orienta que durante a vida útil de projeto do sistema de cobertura, não pode haver penetração ou infiltração de água que provoque escorrimento ou gotejamento, considerando-se todas as confluências existentes e componentes ou dispositivos (parafusos, calhas, vigas-calha, lajes planas, componentes de ancoragem, arremates, regiões de cumeeiras, espigões, águas furtadas, encontros com paredes, tabeiras e subcoberturas), que sofrem movimentações térmicas entre os diferentes tipos de materiais em contato, juntamente com materiais de rejuntamento.

Como observado por Pacheco e Vieira (2015) as edificações são compostas por uma diversidade de sistemas que interagem entre si, proporcionando o desempenho que se espera. Os sistemas e outros tantos que podem haver dependendo do sistema construtivo e porte, tem em seus projetos uma estimativa de durabilidade para cada um e para a edificação como um todo. Dentro desses diversos sistemas, a cobertura e alvenarias atuam como um envelope, e são os elementos mais expostos aos agentes externos que podem danificar e comprometer suas funções como os raios solares, umidade, vento, chuva, granizo e variações de temperatura.

As coberturas, por serem uma área da edificação que está fora do campo de visão e de acesso, exceto as planas que são utilizadas para algum fim, podem desenvolver problemas na sua estrutura que podem passar despercebidos, até que as consequências dos mesmos sejam instauradas. Essa desatenção em relação à cobertura reforça a necessidade de inspecioná-la constantemente a fim de verificar sua integridade.

2.3.1.1 USO DE DRONES NA INSPEÇÃO

Para garantir a qualidade dos sistemas componentes das coberturas é essencial a busca por tecnologias que facilitem as inspeções desses elementos, reduzindo seus custos, tempo e risco de realização. Constantes da construção civil, que em um cenário de otimização que o mercado está vivenciando, exigem uma minimização dos mesmos, tornando o setor mais competitivo.

Os drones vieram nesse sentido, representando uma verdadeira revolução em todas as áreas contempladas com a possibilidade de usá-los. Segundo a ANAC (2017) o termo drone é usado na descrição de aeronaves, e até mesmo outros tipos de veículos, que apresentam elevado grau de automatismo. Os drones são categorizados ainda como aeromodelo, que é uma aeronave não tripulada usada para recreação, RPA (Aeronave Remotamente Pilotada) que é uma aeronave não tripulada usada para outros fins que não a recreação e que pode ser comercial, corporativo ou experimental ou Aeronave não Tripulada Autônoma, que é uma aeronave onde não há interferência do piloto durante o voo, com uso proibido no Brasil.

A categoria utilizada para este trabalho são os RPAs. Existem no mercado uma série de equipamentos de várias marcas, modelos e preços. Cabe ao profissional que fará uso desta tecnologia escolher o que mais atende as suas necessidades. A Figura 6 mostra alguns modelos de drones disponíveis no mercado.

Figura 6 – Modelos de drones disponíveis no mercado.



Fonte: Blog de escalada (2018). Disponível em: < <http://blogdescalada.com/quais-drones-para-filmagens/>> Acesso em 20 maio de 2018.

Com essa grande variedade de equipamentos e tecnologias, as inspeções de ambientes externos, principalmente de grande altitude e periculosidade, se tornaram mais seguras e produtivas, ao aproximar o acesso à dados precisos e de fácil captação aos profissionais que possuem conhecimento técnico para analisá-los, de forma rápida e com custos menores, em relação às inspeções tradicionais. Principalmente para aqueles profissionais que realizam muitos serviços e em grandes locais, o investimento nesses equipamentos acaba trazendo grandes retornos de eficiência.

Pegoraro (2013) observa que com os drones podem ser feitas aproximações do ambiente a se inspecionar de forma controlada e com grande segurança, fazendo a captura de imagens e realizando filmagens, para, em seguida retornar ao ponto de partida, com o objetivo de analisar o material produzido. Como o aparelho apresenta fácil manuseio e possibilidade de voo pairado, podem ser tomadas fotografias excelentes para os trabalhos de inspeções aéreas, e com vastas possibilidades em variadas atividades. Treinamento e habilidade são essenciais para quem lida com esses equipamentos, que apesar de simples, requerem técnica para a obtenção dos melhores registros visuais.

Coutinho *et al.* (2017) observa que os drones passaram a ser cada vez mais utilizados na construção civil. Pela facilidade de serem operados, possível até mesmo por smartphones, se tornaram equipamentos que produzem resultados objetivos e a um custo e tempo muito menores. Como eles tem grande facilidade para deslocamentos verticais e horizontais, alcançam grandes altura, recolhendo grande quantidade de imagens e vídeos em alta resolução, se tornaram as ferramentas ideais para inspeção de edificações ou estruturas de maiores altitudes e difícil acesso, mantendo elevado nível de detalhamento. Alguns destes dispositivos contam ainda com sensores que podem fazer a coleta de dados para necessidades específicas.

Feital (2017) destaca que para manter a integridade dos trabalhadores envolvidos na manutenção de obras, expondo-os ao menor risco possível, a utilização dos drones tornou-se indispensável, e de fundamental importância para garantir a sua boa execução, tornando o ambiente mais seguro, através de uma prática que pode provocar a redução de acidentes e contribuir para elevar os padrões de qualidade da empresa ou profissional envolvido.

Como levantado por Coutinho *et al.* (2017), na etapa final, onde são realizadas as inspeções prediais, já com a estrutura totalmente construída e em funcionamento, fazer o uso de drones agrega valor na garantia de qualidade, uma vez que permite avaliar o estado desta, para uma perícia ou mesmo para fazer a verificação das condições de segurança da edificação. Imagens e dados com caráter técnico, auxiliam no projeto, tornando perceptível para todas as partes envolvidas e interessadas, informações que sejam relevantes em cada caso.

Com imagens coletadas por um drone que possui uma boa câmera, com estabilização de imagens para gerar fotos de alta resolução sem distorções, as possibilidades de inspeção são imensas e permitem analisar a estrutura com uma precisão milimétrica. As imagens capturadas devem ser analisadas, para dispor da melhor maneira os resultados obtidos, auxiliando o profissional na tomada de decisões quanto ao objeto ou ambiente analisado.

Coutinho *et al.* (2017) destaca que no cenário da construção civil, em todos os âmbitos, sucumbiu às exigências de velocidade da informação para que seja possível tomar decisões com a mesma agilidade, tornando a metodologia convencional de acompanhamento de obras, que se baseava no critério visual ultrapassada, dando lugar a inspeções através de drones. Estas, não são realizadas somente durante a construção. Finalizada a obra, permitem a obtenção de dados para a manutenção civil.

As facilidades de uso, além de vantagens em relação aos métodos tradicionais de inspeção tornaram os drones poderosas ferramentas na coleta de dados, tornando-os imprescindíveis para os profissionais que buscam tecnologias eficientes nesse processo de inspeção. As informações coletadas com esses aparelhos devem ser registradas numa linguagem simples e detalhada, facilitando o entendimento da parte que fará uso dos resultados.

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

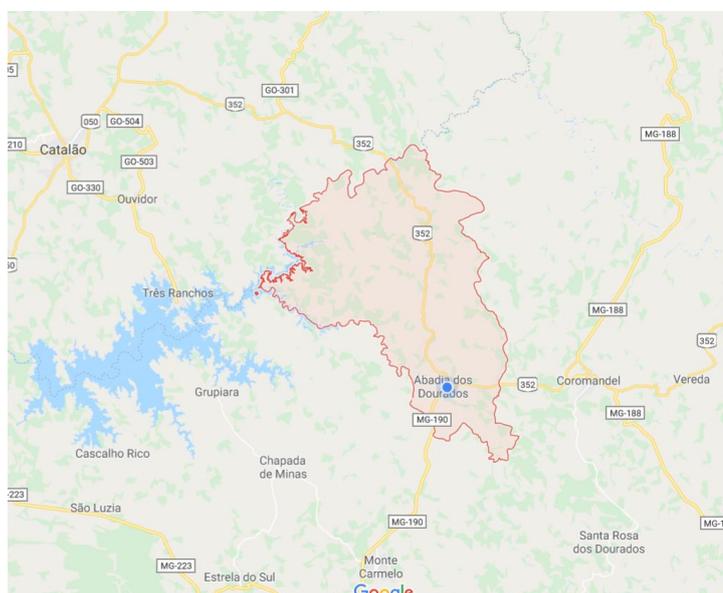
A promoção de regras para os drones é fundamental e possibilita ainda um desenvolvimento sustentável e seguro, fortalecendo essa tecnologia com grandes possibilidades de aplicação. As contribuições para viabilidade do uso desses equipamentos permitem que seja explorada uma gama de outros serviços onde a sua atuação seja estratégica, não somente na construção civil, mas em todos os setores da economia.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O estudo será realizado na cidade de Abadia dos Dourados, um município do estado de Minas Gerais com população estimada pelo IBGE em 2017 de 7 059 habitantes, com uma economia baseada na agropecuária e indústrias ceramistas. A Figura 7 mostra a delimitação da cidade de Abadia dos Dourados em Minas Gerais.

Figura 7 - Delimitação da cidade de Abadia dos Dourados no estado de Minas Gerais.



Fonte: Google Maps (2018).

3.2 Objeto de estudo

A inspeção foi realizada na cobertura de uma edificação residencial localizada na rua José Marçal Filho, número 215, bairro Dona Laureana, município de Abadia dos Dourados. Trata-se de uma residência de um pavimento com sete cômodos, área construída de 110 m², alvenaria

e cobertura executados com tijolos e telhas cerâmicos, respectivamente. A localização da cobertura inspecionada pode ser vista na Figura 8 que mostra o posicionamento da mesma em relação ao quarteirão onde está localizada em Abadia dos Dourados.

Figura 8 - Localização da cobertura.



Fonte: Google Earth Pro (2018).

A cobertura, objeto do estudo, como comentada anteriormente é formada por telhas cerâmicas, classificadas segundo a NBR 15310 (2005) em telhas simples de sobreposição, modelo capa e canal plan, que não contam com revestimento ou pintura. A Figura 9 mostra o tipo da telha da cobertura.

Figura 9 - Tipo de telha da cobertura



Fonte: Tijotelha (2018). Disponível em: < <http://tijotelha.com.br/telha-plan.html>>.

Acesso em: 08 Junho de 2018.

A cobertura, por ser uma edificação antiga, é uma estrutura bem simples, com “duas águas”, ou seja, dois caimentos por onde escoam as águas pluviais. A estrutura de sustentação da cobertura é toda constituída de madeira, e instalado abaixo do telhado, há um forro de PVC.

3.3 Levantamento de dados

O trabalho teve como base a realização de uma inspeção na cobertura do tipo inclinada de uma residência auxiliada por drone, mostrando as facilidades e o poder que esses aparelhos tem para a construção de dados detalhados e precisos, através de registros fotográficos, num local elevado e que, dada a desconhecida situação da estrutura, que estava há muito tempo sem ser inspecionada, denotava risco ao profissional, caso ele fosse fazer a verificação acessando pessoalmente o local.

Para tanto foram capturadas imagens da cobertura e elementos superiores com o auxílio de um drone, e o resultado dessas capturas passou por uma análise, onde foram observados os indícios visuais, a fim de identificar patologias e problemas presentes nessa estrutura. Através das imagens é possível ver se há necessidade de reparos, manutenção em instalações, ou se há riscos de acidentes ou acontecimentos que possam culminar em prejuízo.

Para a realização deste trabalho de inspeção com drone, foi contratado um profissional, que possui o aparelho em conformidade com todos os requisitos exigidos pelos órgãos reguladores no Brasil, além de treinamento para manuseio do equipamento. A habilidade do profissional foi fundamental para a obtenção de registros que pudessem esclarecer a verdadeira realidade da estrutura, sendo possível a extração de fotos com alta qualidade, que pudessem ser selecionadas para composição do veredito final acerca da situação da cobertura da residência.

As imagens capturadas foram transferidas e analisadas em um computador, para que fossem selecionadas e editadas as melhores fotos, que correspondessem aos objetivos do trabalho e que realmente apresentassem conteúdo que fosse interessante ou de algum valor. A edição das fotos teve o objetivo de melhorar a forma de exposição das fotografias, dando ênfase nas questões realmente importantes, que são as comprovações do estado de conservação, patologias, indícios presentes na cobertura desta residência.

Com essa grande quantidade de informações, foi possível elaborar um cenário da situação da cobertura da edificação, mostrando onde havia manifestações patológicas, que devem receber posterior atenção e também identificar situações que contribuiriam para a formação de patologias em outros elementos da edificação. Por se tratar de um trabalho com fins acadêmicos, o proprietário da edificação tem a liberdade de seguir ou não as recomendações, ficando a seu critério se vai agir ou não para regularizar os problemas mostrados no estudo.

3.4 Drone

Para a inspeção foi usado um drone da marca DJI, uma empresa chinesa que tem dominado o mercado de drones pelo mundo, com aparelhos que apresentam um excelente custo-benefício. O modelo Phantom 4, usado para este trabalho, vem equipado com uma câmera capaz de tirar fotos em uma resolução máxima de 12 MP e produzir vídeos em resolução 4K. Tratam-se de imagens poderosas, que permitem alto nível de detalhamento do elemento analisado, mesmo em fotos tiradas a distância do elemento analisado. A Figura 10 mostra o aparelho utilizado para este trabalho.

Figura 10 - Drone Phantom 4 usado na inspeção.

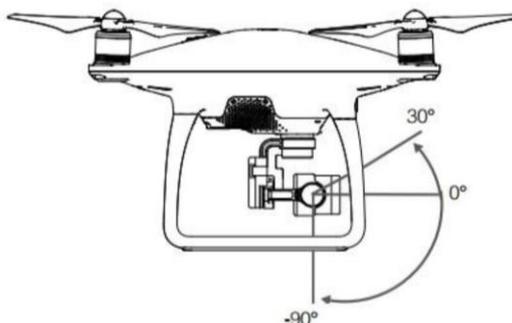


Fonte: DJI (2018). Disponível em: < <https://www.dji.com/phantom-4-pro-v2?site=brandsite&from=homepage>>. Acesso em 10 Junho de 2018.

Para ajudar a capturar os melhores ângulos a câmera vem disposta em um gimbal, que é um suporte com uma articulação que permite a rotação de um objeto em torno de um único eixo. O

gimbal presente no Phantom 4 consegue inclinar a câmera em um alcance de 120° , como mostra a Figura 11.

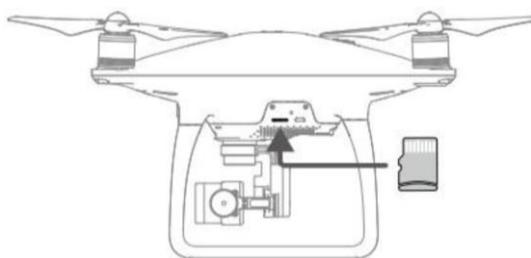
Figura 11 - Gimbal do Phantom 4.



Fonte: Manual do Phantom 4 (2016).

Os registros fotográficos são armazenados durante o voo em um cartão Micro-SD colocado no equipamento como mostra a Figura 12 e assim que o drone retorna, elas são transferidas para um computador para que possam ser analisadas, buscando qualquer indício ou resultado visual, que significasse defeito, patologia ou deterioração dos componentes analisados, resultando em comprometimento da funcionalidade da estrutura, com conseqüente redução da sua vida útil. Os resultados das fotografias capturadas permitiram identificar pontos críticos, e locais onde ocorria manifestação prejudiciais ao uso projetado da estrutura.

Figura 12 - Local de colocação do cartão micro-SD no drone.

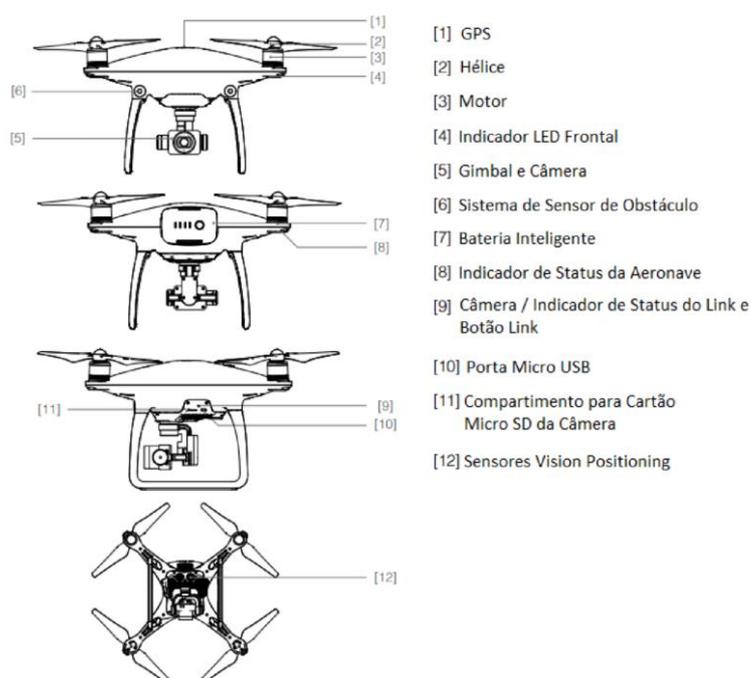


Fonte: Manual do Phantom 4 (2016).

O drone possui peso total já com a bateria de 1,380 kg, com um tempo de voo de aproximadamente 28 minutos, o que foi suficiente para fazer registros de todas as áreas interessantes para o trabalho. Neste caso, por ser uma edificação pequena, a bateria foi suficiente, mas para estruturas maiores é essencial que o profissional tenha mais baterias, para que não seja preciso esperar até que uma carregue para voltar a trabalhar.

O aparelho conta ainda com uma série de funcionalidades que ajudam o profissional a guiá-lo da melhor forma possível, como mostra a Figura 13, tais como GPS, luzes indicadoras, sensores e várias tecnologias para voos mais eficientes, adaptados às exigências de cada situação, aumentando a sua usabilidade.

Figura 13 - Funcionalidades do drone.



Fonte: Manual do Phantom 4 (2016).

O aparelho conta com um controle, como mostra a Figura 14, onde é possível colocar uma tela, que pode ser, um tablet ou smartphone, permitindo ao responsável por guiar o drone acompanhar seu trajeto, mesmo que ele não esteja ao alcance da sua visão. A tecnologia desses equipamentos permite ao drone atingir uma distância máxima de até 7 km, com transmissão de vídeo pelo controle.

Figura 14 - Controle remoto do aparelho.



Fonte: DJI (2018). Disponível em: < <https://www.dji.com/phantom-4-pro-v2?site=brandsite&from=homepage>>. Acesso em 10 jun. de 2018.

Na inspeção realizada, foi de extrema importância acompanhar em tempo real as imagens, posicionando o aparelho de forma a captar imagens que apresentassem da melhor forma a situação da cobertura da residência e que não deixasse de registrar nenhum trecho do local.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fotografias capturadas revelaram o estado real das instalações, mostrando diversas situações que comprometem a utilização da estrutura. Trata-se de uma edificação antiga e simples, que, segundo o proprietário estava há pelo menos 7 anos sem ter a cobertura inspecionada e receber uma manutenção.

Durante o voo do aparelho, porém, foi preciso muita atenção devido aos obstáculos da paisagem como a rede de transmissão de energia e uma árvore como mostra a Figura 15, a cerca elétrica na divisa com o vizinho como mostra a Figura 16 e a antena de internet como mostra a Figura 17. Devem ser considerados também os espaços reduzidos de manobra para o equipamento.

Uma vantagem do aparelho utilizado é o sistema de sensores de obstáculos, que constantemente procura por qualquer objeto que possa interferir durante o voo, desviando do mesmo, caso haja, evitando colisões.

Figura 15 - Rede de transmissão de energia e árvore.



Fonte: O autor (2018)

Figura 16 - Cerca elétrica na divisa com o vizinho.



Fonte: O autor (2018)

Figura 17 - Antena de internet.



Fonte: O autor (2018)

Inicialmente, a primeira constatação feita a respeito da cobertura, sem mesmo necessitar as fotografias com o drone era a inexistência de calhas para conduzir as águas pluviais que caíam diretamente no piso abaixo e eram dispersas pela declividade do mesmo, escoando de um lado para a rede pluvial da rua e do outro seguia para o quintal, que não possuía revestimento e absorvia toda a água. Além disso, a caixa d'água estava localizada no interior da cobertura, e não foi possível inspecioná-la com a ajuda do aparelho.

Assim que foi iniciada a fase de fotografias do ambiente foi notado uma grande quantidade de manchas escuras em algumas telhas da cobertura. Esse escurecimento pode ser devido a vários fatores. Como destaca Pereira (2006), como as telhas estão expostas ao tempo, e às agressividades do meio, podem sofrer com acúmulo de poeira, fezes de pássaros, limos, musgos, carunchos, entre outros agentes agressivos, que podem alojar-se em poros provocando a formação de manchas. Um agravante, que contribui nesse caso é o fato das telhas não possuírem revestimento.

Como levantado pelo IBAPE (2011) a absorção de água num material como o barro, provocada pelo aumento da permeabilidade da telha, consequência da danificação da camada superficial vitrificada, deixando a parte interna exposta, em locais com variação de umidade, provoca o aparecimento de limo (vegetação microscópica) e musgos, que podem ser percebidos, respectivamente, pelo escurecimento e esverdeamento progressivo das telhas.

Como ressalta Cardoso (2000) o crescimento de musgos nos telhados provoca obstrução dos ressaltos das telhas, ocasionando um refluxo das águas, ao criar uma resistência ao seu escoamento, tornando os telhados escuros. A mudança de cor das telhas para tonalidades escuras aumenta ainda a quantidade de calor de radiação gerado na cobertura, o que piora as condições de conforto térmico. Segundo o autor, a eliminação dos musgos, pode ser feita por meio de escovação e lavagem das telhas com produtos químicos como água sanitária e cloro e é ideal que seja executada após os períodos de temporadas úmidas. A Figura 18 mostra as manchas escuras em uma parte do telhado.

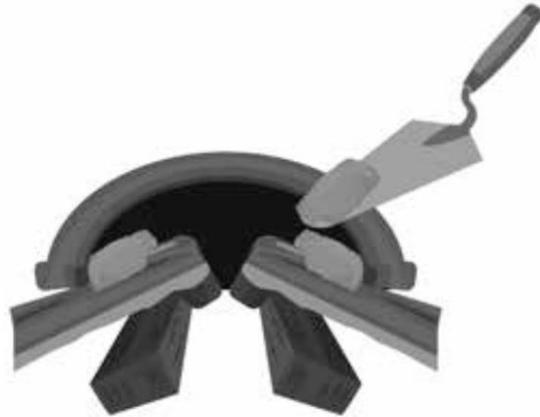
Figura 18 - Manchas escuras nas telhas.



Fonte: O autor (2018)

Além das telhas, a argamassa do emboço das cumeeiras (telhas da aresta horizontal que delimita o encontro de dois caimentos do telhado, localizada na parte mais alta do mesmo) também apresenta um tom escurecido. Estão presentes também na argamassa uma série de fissuras por toda a sua extensão. Cardoso (2000) destaca que é de extrema importância que no emboçamento das telhas, a argamassa utilizada seja protegida pela cumeeira, que deve impedir que a massa fique exposta às intempéries. A Figura 19 mostra a maneira correta de fazer o emboçamento da cumeeira.

Figura 19 - Maneira correta de fazer o emboçamento das cumeeiras.



Fonte: Cardoso (2000)

A execução incorreta desse processo de emboçamento foi o motivo das fissuras na argamassa e, essas aberturas podem causar infiltrações que vão atingir os elementos internos, provocando danos principalmente na estrutura de sustentação de madeira, no forro e na alvenaria. A Figura 20 mostra as telhas escurecidas e o emboçamento incorreto das cumeeiras.

Figura 20 - Telhas escurecidas e emboçamento incorreto.



Fonte: O autor (2018)

Na Figura 21 é possível ver um panorama geral de um dos caimentos do telhado com diversas telhas escurecidas em vários pontos, comprometendo a função estética e a funcionalidade da cobertura, ao criar resistência ao deslocamento da água.

Figura 21 – Telhado com diversas telhas escurecidas.



Fonte: O autor (2018)

Na cobertura, ficou evidente a questão de haver uma cumeeira quebrada, que estava permitindo que a madeira de sustentação recebesse água da chuva, provocando deterioração da mesma. A Figura 22 mostra a telha cumeeira quebrada, além de várias partes do telhado com manchas escuras e o emboçamento incorreto realizado, onde a argamassa usada ficou exposta aos agentes agressivos.

Figura 22 - Cumeeira quebrada, manchas escuras e emboçamento incorreto.



Fonte: O autor (2018)

A Figura 23 mostra a região da cumeeira quebrada, e como consequência desse quebramento, pedaços da argamassa do emboço e da cumeeira caíram sobre o telhado localizado abaixo. Sequeira (2017) destaca que a acumulação de detritos e outros tipos de materiais, como fezes de animais, cadáveres e restos de ninhos, colaboram para a formação de vegetação parasitária, que é prejudicial para o funcionamento adequado da cobertura, dificultando o escoamento das águas pluviais, principalmente em zonas menos inclinadas. Como consequência podem ocorrer zonas de acumulação de águas pluviais, resultando em infiltrações.

Figura 23 - Cumeeira quebrada e detritos.



Fonte: O autor (2018)

Sequeira (2017) ressalta ainda que em caso de escoamento deficiente das águas pluviais, ocorre a formação de zonas de umidade, favorecendo o desenvolvimento de microrganismos biológicos e vegetação, que utilizam a radiação solar como fonte de sustentação.

Para minimizar o acúmulo de detritos, garantindo o funcionamento adequado da cobertura, Sequeira (2017) afirma que é de fundamental importância que sejam realizadas inspeções para se conhecer o estado de conservação da mesma, destinando manutenções que promovam a limpeza dos detritos.

As outras cumeeiras da cobertura apesar de estarem em bom estado, apresentavam problemas na argamassa do emboço, que começou a se desprender da região de ligação com as telhas

transversais do caimento. Como já citado, isso ocorreu devido ao emboçamento realizado de forma incorreta, uma vez que a argamassa deveria estar no interior da cumeeira. A Figura 24 mostra o desprendimento da argamassa do emboço em um dos lados do telhado.

Figura 24 - Desprendimento da argamassa do emboço.



Fonte: O autor (2018)

Na Figura 25 é possível ver de perto o desprendimento da argamassa do emboço, que une as telhas do tipo plan e as telhas cumeeiras. O estado de deterioração nesta parte está bem avançado e pode favorecer a infiltração de águas pluviais, além dos pedaços de argamassa, que vão se depositando em regiões abaixo, dificultando o escoamento da água e como destacado anteriormente por Sequeira (2017) favorecendo o desenvolvimento de microrganismos biológicos e vegetação.

Figura 25 - Desprendimento da argamassa do emboço.



Fonte: O autor (2018)

A Figura 26 mostra pedaços de argamassa desprendidos da região das cumeeiras que vão se acumulando nos canais entre as telhas em regiões a jusante da sua antiga fixação, dificultando o escoamento das águas pluviais, criando zonas de umidade e favorecendo infiltrações.

Figura 26 - Pedacos de argamassa acumulados.



Fonte: O autor (2018)

A Figura 27 mostra a mesma situação de fissuração e desprendimento da argamassa de emboço no outro lado do telhado, e, por toda a sua extensão. A incorreta realização deste procedimento comprometeu toda o emboçamento das cumeeiras.

Figura 27 - Fissuração e desprendimento do emboço em toda a extensão das cumeeiras.



Fonte: O autor (2018)

A Figura 28 mostra uma área da divisa, que contém um pequeno pedaço de muro, que sem pintura, está se deteriorando, e juntamente com a argamassa do emboçamento, que executada de forma incorreta, estão sofrendo com a ação direta de agentes agressivos do meio. O escurecimento desses elementos é resultado da exposição dos mesmos, que deveriam ser protegidos da ação direta das intempéries.

Figura 28 - Muro, emboçamento e manchas escuras na estrutura.



Fonte: O autor (2018)

Além da cumeeira, algumas telhas modelo plan, do corpo do telhado estavam quebradas, provocando goteiras e danos à estrutura de madeira abaixo e do forro da residência. A Figura 29 destaca uma telha do tipo plan quebrada encontrada de um dos lados do telhado, além de pequenos pedaços da argamassa de emboçamento das cumeeiras que se soltaram da sua posição e foram levados pelas águas pluviais. Todos esses fatores favorecem a infiltração para o interior da cobertura, danificando os elementos que estão abaixo.

Figura 29 - Telha quebrada e pedaços de argamassa.



Fonte: O autor (2018)

A Figura 30 mostra uma telha do tipo plan quebrada do outro caimento do telhado, além de mais pedaços de argamassa do emboço soltos das cumeeiras, que foram levados pelas águas pluviais e se depositaram em regiões a jusante das cumeeiras.

Figura 30 - Telha quebrada e pedaços de argamassa do emboço.



Fonte: O autor (2018)

A Figura 31 mostra mais uma telha do tipo plan quebrada, que provoca uma infiltração e pelo tamanho da abertura permite a passagem de grande quantidade de água pluvial que atinge o madeiramento do beiral, além de várias telhas contendo manchas escuras.

Figura 31 - Telha quebrada e algumas com manchas escuras.



Fonte: O autor (2018)

Como já visto em diversas partes da estrutura, o emboçamento realizado de forma incorreta estava danificado, soltando pedaços de argamassa, que foram sendo levados e depositados em outras partes a jusante do telhado. Em uma região, além desses de argamassa de emboço, foram encontrados pedaços de telhas quebradas e até madeira. A Figura 32 mostra a concentração desses materiais pelo telhado, dificultando o escoamento da água. Nessa região as telhas apresentavam também muitas manchas escuras.

Figura 32 - Materiais sobre o telhado e telhas com manchas escuras.



Fonte: O autor (2018)

O telhado vai até a divisa do terreno com o vizinho em um dos lados. Para isso há uma elevação do muro impedindo que a água da chuva escoe e caia no terreno ao lado. Nessa parte do muro foi encontrada uma fissura no trecho que faz a ligação com uma chapa metálica usada como rufo (peça que faz o arrematamento entre o telhado e uma parede) que por sinal, está instalado em apenas um trecho da lateral do telhado. Assim ele permite que ocorram infiltrações através, tanto da fissura como por debaixo da chapa, instalada de forma inadequada e insuficiente, já que deveria ter sido colocada desde o início da lateral. A Figura 33 mostra essa fissura e a chapa metálica inadequada.

Figura 33 - Fissura e chapa metálica inadequada.



Fonte: O autor (2018)

Na Figura 34 é notável a instalação insuficiente da chapa metálica usada como rufo. Além desta questão, é perceptível uma grande quantidade de manchas escuras por toda a sua extensão e a pintura, responsável por proteger a estrutura, está em estado precário, favorecendo esse escurecimento progressivo da região.

Figura 34 - Rufo inadequado, manchas escuras e estado precário da pintura do muro.



Fonte: O autor (2018)

Há uma diferença de altura entre o caimento de duas partes do telhado, para isso a parede se eleva um pouco mais em uma região, como apoio para o outro caimento. Nessa parede é possível identificar grande escurecimento e a pintura, quase inexistente. A Figura 35 mostra o estado de conservação dessa parede.

Figura 35 - Estado de conservação dessa parede.



Fonte: O autor (2018)

A Figura 36 mostra que na mesma parede citada anteriormente é possível ver algumas fissuras, além de várias manchas escuras. É possível notar ainda grande presença de argamassa proveniente do emboçamento das telhas acima que se desprende e caiu sobre essa região. Também nessa parede, a chapa metálica usada como rufo, que tem a função de arremate entre o telhado e a parede, protegendo esse encontro de infiltrações, está começando a se soltar da parede, o que pode provocar infiltrações nessa região, além de liberar detritos para cima do telhado.

Figura 36 - Fissuras, manchas escuras, argamassa e rufo se soltando da parede.



Fonte: O autor (2018)

Analisando as imagens foi notada a presença de duas fissuras em um trecho de parede entre dois caimentos de níveis diferentes da cobertura, logo abaixo da cumeeira quebrada, citada anteriormente. Chama a atenção também, o fato de não haver um rufo no encontro entre o telhado e a parede, sendo a ligação feita apenas através da aplicação de uma argamassa. Num deslocamento da estrutura, essa ligação entre os dois elementos da cobertura começou a se deteriorar, havendo um afastamento dos mesmos, o que favorece infiltrações nessa região, danificando a alvenaria afetada pela formação de zonas de umidade. A Figura 37 mostra as fissuras encontradas e a ligação deteriorada entre o telhado e a parede.

Figura 37 - Fissuras e ligação deteriorada entre o telhado e a parede.



Fonte: O autor (2018)

Nesse mesmo trecho de parede, logo abaixo, foi encontrada outra fissura. A ligação entre a parede e o telhado, que além de não contar com um rufo nessa região, se encontra deteriorada por toda a sua extensão. Essa abertura que percorre todo a lateral do telhado com a parede, representa uma grande área que pode sofrer os impactos das infiltrações e que, como citado anteriormente podem causar vários danos a alvenaria. A Figura 38 mostra a fissura e a deterioração da ligação entre telhado e parede.

Figura 38 - Fissura e deterioração da ligação entre telhado e parede.



Fonte: O autor (2018)

Muitos dos problemas encontrados na cobertura desta edificação foram causados por uma concepção ineficiente da mesma. Por se tratar de uma estrutura antiga, muitos elementos de grande importância estavam deteriorados, e em muitas ocasiões, foram executados de maneira incorreta. A não existência de calhas e coletores de água pluvial, emboçamento incorreto das cumeeiras, rufos inadequados ou ausentes foram algumas destas particularidades.

5 CONCLUSÃO

O uso do drone para inspecionar a cobertura foi fundamental para a produção de um diagnóstico com grande detalhamento, muito rápido e com uma enorme precisão de milímetros. Em momento algum foi preciso acessar o local pessoalmente, evitando danos que poderiam ser causados pelo próprio peso do corpo, como a quebra ou deslocamento de telhas e, consequentemente, reforçando a segurança do procedimento.

A inspeção revelou problemas que, já estavam causando danos à cobertura e a longo prazo podem trazer muitas outras sequelas. Evidenciou uma deterioração da estrutura que compromete as funcionalidades para o qual foi projetada, reduzindo sua vida útil.

Durante o trabalho, as fissuras encontradas em diversos trechos de parede aparentes nessa região, demonstraram a possibilidade de estar ocorrendo inconformidades em outros elementos como alvenaria e fundações. Isso reforça a importância da inspeção, que, através de um elemento escolhido para a análise, acabou por dar indícios de outros locais e situações que merecem atenção na edificação

A velocidade da coleta de dados impressionou pela grande quantidade de registros obtidos em um curto espaço de tempo e que permitiram diante de tantas possibilidades, analisar e selecionar os melhores ângulos que destacassem os problemas a serem abordados no trabalho. Essa facilidade se resumiu em segurança e bem-estar, já que o trabalho de fotografar foi realizado pelo drone e durante o voo, o profissional que guiava o aparelho, esteve sempre em um local confortável.

Apesar da presença de alguns obstáculos durante o voo, o uso do equipamento é muito benéfico e eficiente, mostrando-se uma ferramenta poderosa de inspeção, e o fato de haver dificuldades pode ser contornado com um bom treinamento para operação do aparelho.

Esse trabalho foi importante para expor o ganho de produtividade que o uso de drones pode acrescentar ao profissional que faz o uso destes. Um trabalho que não apresenta riscos, não consome tempo excessivo e apresenta um custo inferior, permitindo o acesso a locais de risco e frágeis sem que haja comprometimento da integridade de alguma parte envolvida. O custo-benefício do aparelho é maximizado quanto maior for a quantidade de operações que realiza ou o porte da edificação, fazendo com que o investimento na sua aquisição acabe sendo diluído com o uso em escala do mesmo.

A utilização dos drones apresenta diversas possibilidades dentro da construção civil. Esse trabalho destacou o uso nas inspeções em coberturas, porém eles podem ser usados para verificar todos os outros elementos, principalmente em edificações e estruturas mais altas, nos mais diversos usos que podem apresentar. Vale ressaltar também a empregabilidade destes aparelhos, que começa na fase de planejamento, onde podem ser usados na coleta de dados sobre o terreno, passando pelo controle do canteiro de obras e do andamento da construção, até a inspeção da edificação concluída.

Unindo segurança e produtividade, o uso de drones dentro da construção civil representa a face de um setor que está buscando maneiras de corrigir antigos problemas que comprometiam sua sustentabilidade. A introdução de tecnologias com essa importância, faz parte dessas iniciativas e se tornou fundamental para garantir o controle de todas as etapas de concepção de uma estrutura, trazendo ganhos de eficiência para todos os envolvidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAC. **Regras da ANAC para uso de drones entram em vigor**. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-dronesentram-em-vigor/release_drone.pdf>. Acesso em: 20 fev. de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15310: Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio**. 1 ed. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 - 5: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas**. 1 ed. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro, 2012.

BARBOSA, G. S. O desafio do desenvolvimento sustentável. Macaé. **Revista Visões**, v. 1, n. 4, Jan./Jun. 2008.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção. A construção de um novo país. 2016. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/A_Construcao_de_Um_Novo_pais_Agenda_da_Construcao_civil_2016_2018.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2018.

CARBONI, M. H. de S. **Coberturas**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015.

CARDOSO, F. F. **Coberturas em telhados**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

CEOLIN, E. D.; LIBRELOTTO, L. I. Durabilidade e sustentabilidade: análise a partir da Norma de Desempenho. In: V Seminário Internacional de Construções Sustentáveis. **Anais...** 2016.

COUTINHO, I.; FEITAL, M. R.; COSTA, S. Q. Inovação na Gestão da Qualidade: Utilização de VANT em Inspeções em Projetos Cíveis. In: VI Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade. **Anais...** 2017.

FEITAL, M. R. **Uso de VANT (Veículo Aéreo não Tripulado) para inspeção de Projetos de Construção Civil**. Pós-graduação em Gerenciamento de Projetos, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Juiz de Fora, 2017.

FERREIRA, J. A. de A. **Técnicas de diagnóstico de patologias em edifícios**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Lisboa, 126p. 2010.

FRAZÃO, J. C. F. **Patologias relacionadas às coberturas: estudo de caso em edificações unifamiliares de interesse social na cidade de Campo Mourão – PR**. Campo Mourão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

GOMIDE, T. L. F e PUJADAS, F. Z. A. e FAGUNDES NETO, J. C. P. **Técnicas de Manutenção e Inspeção Predial – Conceitos, Metodologias, Aspectos Práticos e Normas Comentadas**. Editora Pini, 2006.

IBAPE/AM – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia do Amazonas. Perícias oriundas de deficiência nas telhas cerâmicas. In: XVI Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias. **Anais...** 2011.

IBAPE (Nacional. Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia) - **Norma de Inspeção Predial**, 2012.

IBAPE/SP – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo. **Inspeção Predial - Check-up Predial: Guia da boa Manutenção**, 2005.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. São Paulo: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

LOGSDON, N. B. **Estrutura de madeira para coberturas, sob a ótica da NBR 7190/1997**. Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso, 2002.

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

PACHECO, C.; VIEIRA, G. **Metodologias para inspeções de fachadas de edifícios**. In: IV Congresso Internacional na Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios. **Anais...** 2015.

PEGORARO, A. J. **Estudo do potencial de um veículo aéreo não tripulado/quadroto, como plataforma na obtenção de dados cadastrais**. Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

PEREIRA, M. A. **Determinação de parâmetros da qualidade para a avaliação de recobrimentos superficiais de telhas cerâmicas**. Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

ROCHA, H. F. **Importância da manutenção predial preventiva**. Natal: Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, 2007.

ROTH, C. das G.; GARCIAS, C. M.; **Construção Civil e a Degradação Ambiental**. Ijuí. **Revista Desenvolvimento em Questão**, v.7, n.13, p.111-128, Jan./Jun. 2009.

SEQUEIRA, C. S. F. B. M. **Análise de patologias num edifício e soluções corretivas**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Lisboa. 162p. 2017

SILVA, W. C. da; SANTOS, G. O.; ARAÚJO, W. E. L. de. Resíduos sólidos da construção civil: caracterização, alternativas de reuso e retorno econômico. Florianópolis. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 286 – 301, Jul./Set. 2017.

TOMAZELI, A.; HELENE, P. Diretrizes para inspeção em estruturas de obras paralisadas. São Paulo: **Revista Estruturas**, Set. 2017.