



USO DE DRONE PARA MONITORAMENTO E LEVANTAMENTO DOS DEFEITOS EXISTENTES NO PAVIMENTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CAMPUS ACADEMICO DO AGRESTE

DOI: 10.37702/2175-957X.COBIENGE.2024.5144

Autores: SHIRLEY MINNELL FERREIRA DE OLIVEIRA, TALLYS CELSO MINEIRO, NICOLAS HENRIQUE SANTANA DE CARVALHO

Resumo: O monitoramento das condições de uso de toda a extensa rede de rodovias pavimentadas é uma tarefa dispendiosa, demorada e gera riscos a saúde do responsável pelo monitoramento. Objetivando o aprimoramento dos métodos existentes na área de monitoramento de vias, há cada vez mais a busca por ferramentas mais eficientes. Devido à evolução das tecnologias existentes em drones, aumentou-se a busca por seu uso, também, como ferramenta. Periodicamente, são realizados estudos sobre o uso de drones na engenharia, por exemplo, na gestão de infraestruturas existentes, a procura de problemas que venham a existir. Este trabalho teve por objetivo, o levantamento de defeitos ao longo do pavimento asfáltico da Universidade Federal de Pernambuco - Campus Acadêmico do Agreste com e sem o uso de drone analisando a viabilidade de sua implantação como ferramenta. Primeiramente, foi seguida a metodologia preconizada pela norma do DNIT 006/2003 - Avaliação objetiva de pavimentos flexíveis e semi-rígidos, para que fossem contabilizados os defeitos que viessem a existir no pavimento. A segunda etapa consistiu na utilização do drone para que fossem obtidas as imagens do pavimento, para posteriormente serem analisadas, verificando e registrando a existência de possíveis defeitos. Na última etapa foram utilizados critérios como eficiência, tempo, custo, praticidade e risco, para comparar a duas formas de análise do pavimento. De acordo com os resultados obtidos através das análises, a utilização do drone como ferramenta acarretou em um aumento na praticidade e diminuição no tempo e risco no monitoramento das condições do pavimento, porém nem todos os defeitos que foram observados ao percorrer o pavimento de acordo com a norma, puderam ser identificados através das imagens obtidas pelo drone, devido a limitações da câmera existente na aeronave, entre outros fatores, além disso com alto custo de implementação, o drone deve ser utilizado como ferramenta auxiliar, não dispensando a forma de análise padrão e normatizada no país.

Palavras-chave: Pavimento asfáltico. Drone. Defeitos do pavimento



USO DE DRONE PARA MONITORAMENTO E LEVANTAMENTO DOS DEFEITOS EXISTENTES NO PAVIMENTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CAMPUS ACADEMICO DO AGRESTE

1. INTRODUÇÃO

O revestimento asfáltico na composição de pavimentos flexíveis é uma das soluções mais tradicionais e utilizadas na construção e recuperação de vias urbanas e rodovias. Segundo dados da Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto (ABEDA), mais de 90% das estradas pavimentadas nacionais são de revestimento asfáltico. De acordo com o documento disponibilizado pelo Sistema Nacional de Viação (SNV), que por sua vez, faz parte do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), afirma-se que existam atualmente no Brasil 213.500, (12,4% do total), de rodovias pavimentadas, dados atualizados em 2023. É importante ressaltar a considerável extensão de vias não pavimentadas, que totalizam cerca de 1,4 milhão de quilômetros, ou 78,5% da malha.

O atual estado de conservação e manutenção das rodovias pavimentadas, sejam elas federais, estaduais ou municipais, possuem graves deficiências no contexto geral.

As patologias encontradas na superfície geralmente ocorrem devido a erros de projeto, de execução, mau dimensionamento da mistura asfáltica, uso de ligantes e materiais ineficientes ou impróprios, formas de conservação e manutenção, entre outros motivos. Também, a estrutura pode ser seriamente comprometida quando houver infiltração de água, problema que ocorre normalmente por causa de projetos de drenagem subdimensionados ou até mesmo inexistentes. Falhas desse tipo podem gerar afundamentos do pavimento, consequentemente, a camada que fica acima (superfície do pavimento) se rompe, trincando, e assim ocasionando o afundamento da camada superior. Devido, também, à falta de controle e do pesado tráfego no Brasil, há uma contribuição para o surgimento de defeitos nos pavimentos na sua superfície prejudicando posteriormente as camadas mais profundas da via.

Supervisionar as condições de toda e qualquer extensão de via pavimentada é um trabalho custoso e leva um certo tempo, gera riscos à saúde do responsável pelo monitoramento, seja por exposição prolongada ao sol ou por estar em um local de tráfego de veículos, estando sujeito a se envolver em um possível acidente. Atualmente, a avaliação da superfície do pavimento pode ser feita visualmente ou com uso de equipamentos montados em um veículo (carro), que fazem a análise através de lasers e software para o registro dos defeitos, métodos estes, executados de forma prevista em normas vigentes no país pelos órgãos competentes.

Com a popularização, nos últimos anos, do uso de drones, aumentou-se também a busca por seu uso como ferramenta, devido a sua capacidade de obtenção de imagens a partir de elevadas altitudes referentes ao nível do solo, seja por entidades, para controle de áreas de preservação, por prefeituras para monitoramento de locais onde possam haver focos de transmissores de doenças, no mercado visual e de propaganda, entre tantos outros usos. Atualmente, também existem estudos recorrentes acerca da utilização de drones na engenharia, por exemplo, na parte de planejamento, meio ambiente, mineração,



construção civil, e ainda na gestão de infraestruturas existentes, para manutenção e monitoramento de vias pavimentadas, em busca de problemas que venham a existir.

Com o avanço da tecnologia em equipamentos de obtenção de imagens, atrelado ao aprimoramento computacional e de programas utilizados no pós-processamento de imagens, surge a necessidade do estudo para a implementação de novas técnicas, visando saber a viabilidade e se é possível obter a mesma ou até maior eficiência, comparado aos métodos tradicionais, com menor custo, menor quantidade de tempo necessário para execução da atividade e maior segurança daqueles envolvidos no monitoramento. O uso do drone demonstra ter um grande potencial para auxiliar nesta atividade, devido aos instrumentos que possui, como uma câmera de alta resolução, sensores estabilidade e sistema de geolocalização, e de suas características, de alcançar elevadas altitudes e varrer grandes áreas em pouco tempo. Necessita de um único operador, para a princípio designar o trajeto e a área a ser analisada para que comece a varredura, e no final recolher o material obtido (imagens) para a análise.

Pensando nesse contexto, o objetivo deste trabalho é fazer o levantamento de defeitos que venham a existir ao longo do pavimento asfáltico da Universidade Federal de Pernambuco – Campus Acadêmico do Agreste, (área escolhida para o levantamento dos possíveis defeitos no pavimento), com e sem o uso de drone, no intuito de verificar se o uso do mesmo é tecnicamente viável. Para isso foi feita a marcação da área a ser analisada, posteriormente realizado o levantamento com o drone, bem como realizado o levantamento de acordo com os procedimentos normatizados pelo DNIT. Após a realização dos levantamentos foi verificado as similaridades e diferenças entre as formas que o levantamento foi feito e, por fim, comparar a eficiência, custo econômico, tempo e vantagens e desvantagens nas formas em que o levantamento foi feito.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

O pavimento escolhido foi o do campus da Universidade Federal de Pernambuco - Campus Acadêmico do Agreste, localizada na rodovia BR-104, Km 59, s/n - Nova Caruaru, Caruaru – PE, por atender aos requisitos pré-estabelecidos de considerável extensão e proporcionar segurança. Através do Google Earth traçou-se o trecho a ser percorrido, como pode ser visto na Figura 1.

A área possui uma extensão de 720 metros, e foi dividida em 36 estacas de 20 metros de distância umas das outras.

Figura 1 - Techo levantado



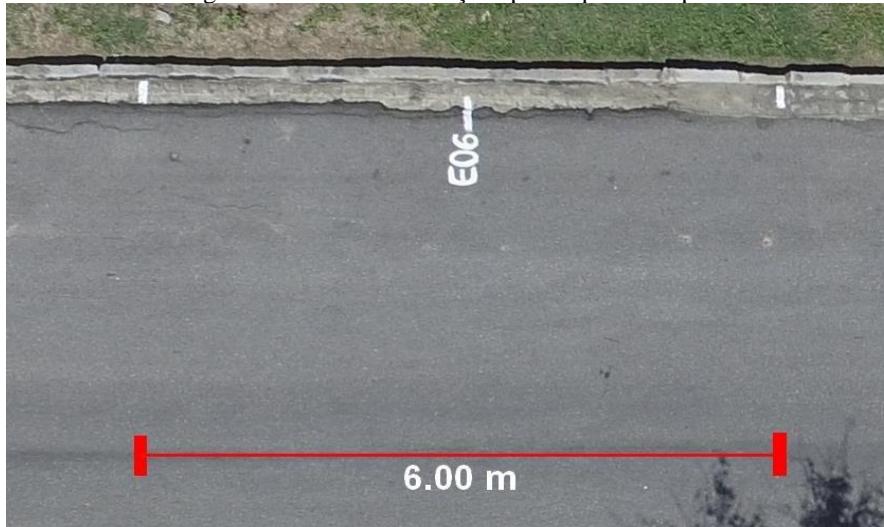
Fonte: Carvalho, (2017)

2.2. Levantamento dos defeitos do pavimento pelo método do DNIT

O levantamento dos defeitos seguiu a metodologia descritos pela norma DNIT 006/2003 – PRO, Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e sumi rígidos – Procedimento, s.

Primeiramente foi feita a demarcação das estações inventariadas, no caso de rodovias de pista simples, a cada 20m, alternando entre as faixas, deste modo, em cada faixa a cada 40 m. A superfície de avaliação corresponde a 3m antes e 3m após cada uma das estacas demarcadas, totalizando em cada estação uma área correspondente a 6m de extensão e largura igual à da faixa a ser avaliada. A marcação como foi feita, é mostrada na Figura 2.

Figura 2 - Divisão de estações para a pista Simples



Fonte: Carvalho (2017)



Logo após, a extensão de pavimento a ser avaliada foi percorrida, em seguida registrou-se no formulário padronizado, os defeitos existentes nas áreas demarcadas, de acordo com a norma DNIT 005/2003-TER.

Assim, conclui-se a descrição do método que foi utilizado como referência, tradicional e regido pelas normas vigentes.

2.3. Equipamentos e procedimentos para levantamento com drone

O drone utilizado no presente estudo é o Phantom 3 Advanced da marca DJI que possui as seguintes características: Peso do Drone: 1.3 Kg, Velocidade Máxima de subida, 15 km/h, descida 10,8 km/h e movimentação, 54,6 km/h, câmera com resolução de fotos, 12,4 Mega pixels, lentes FOV (Field of View), 94° 20 mm (35 mm formato equivalente) f/2.8, tamanho máximo da imagem de 4000 x 3000, giroscópio de 6 eixos mais um acelerômetro para acompanhar a menor inclinação ou mudança de aceleração. Bateria Inteligente com autonomia para cerca de 23 minutos de voo, com sensores que permitem saber o estado da sua bateria em tempo real, assim sabe-se quanto tempo pode continuar voando e quando é hora de recarregar ou trocar pela reserva. Sistema de piloto automático Worry-Free. Auto Decolagem, o Phantom 3 irá ligar seus motores e subir a uma altura pré-definida. Auto Return Home: Quando o GPS está disponível, o Phantom 3 lembra o local exato que ele decolou. FAIL SAFE: Voo Inteligente se a bateria estiver baixa ou se o seu Phantom 3 perde a conexão com o controlador remoto, por qualquer motivo, a aeronave retornará automaticamente ao ponto de decolagem e pousará com segurança.

A controladora se refere ao conjunto composto por equipamento e software, responsável por receber os parâmetros definidos pelo operador e em seguida enviar a aeronave para que seja feita a atividade desejada.

Com controles sensíveis, botões dedicados e até 5 km de alcance, o controlador remoto do Phantom 3 é personalizável. Botões dedicados permitem tirar fotos e vídeo, inclinar a câmera, direcionar onde o Phantom voa, e trazê-lo de volta. Permite o fluxo de vídeo extremamente rápido e de longa duração de sua câmera, o DJI Lightbridge é construído tanto no controle remoto quanto no Phantom 3. Estas duas partes trabalham em conjunto para garantir uma ligação contínua entre o operador e o drone. Poderosos sinais de comunicação possibilitam passagem através da maioria das interferências ambientais, fornecendo controle preciso e completo e informações da aeronave a grandes distâncias. Para visualização das informações deve se acoplar um smartphone ou tablet ao controle remoto, com sistema operacional iOS ou Android.

O aplicativo utilizado no levantamento foi o Everest AltizureTM, um de muitos programas disponíveis para smartphones e tablets, com objetivo de captura de fotos de forma automática com fins de mapeamento, sendo este um freeware, ou seja, livre de custos, tem como função receber como parâmetro do operador uma área, neste caso a que será estudada, e traçar uma rota para que a aeronave a mapeie, tirando uma sequência de fotos de forma que haja sobreposição das mesmas, com o intuito de em seguida formar uma só imagem que represente toda a área a ser analisada.

Foi utilizado o programa da Autodesk® ReCapTM com a finalidade de, através das imagens obtidas com o drone e com as informações de posicionamento global que cada uma dessas imagens possui, formar um mosaico ou, uma única imagem de grande resolução e que contém a informação de todas as outras imagens.

Análoga a metodologia aplicada de acordo com a norma do DNIT 006/2003 – PRO, utilizou-se as estações ao longo da via e as áreas a serem analisadas, em seguida, foi realizado o plano de voo no aplicativo Altizure, contendo a altitude, o percurso, a área total



em que se insere a via a ser analisada, a velocidade da aeronave e a porcentagem de sobreposição de imagens, a partir dos critérios definidos nos seguintes itens.

Para a escolha da altitude utilizou-se como considerações: O método GSD, Largura média de defeitos e Especificações da câmera utilizada.^[1] O GSD que deseja se obter é relativo a menor dimensão de um dos menores defeitos que possa vir a ocorrer, a fissura, que possui largura média entre 0,5 e 1,0 centímetros.^[2] A empresa Pix4D®, disponibiliza uma planilha de cálculo, para saber qual a altitude deve ser alcançada para que se obtenha um desejado GSD, necessitando somente que o operador entre com os dados técnicos referente a câmera utilizada no levantamento, no presente trabalho a câmera usada é a montada de fábrica no drone Phantom 3 Advanced, com suas especificações listadas no Quadro 1.

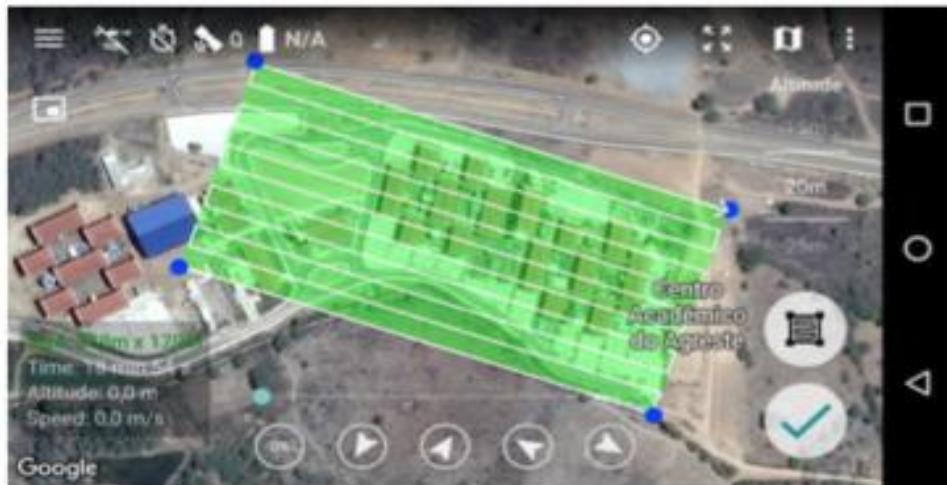
Quadro 1 - Informações a serem inseridas na planilha.

Phantom 3 Advanced – Especificações da câmera	
Largura do sensor (Sw)	6,17 mm
Distância Focal (Fr)	3,57 mm
Largura da imagem (pixels)	4000
Altura da imagem (pixels)	3000
GSD desejado	0,5 – 1,0 cm/pixel

Fonte: Adaptado de Carvalho, (2017)

Após serem definidos o GSD e a altitude, têm-se os parâmetros necessários para serem inseridos no programa Altizure (Figura 3), a fim de que o levantamento de imagens seja feito.

Figura 3 - Interface do Programa Altizure

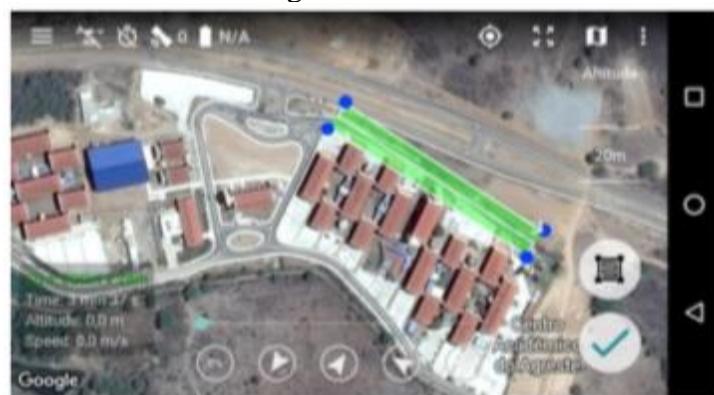


Fonte: Carvalho, (2017)

Decidiu-se dividir a região em 5 menores áreas de acordo com a Figura 4, diminuindo o tempo de voo, consumo de bateria, de fotos e de espaço na memória.



Figura 4 - Área 1



Fonte: Carvalho, (2017)

As demais áreas seguiram o mesmo padrão, como mostrado na Figura 5.

Figura 5 - Áreas 2 a 5.



Fonte: Carvalho, (2017).

Posteriormente, foi dado o comando para a aeronave iniciar o procedimento de obtenção de imagens. Ao fim do percurso a aeronave volta a posição inicial, para que se possa ter acesso as imagens e copiá-las para o computador ou sistema de armazenamento.

Com as imagens em mãos, foi utilizado o programa Autodesk® ReCapTM (Figura 6) para que o mosaico das imagens fosse criado, utilizou-se esse mosaico para a identificação e análise de defeitos no pavimento. Depois que as imagens são lançadas no aplicativo, elas foram processadas e organizadas de modo a formar o ortomosaico, utilizado para identificação de possíveis defeitos no pavimento, mostrado na Figura 7.

Figura 6 - Recorte da plataforma ReCap.



Fonte: Adaptado de carvalho, (2017).

Figura 7 - Ortomosaico formado a partir das imagens



Fonte: Adaptado de Carvalho, (2017).

3. RESULTADOS

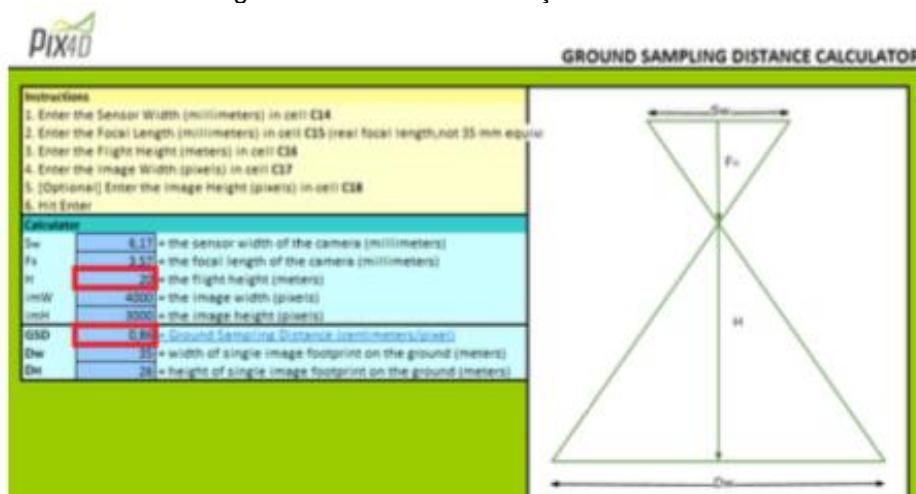
Os resultados foram apresentados em formato comparativo, de modo a analisar a viabilidade de implantação do uso de drones na avaliação de pavimentos.

Evidentemente que o método que apresente melhor precisão no resultado é o que mais contribui no processo de avaliação, fornecendo maior detalhamento das condições reais do pavimento. Entretanto, em muitos casos os recursos são limitados e o custo para implantação de um determinado método se torna inviável, pois não é interessante ter custos elevados no processo de avaliação. Há também, alguns casos onde se deseja apenas obter um diagnóstico prévio e imediato das rodovias, inviabilizando alternativas que exigem um maior tempo de realização.

3.1. GSD e Altitude adotada

Como pode ser observado na Figura 8, a altitude utilizada foi de 20 m, com um GSD de 0,86 cm/pixel, ou seja, cada pixel da imagem representa 0,86 cm do terreno.

Figura 8 - Planilha de obtenção do GSD



Fonte: Adaptado de Carvalho, (2017).

3.2. Eficiência e Tipos de defeitos levantado

Devido à proximidade que o avaliador, se encontra do pavimento, não houve dificuldades em identificar quaisquer defeitos que vieram a existir, observou-se um total de 45 defeitos ao longo de todo o trecho através do procedimento do DNIT. Foram identificados os seguintes defeitos conforme apresentados nas figuras 9, 10, e 11.

Figura 9 - Trinca. Fissura encontrada na estação 29



Fonte: Carvalho, (2017).

Figura 10 - Trincas longitudinais encontradas na estação 03.



Fonte: Carvalho, (2017).

Figura 11 - Trincas transversais encontradas na estação 01.



Fonte: Carvalho, (2017).

Com os critérios adotados de GSD, altitude e cobrimento longitudinal e lateral, em conjunto com as limitações de resolução da câmera montada no drone e suas características, fazem com que a análise do pavimento em busca de defeitos acabe por ser uma tarefa não totalmente completa, somados a outros fatores como sombras de objetos próximos ao pavimento, como de árvores, interferem na análise. Observou- se um total de 33 defeitos na superfície de todo o pavimento através desse método, os defeitos encontrados estão apresentados nas figuras, 12 e 13.

Figura 12 - Trincas longitudinal observada a partir do drone.



Fonte: Carvalho, (2017).

Figura 13 - Trincas transversal e longitudinal observadas a partir do drone.



Fonte: Carvalho, (2017).

Pode observar que as imagens obtidas pelo drone, consegue ter uma visão boa dos defeitos encontrados no pavimento.



Com relação ao tempo, percorrer todo o pavimento a pé e inventariar os possíveis defeitos no mesmo levou aproximadamente 59 minutos. Já o tempo gasto com o drone levou em torno de 33 minutos (posicionar o drone, ligá-lo, dar o comando e iniciar o voo).

Os custos para realização do levantamento do pavimento através do método preconizado na norma do DNIT – PRO 006, são considerados baixíssimos, isso porque os equipamentos e materiais a serem empregados são de preço irrisório, como formulários de inventário, canetas, pranchetas e etc. Isso sem contabilizar os gastos com mão de obra. Pode ser realizado por equipe bem menor se comparada com a forma tradicional, necessários somente o operador do drone, e técnico responsável por reconhecer possíveis defeitos nas imagens, dependendo do caso admite-se que seja a mesma pessoa a fazer todo o trabalho. Porém o custo de implantação, de compra de equipamento acaba sendo bem alto inicialmente, sendo necessário também um aparelho celular ou tablet compatível com os programas utilizados e um computador para gerar o mosaico e analisar as imagens.

Sendo uma atividade feita durante o dia, ao avaliar o pavimento, fica-se sujeito as condições do ambiente, como exposição prolongada a luz do sol, gerando riscos a própria saúde. Como também a proximidade com o tráfego de veículos aumenta as chances de se envolver em acidentes. Já com o drone o risco de saúde e de vida para avaliar o pavimento pode ser considerado nulo, devido a possibilidade de aguardar o drone fazer a tomada de fotos de forma autônoma a partir de uma área coberta e que esteja a uma distância segura do tráfego, a análise é feita em um computador, também em local seguro e coberto.

Como observado através do Quadro 2, a utilização do drone como ferramenta acarretou em um aumento na praticidade e diminuição no tempo e risco no monitoramento das condições do pavimento, entretanto nem todos os defeitos que foram observados ao percorrer o pavimento, de acordo com a norma do DNIT 006/2003, puderam ser identificados através do ortomosaico gerado, devido às limitações da câmera existente na aeronave, entre outros fatores tais como a projeção de sombras de árvores próximas ao pavimento, além do alto custo de implementação. O drone deve ser utilizado como ferramenta auxiliar, não dispensando a forma de análise padrão e normatizada no país, mas sim, complementando-a.

Quadro 2 - Comparativo entre os métodos

Critério	Tradicional (PRO 006)	Drone
Tempo	59 minutos	24 minutos (Quase 2,5 vezes mais rápido)
Eficiência	Todos os defeitos que vieram a existir, foram contabilizados. 100% dos defeitos registrados.	Nem todos os defeitos conseguiram ser observados. 73% dos defeitos registrados.
Custo	Baixo com relação a aquisição de equipamentos.	Investimento inicial alto com relação a aquisição do equipamento (Drone), celular ou tablet e computador.
Praticidade	Pouco prático, precisando que seja realizado o levantamento a pé ao longo de todo o trecho, demandando muita energia e tempo.	Bastante prático, já que somente é necessário configurar e enviar o drone, recolher o mesmo e analisar as imagens obtidas em um computador.
Risco	Risco de saúde devido ao elevado tempo de exposição solar. Risco de vida com a proximidade do local de tráfego de veículos.	Risco de saúde e vida considerado nulo, devido a não haver necessidade de se estar exposto ao sol, realizando a avaliação do pavimento em um local seguro.

Fonte: carvalho, (2017).

4. CONCLUSÃO

A evolução nas formas de obtenção de imagens, que as câmeras atualmente propiciam, tanto no detalhamento como nas informações, contidas nestas imagens, de posicionamento e etc., aumentam a quantidade de ferramentas disponíveis para as atividades de monitoramento, neste caso, de pavimentação asfáltica.

Como foi visto, foi alcançado um percentual de 73% (forma tradicional usada como referência) de defeitos observados com o uso do drone, isso com velocidade, praticidade e segurança. Com a desvantagem de alto custo de implementação comparado com a forma tradicional.

Conclui-se ainda que a forma de análise de defeitos de pavimento asfáltico que é empregada no país, mesmo servindo ao propósito de forma plena, pode ser aprimorada com o uso dessas novas ferramentas. Fazendo necessário assim, que haja continuidade nos investimentos nesta área, com estudos para que se desenvolva viabilidade e eventualmente a implementação plena.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, N. H. S. Monitoramento e levantamento dos defeitos existentes no pavimento da UFPE Campus CAA com uso de drone. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia de Civil. Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2017.

NORMA DNIT 006/2003 - PRO. DNIT Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES.

NORMA DNIT 005/2003 – TER. DNIT Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES.

USE OF DRONE TO MONITOR AND SURVEY EXISTING DEFECTS IN THE FLOOR OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF PERNAMBUCO, AGRESTE ACADEMIC CAMPUS

Abstract: Monitoring the conditions of use of paved roads is an expensive and time-consuming task that can generate/create/bring risks to the health of those who are responsible for the monitoring. Aiming the enhancement of existing methods for monitoring the condition of roads pavement surfaces the search for more efficient tools has increased, such as the evolution of drone technology and its applications. There are periodically studies about the use of drone in engineering, for instance, in the management of existing infrastructures, searching for problems that may exist. The main purpose of this work was to survey defects along the asphalt pavement of the Federal University of Pernambuco - Agreste Academic Campus with and without the use of a drone, analysing the feasibility of its implementation as a tool. Firstly, the methodology recommended by DNIT 006/2003 - Objective evaluation of the surface of flexible and semi-rigid pavements, was followed in order to account any defects that might exist on the pavement. The second step involved the use of the drone to obtain images of the pavement. Those images were analysed in order to verify and record the existence of possible defects. In the final step criteria such as efficiency, time, cost, practicality and risk were used to compare the two forms of pavement analysis. According to the results obtained through the analysis, the use of the drone as a tool resulted in an increase in practicality and decrease in time and risk in the monitoring of the pavement conditions. However, not all the defects that were observed when walking the



pavement as recommended by the DNIT standard could be identified through the images obtained by the drone. Due to the limitations of the existing camera in the aircraft, among other factors, in addition with high cost of implementation, the drone should be used as an auxiliary tool, not dismissing the standard form of analysis in the country.

Keywords: Asphalt pavement. Drone. Pavement defects.

