

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS Uni-ANHANGUERA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO PARA
IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIA NA GO-319

ANTÔNIO RAYLSON GOMES BEZERRA

GUSTAVO BORBA PEDROZA

GOIÂNIA
Novembro/2019

ANTÔNIO RAYLSON GOMES BEZERRA

GUSTAVO BORBA PEDROZA

**UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO PARA
IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIA NA RODOVIA GO-319**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Universitário de
Goiás – Uni-Anhanguera, sob orientação do
Professor Mestre. Marcos Vinícius A. da
Silva, como requisito parcial para obtenção
do bacharelado em Engenharia Civil.

GOIÂNIA
Novembro /2019

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANTONIO RAYLSON GOMES BEZERRA

GUSTAVO BORBA PEDROZA

UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO PARA IDENTIFICAÇÃO DE
PATOLOGIA NA GO-319.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como
requisito parcial para obtenção do Bacharelado em Engenharia Civil do Centro
Universitário de Goiás - Uni-ANHANGUERA, defendido e aprovado em ____ de
____ de ____ pela banca examinadora constituída por:

Marcos Vinicius A. da Silva

Prof(a)., Me. Marcos Vinicius Alexandre da Silva

Orientador(a)



Prof(a)., Ma. Raquel Franco Bueno

Membro

Cristiane Roldan de C. Nascimento

Prof(a)., Ma. Cristiane Roldan de Carvalho Nascimento

Membro

RESUMO

O pavimento é construído basicamente com a finalidade de resistir esforços aplicados e melhorar as condições de rolamento dos veículos. No Brasil, são utilizados dois tipos de revestimentos para as estradas, o pavimento flexível e rígido. O flexível é aquele que comporta um revestimento betuminoso, dos quais materiais utilizados é o asfalto que forma a camada de revestimento, um material granular que compõe a base e outro material granular ou o próprio solo que forma a sub-base. O pavimento rígido é composto, principalmente por uma placa de cimento que absorve todas as tensões aplicadas na sua superfície, sendo assim sua durabilidade é um pouco maior em relação ao flexível, necessita de pouca manutenção e com o passar do tempo sua rigidez aumenta. Devido alguns fatores, o pavimento sofre com a patologia, que basicamente é o estudo de doenças nas malhas asfálticas, por exemplo as fissuras, trincas, fendas, buracos, remendo, entre outros. Atualmente essas patologias são identificadas de forma visual ou através de scanners, e após é feita sua classificação. Nesse sentido o trabalho avaliou a capacidade de um Veículo Aéreo Não Tripulado (Vant), conhecidos como drone ou vant, no monitoramento de rodovia, identificando e mensurando as diferentes patologias de uma via pavimentada.

PALAVRAS-CHAVE: Rodovia. Patologia. Pavimento Asfáltico. Classificação.

1 INTRODUÇÃO

Pavimento é a estrutura construída sobre a terraplenagem de um terreno, com função de resistir esforços aplicados e transmitindo-os para o solo, melhorando as condições de rolamento para veículos, tornando o transporte de pessoas e mercadorias mais seguro e rápido. (BARIANI, 2008)

A malha rodoviária brasileira é dividida por pavimento flexível e rígido. Segundo Balbo (2017), o pavimento flexível é aquele que comporta um revestimento betuminoso, dos quais materiais utilizados é o asfalto que forma a camada de revestimento, um material granular que compõe a base e outro material granular ou o próprio solo que forma a sub-base. Sua espessura é maior em relação ao rígido, devido aos materiais utilizados serem plásticos, garantindo que as tensões do solo sejam menores que suas resistências.

O pavimento rígido é composto, principalmente por uma placa de cimento que absorve praticamente todas as tensões aplicadas na sua superfície, sendo assim sua durabilidade é maior em relação ao flexível, necessita de pouca manutenção e com o passar do tempo sua rigidez aumenta. Este pavimento é mais utilizado em rodovias de tráfego pesado e corredores de ônibus Bus Rapid Transit (BRT).

Devido alguns fatores, o pavimento sofre com a patologia, que basicamente é o estudo de doenças nas malhas asfálticas, conforme as normas do (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – (DNIT 005/2003) – TER define as manifestações patológicas no asfalto como: fenda, fissura, trincas, afundamento, ondulação, exsudação, desgaste, remendo, panela, bloco, escorregamento. A norma DNIT 005/2003 – TER ainda fornece a representação esquemática dos defeitos ocorrentes na superfície dos pavimentos flexíveis.

As patologias inerentes a pavimentos são: fissuras, trincas, bloco, afundamento, escorregamento, exsudação, ondulação, desgaste, remendo, buraco ou panela.

As fissuras podem ser causadas pela má dosagem do asfalto, excesso de finos adicionado na mistura. As trincas, que é uma etapa posterior as fissuras, portanto com abertura maior à da fissura, é caracterizada por uma fenda visível a olho nu, aberta no revestimento.

A patologia denominada bloco é causado pela contração da capa asfáltica devido a alternância da temperatura ou pela baixa resistência a tração da mistura asfáltica. Já o

afundamento é ocasionado por problemas de drenagem, falha na compactação, fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento e do subleito, falha na escolha do tipo de pavimento para o trânsito, excesso de ligante asfáltico na mistura.

Quando a via possui ondulação ou corrugação, é porque houve excesso de umidade no subleito, contaminação ou falta de estabilidade da mistura asfáltica, falta de aeração da mistura, gerando essa patologia.

O Escorregamento é ocasionado por problemas no processo de construção e/ou falha na pintura de ligação, já a Exsudação é causada pelo baixo conteúdo de vazios, quantidade de ligantes maior do que necessário.

O Desgaste é por causado na falha de execução, deficiência no teor de ligante e falha de adesividade, presença de água nas camadas do pavimento.

A mais conhecida das patologias pelos usuários, panela ou buraco é ocasionado pela deficiência na compactação, acúmulo de água em camadas do solo, imprimação mal executada, desintegração da superfície do pavimento. E o Remendo pela má construção, tráfego pesado, material de qualidade ruim, ação do meio ambiente.

Em alguns casos a identificação das patologias é realizada de forma visual, e em seguida é realizada a sua classificação. O pavimento aonde encontra-se os mais variados tipos de patologias é mais utilizado pelos veículos de transportes de cargas, sendo que os órgãos competentes deveriam fiscalizar e fazer manutenções no tocante a preservação, conservação e restauração. Segundo Vieira (2016), aplicações de projetos inadequados para vias, projetos feitos sem levantamentos necessários do solo e do pavimento a ser utilizado, são os principais responsáveis pela degradação precoce das rodovias novas e reabilitadas.

Segundo Barros (2017), não se trata apenas de implantar novas infraestruturas rodoviárias, mas sim de mantê-las em condições de uso e operação, logo busca-se um método de monitoramento que garanta a eficácia e a eficiência na verificação e no mapeamento das rodovias, mantendo informações das vias atualizadas com periodicidade.

Nesse sentido o trabalho avaliou a capacidade de um Veículo Área Não Tripulado (vant), conhecidos como drone, no monitoramento de rodovia, identificando e mensurando as diferentes patologias de uma via pavimentada em alturas específicas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A área de estudo está localizada em um trecho de 400 metros da GO 319, que está inserida no município de Aragoiânia, na porção Sul da cidade e dista aproximadamente 30 km de Goiânia, capital do estado de Goiás (Figura 01).

A área mapeada é uma via pavimentada, de mão única e apresenta pequeno desnível de leste para oeste.

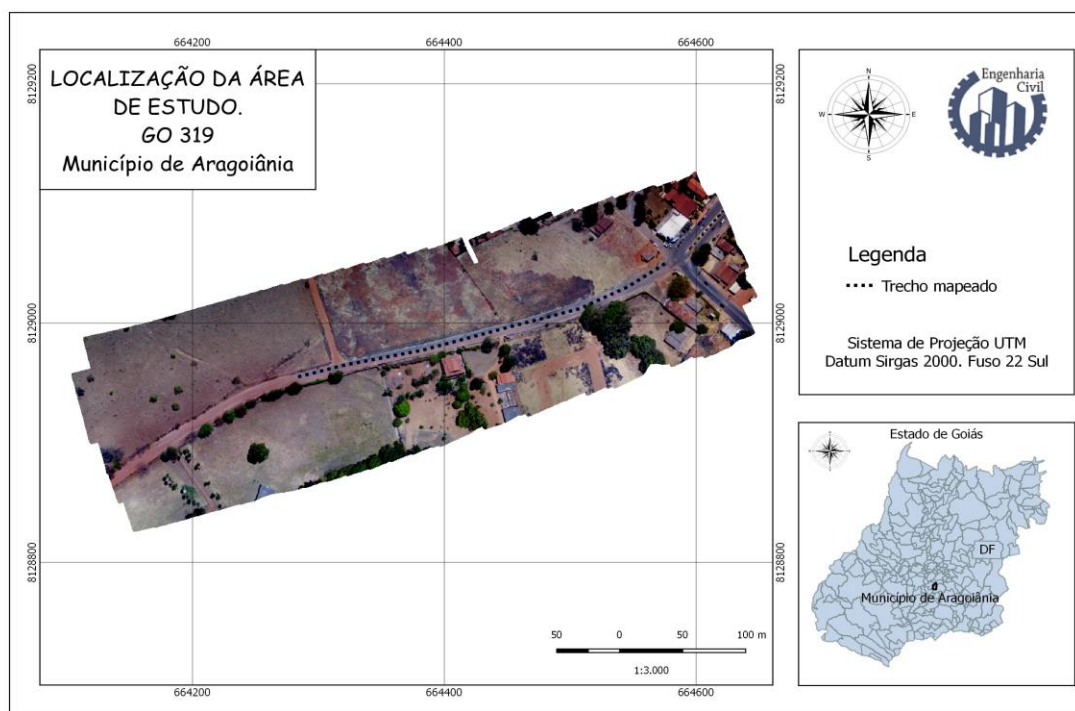


Figura 1. Localização da área de estudo.

2.2 Levantamento com o Drone

Para o mapeamento aéreo foi utilizado o modelo de drone Phantom 4 Advanced da empresa DJI (Figura 2). O equipamento tem aproximadamente 1,4 kg de peso e vem munido com sistema duplo de orientação via satélite, GPS e GLONASS, conferindo boa estabilidade no ar. Sua câmera possui sensor de 1 polegada e 20 megapixels, tem capacidade de processamento

com suporte de vídeos H.264 4K a 60 fps e H.265 4K a 30 fps. Pode se manter em voo por um tempo de até 30 minutos com apenas uma bateria.



Figura 2. Drone Phantom 4.

O mapeamento contou com o auxílio do aplicativo *DroneDeploy* que permite elaborar o plano de voo, tendo o planejamento prévio do que vai acontecer em campo. Essa etapa é de suma importância pois permite definir a altura do drone e com isso saber o tamanho do pixel a ser gerado.

O teste foi realizado em duas alturas do drone em relação ao solo, 60 e 100 metros. A distância da aeronave até o terreno é a variável principal para definir o *Ground Sample Distance* (GSD), que significa (Distância de amostra do solo) e representa o pixel da imagem no terreno em unidades de medida geralmente representada em centímetros

Os voos aconteceram no dia 08/09/2019 das 11:20h às 12:00 horas, pois a incidência do sol nesse horário está no ângulo de 90°, assim não tem nenhum tipo de sombra que atrapalhe o mapeamento via drone.

A área mapeada para ambos os voos foi de 3,0 hectares, sendo que o primeiro voo do drone subiu a uma altura de 60 metros do solo, gerando um *Ground sample distance* (GSD) pixel de 1,8 centímetro e teve duração de 5 minutos e 34 segundos e obtendo 91 fotos (Figura 3).

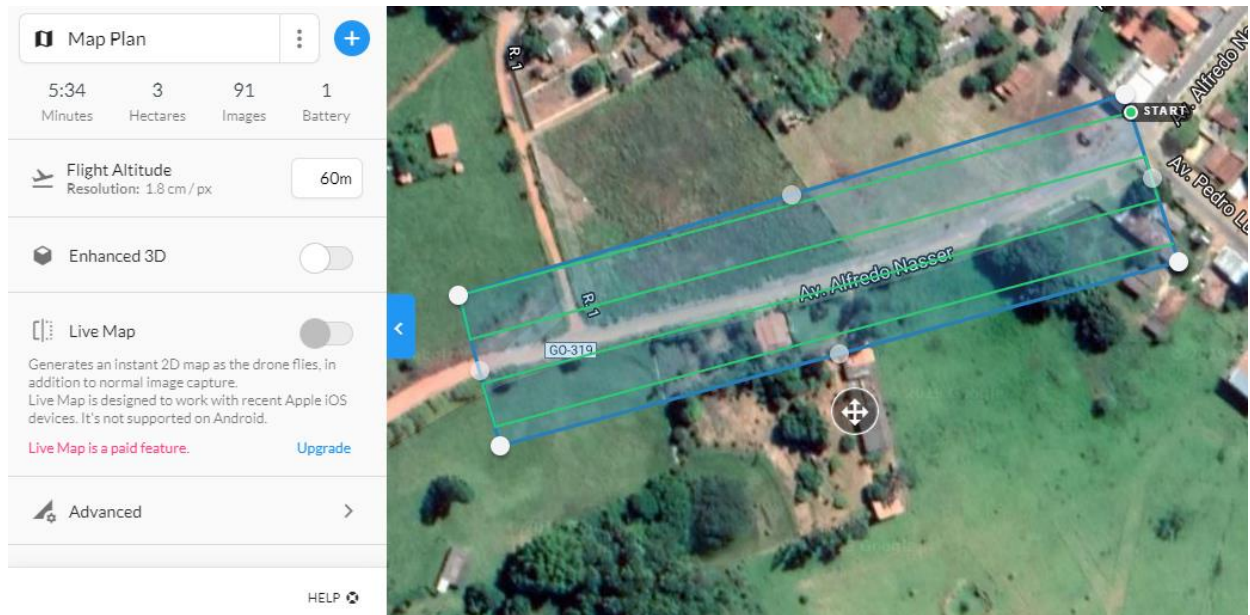


Figura 3. Planejamento com altura de voo de 60 metros.

Para o segundo voo, foi definido altura de 100 metros, que por conseguinte obteve-se um GSD/pixel de 3,0 centímetro com duração de 3 minutos e 25 segundos e obteve 23 fotos (Figura 4).

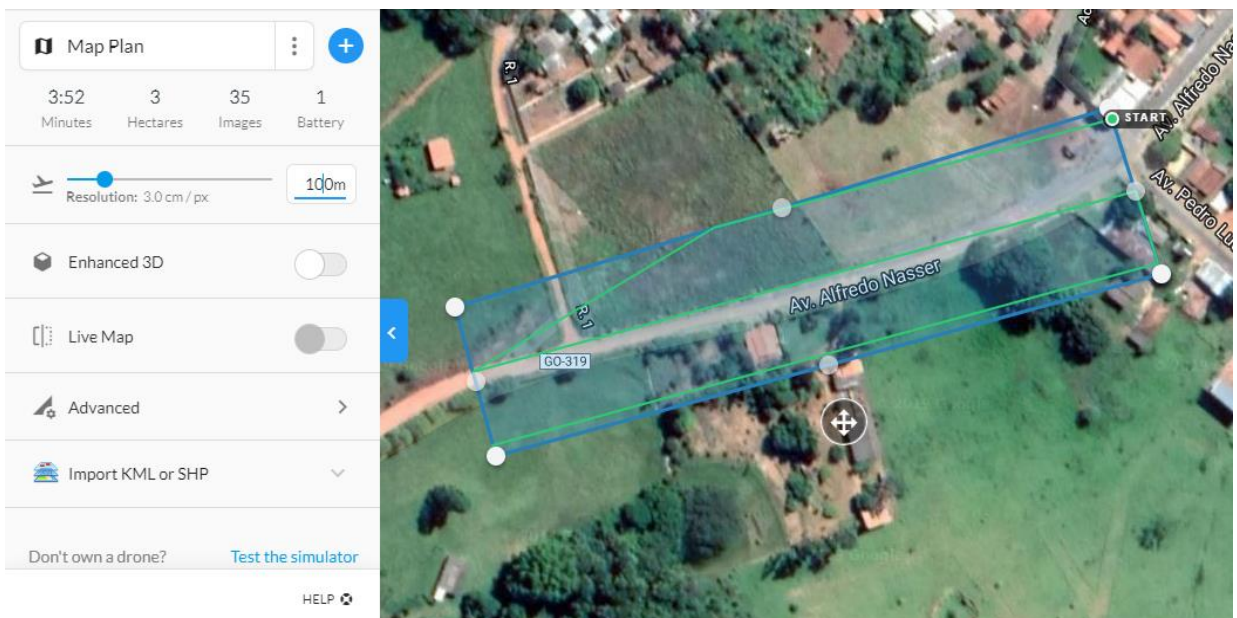


Figura 4. Planejamento com altura de voo de 100 metros.

2.3 Medição das Patologias

Além do mapeamento aéreo em duas alturas de voo diferente, foi catalogada as patologias com fita métrica e câmera fotográfica de mão, para posterior comparação com as medidas extraídas das imagens do drone. As patologias também foram mapeadas com a finalidade de verificar a eficácia do equipamento na identificação das inconformidades das vias.

2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente trabalho teve como objetivo averiguar a capacidade do drone *Phantom 4 Advanced* em detectar patologias de vias pavimentadas, o tipo e o tamanho delas. Para tanto, foram testadas duas alturas de voo e coletados manualmente as métricas das patologias.

Foi utilizado o programa de geoprocessamento, Qgis, para medição das patologias encontradas através do drone, nas alturas de 60 e 100 metros. Em campo, com o auxílio da trena, obteve-se as medidas das patologias, e após feito, foi realizado a comparação dos resultados.

Na Figura 5 retirada em campo, foi identificado uma patologia, buraco, com as seguintes medidas 0,70x0,85m.



Figura 5. Patologia Buraco. (Lat: 16°55'1"S; Long: 49°27'25"O)

No QGIS, para a altura de 60 metros encontrou-se as seguintes medidas 0,71x0,67m, e para 100 metros 0,65x0,65m, (Figura 6 e 7).

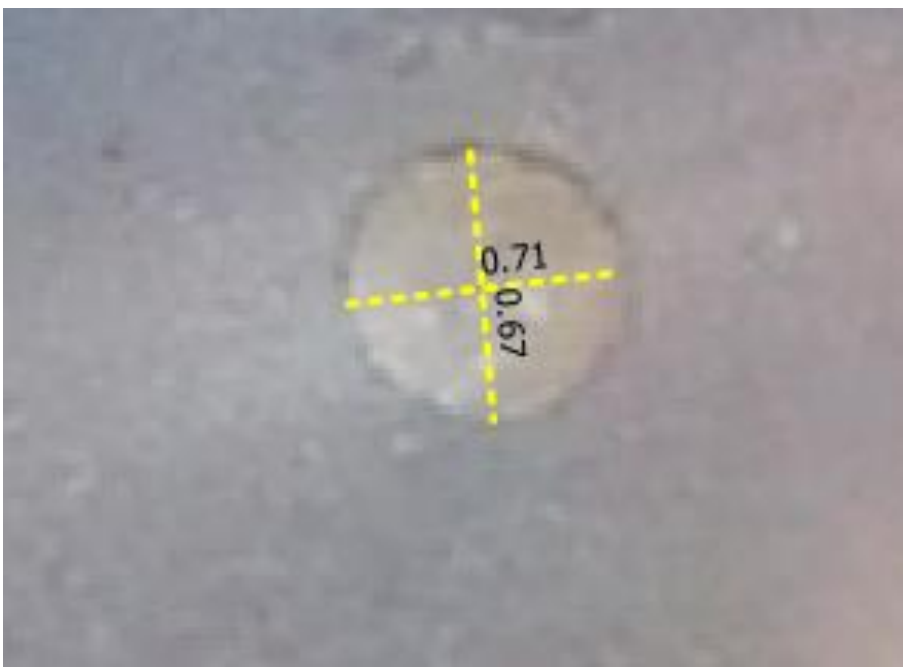


Figura 6. Identificação da patologia Buraco Pelo drone na altura 60 m.

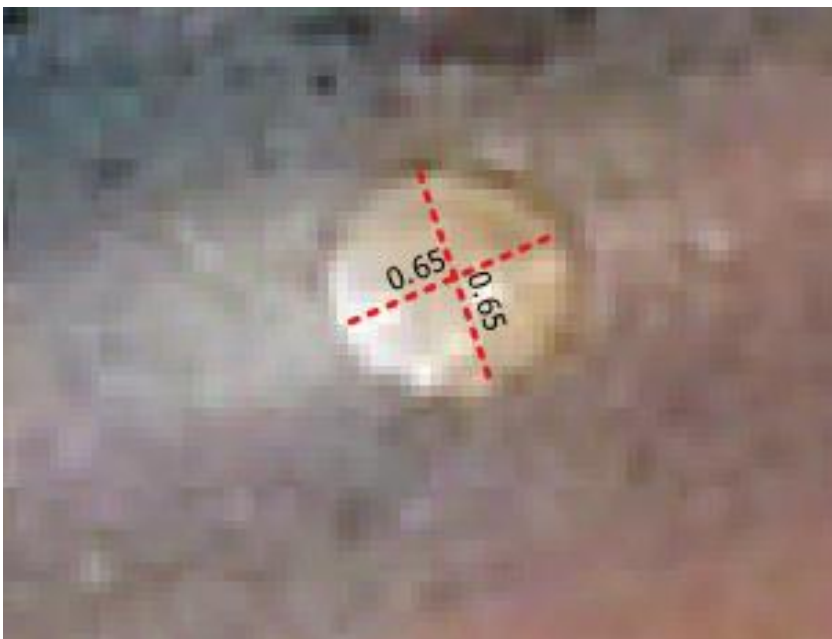


Figura 7. Identificação da patologia Buraco Pelo drone na altura 100 m.

Na Figura 8 detectou-se outra patologia, buraco, pelo método manual com auxílio da trena encontrou-se 1,50x0,95m. Já com as imagens do drone, nas alturas de 60 e 100 metros detectou-se 2,01x1,15m e 1,94x1,15m respectivamente (Figura 9 e 10).



Figura 8. Patologia Buraco.



Figura 9. Identificação da patologia buraco, 60 metros.



Figura 10. Identificação da patologia buraco, altura 100 metros.

Na Figura 11, apresenta outra patologia buraco ou panela, porém de menor em relação aos demais, e medida com a utilização da trena, com as seguintes dimensões 0,74x0,55m. Com o uso do drone, na altura de 60 e 100 metros, as medidas foram 0,53x0,69m e 0,53x0,63m respectivamente conforme as Figuras 12 e 13.



Figura 11. Patologia Buraco.



Figura 12. Identificação da patologia Buraco Pelo drone alturas 60 metros.

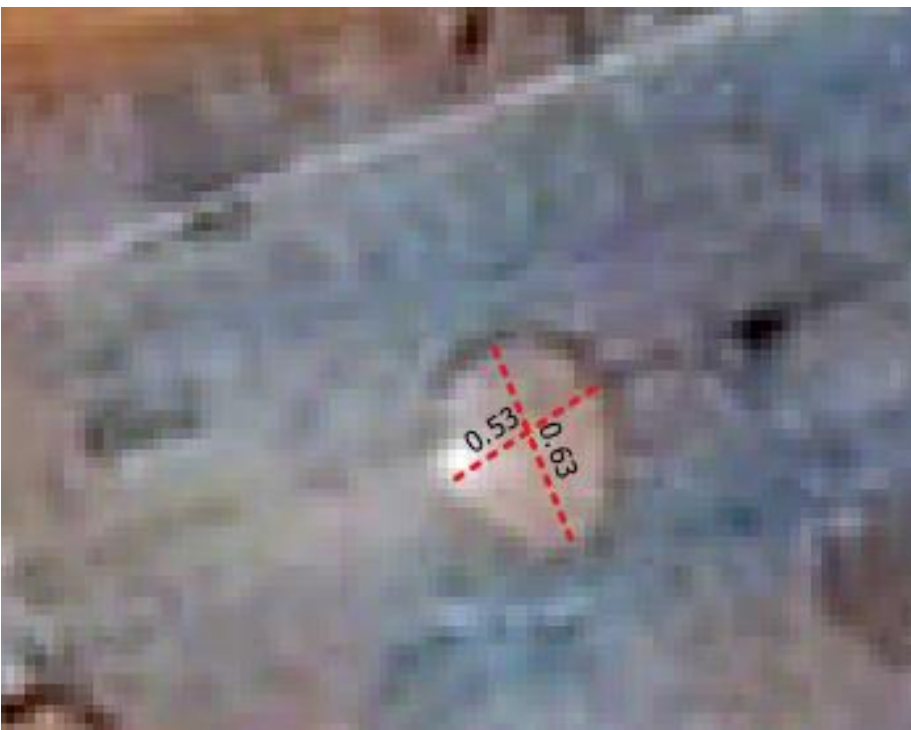


Figura 13. Identificação da patologia Buraco Pelo drone na altura 100 metros.

A patologia Remendo, identificada campo conforme a (Figura 14), foi detectada com maior precisão na altura de 60 metros do drone, permitindo assim extrair medidas na imagem (Figura 15 e 16).



Figura 14. Patologia Remendo.



Figura 15. Patologia Remendo – Altura do drone: 60 metros.



Figura 16. Patologia Remendo com a delimitação – Altura do drone: 60 metros.

Nessas imagens acima de 60 metros foram observadas as diferenças de nível do remendo com a pista, sendo possível visualizar as bordas das patologias e com isso delimitar e calcular as áreas. A se destacar que com essa possibilidade de identificar as bordas de um remendo, é provável que possa ser usado para fiscalizar serviços de manutenção já executados em uma via.

Nas imagens de 100 metros não foi possível afirmar com exatidão os limites do remendo e se há desnível em relação ao terreno (Figura 17).



Figura 17. Patologia Remendo – Altura do drone: 100 metros.

Outras duas patologias identificadas em campo, foi a fissura e a trinca como pode ser visto na Figura 18.



Figura 18. Patologia fissura e trinca.

Nas imagens aéreas foi observado mudança de tonalidade no ponto identificado como fissura e trincas em campo (Figura 18). Na imagem de 60 metros foi possível a visualização e por conseguinte a delimitação (Figura 19 e 20). Porém não foi possível afirmar correspondência com a foto de campo na imagem de 100 metros (Figura 21) (Tabela 1).



Figura 19. Patologia fissura e trinca na altura de 60 m.

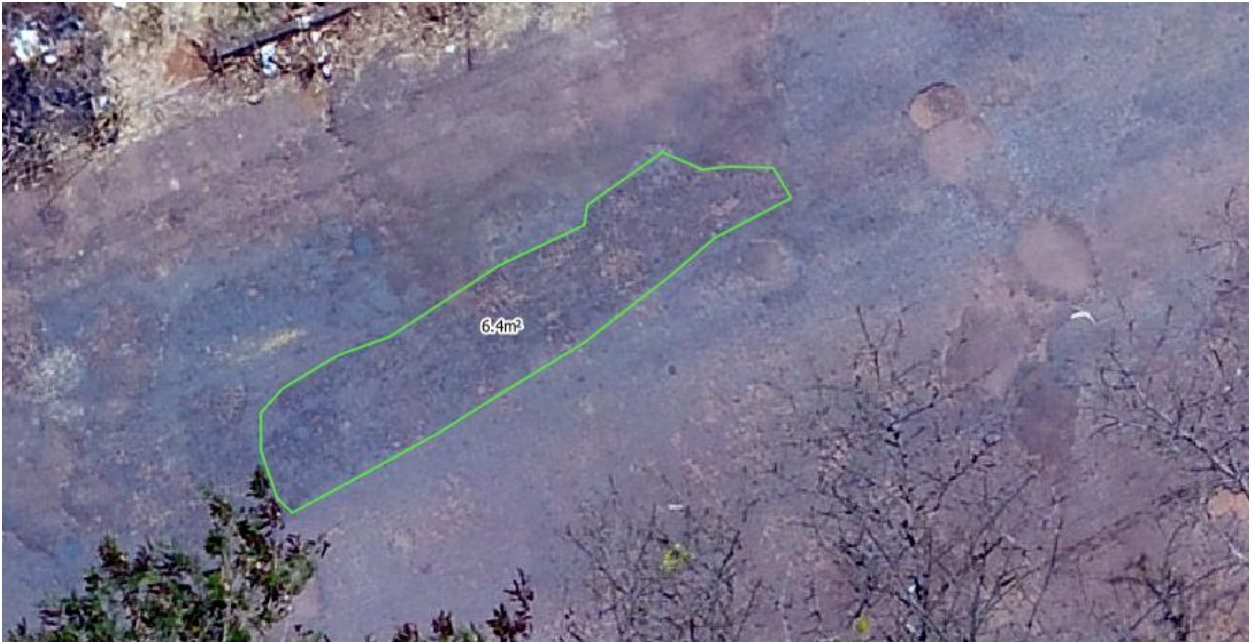


Figura 20. Patologia fissura e trinca delimitada na altura de 60 m.



Figura 21. Patologia fissura e trinca na altura de 100 m.

Tabela 1. Patologia encontrada pelo Vant.

Patologia Encontradas Pelo Vant				
Patologia	Figura	Trena	Drone - 60 m	Drone - 100m
Buraco	Figura 5	0,70x0,85m	0,71x0,67m	0,65x0,65m
	Figura 8	1,50x0,95m	2,01x1,15m	1,94x1,15m
	Figura 11	0,74x0,55m	0,53x0,69m	0,53x0,63m
Remendo	Figura 14	2.03m ²	1,48m ²	não encontrada
Fissuras	Figura 18	não encontrada	visualizada	não encontrada

3 CONCLUSÃO

As imagens obtidas com o drone *Phantom 4 Advanced*, permitiram identificar as patologias de uma rodovia na altura de 60 metros como na de 100 metros.

Foram verificadas pequenas divergências com as medidas coletadas em campo com as delimitadas no Qgis, porém na casa dos centímetros, não trazendo prejuízos ou informações falsas e discrepantes, na avaliação de uma via pavimentada.

Apesar das trincas e fissuras serem identificáveis nas imagens aéreas, com o visual de rugosidade, foram as que tiveram mais incertezas nas comparações em pontos homólogos com o terreno, principalmente na imagem de 100 metros.

As imagens de 100 metros de altura identificaram com perfeição os buracos, principal patologia em rodovias, comumente chamadas de panelas, isso traz uma vantagem pois consegue-se abranger nessa altura uma área superior com a de 60 metros, sendo mais eficiente quando olha-se os custos e benefícios.

Os avanços tecnológicos têm atingido e melhorado diversas áreas. O drone, que se enquadra em uma geotecnologia, tem especial presença nesse progresso tecnológico visto nos últimos anos. Dentre as variadas aplicações e soluções que o drone pode trazer, a construção civil pode se beneficiar com essa tecnologia de baixo custo e operação, como pode ser visto neste trabalho.

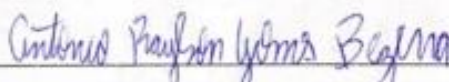
DECLARAÇÃO E AUTORIZAÇÃO

Eu, ANTONIO RAYLSON GOMES BEZERRA, portador (a) da Carteira de Identidade nº 5788389, emitida pelo SSPGO, inscrito (a) no CPF sob nº 755.782.041-04, residente e domiciliado(a) na rua: RUA MARLENE DE PAULA, setor JARDIM FLORITA, na cidade de ABADIA DE GOIAS, estado de GOIAS, telefone fixo () e telefone celular fixo (62) 9 9568-2380 e-mail: raylsongomes@gmail.com, declaro, para os devidos fins e sob pena da lei, que o Trabalho de Conclusão de Curso: UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO PARA IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIA NA GO-319, é uma produção de minha exclusiva autoria e que assumo, portanto, total responsabilidade por seu conteúdo.

Declaro que tenho conhecimento da legislação de Direito Autoral, bem como da obrigatoriedade da autenticidade desta produção científica. Autorizo sua divulgação e publicação, sujeitando-me ao ônus advindo de inverdades ou plágio e uso inadequado de trabalhos de outros autores. Nestes termos, declaro-me ciente que responderei administrativa, civil e penalmente nos termos da Lei 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, que altera e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

Pelo presente instrumento autorizo o Centro Universitário de Goiás, UniANHANGUERA a disponibilizar o texto integral deste trabalho tanto na biblioteca, quanto em publicações impressas, eletrônicas/digitais e pela internet. Declaro ainda, que a presente produção é de minha autoria, responsabilizo-me, portanto, pela originalidade e pela revisão do texto, concedendo ao Uni-ANHNAGUERA plenos direitos para escolha do editor, meios de publicação, meios de reprodução, meios de divulgação, tiragem, formato, enfim, tudo o que for necessário para que a publicação seja efetivada.

Goiânia 13 de Dezembro de 2019


ANTONIO RAYLSON GOMES BEZERRA

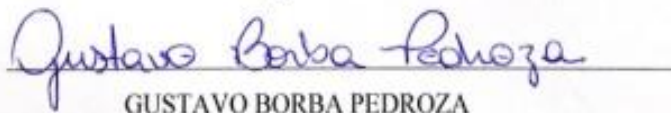
DECLARAÇÃO E AUTORIZAÇÃO

Eu, GUSTAVO BORBA PEDROZA, portador (a) da Carteira de Identidade nº5614164, emitida pelo SSPGO, inscrito (a) no CPF sob nº040.717.011-10, residente e domiciliado(a) na rua: RUA LUIS PEREIRA Q. 77, L. 06, setor MORADA NOVA, na cidade de GOIÂNIA GOIÁS, estado de GOIÁS, telefone fixo () e telefone celular fixo (62) 9 8503-2988 e-mail:g-borba@hotmail.com, declaro, para os devidos fins e sob pena da lei, que o Trabalho de Conclusão de Curso: UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO PARA IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIA NA GO-319, é uma produção de minha exclusiva autoria e que assumo, portanto, total responsabilidade por seu conteúdo.

Declaro que tenho conhecimento da legislação de Direito Autoral, bem como da obrigatoriedade da autenticidade desta produção científica. Autorizo sua divulgação e publicação, sujeitando-me ao ônus advindo de inverdades ou plágio e uso inadequado de trabalhos de outros autores. Nestes termos, declaro-me ciente que responderei administrativa, civil e penalmente nos termos da Lei 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, que altera e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

Pelo presente instrumento autorizo o Centro Universitário de Goiás, UniANHANGUERA a disponibilizar o texto integral deste trabalho tanto na biblioteca, quanto em publicações impressas, eletrônicas/digitais e pela internet. Declaro ainda, que a presente produção é de minha autoria, responsabilizo-me, portanto, pela originalidade e pela revisão do texto, concedendo ao Uni-ANHNAGUERA plenos direitos para escolha do editor, meios de publicação, meios de reprodução, meios de divulgação, tiragem, formato, enfim, tudo o que for necessário para que a publicação seja efetivada.

Goiânia 13 de dezembro de 20 19


GUSTAVO BORBA PEDROZA

REFERÊNCIAS

BALBO, J. T. **Construção e Pavimentação**. São Paulo/SP, USP – Curso de Engenharia Civil, Notas de aula, Jun/2017, p.21.

BARIANI, L. B. **Pavimentação Asfáltica**. Rio de Janeiro/RJ, <<http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2018/03/Cap-1-Introdu%C3%A7%C3%A3o.pdf>> Acesso em: 27 de maio de 2019.

BARROS, E. R. O, **As Potencialidades E Limitações Do Uso Do Vant No Monitoramento De Faixas De Domínio De Rodovias Federais- UFPE**. Recife/PE <http://www.cartografia.org.br/cbc/2017/trabalhos/5/fullpaper/CT05-49_1506742931.pdf>. acesso em 10 de março de 2019.

DNIT, **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia**, Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/terminologia-ter/dnit005_2003_ter.pdf> acesso em 05 de junho de 2019.

VIEIRA, S. A. **Análise Comparativa de Metodologias de Avaliação de Pavimentos Através do IGG e PCI**. Fortaleza/CE <<http://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/799/776>> acesso em 20 de abril de 2019.