

# **INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS POLICIAIS E SEGURANÇA INTERNA**



## **UTILIZAÇÃO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS NO REGISTO E INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES DE VIAÇÃO: VIABILIDADE E IMPLICAÇÕES**

**João Paulo Ramada Martins  
Comissário**

**Trabalho Individual Final  
3.º Curso de Comando e Direção Policial**

**Lisboa, 12 de Julho de 2019**



## RESUMO

O uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT, vulgarmente denominados por *drones*), de baixo peso e de pequenas dimensões, apresenta-se com grande potencial para substituir, na grande maioria das situações, as metodologias atualmente utilizadas pelas forças de segurança no registo e investigação dos acidentes de viação.

O presente artigo tem como objetivo compilar os resultados dos vários estudos já efetuados sobre a utilização de VANT no registo e na investigação de acidentes de viação, evidenciando o projeto-piloto que está a ser desenvolvido pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), em parceria com a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR), e que visa a Simplificação de Levantamento de Informação de Acidentes de Viação (SLIAV).

A maior parte desta nova metodologia é automatizada, permitindo a preservação da informação do acidente de viação para situações futuras de análise, nomeadamente, para resolução de litígios (e.g. Companhias de Seguros, Tribunais), com implicações muito positivas nos resultados finais. Trata-se, sem dúvida, de uma metodologia inovadora cujo uso permitirá, de forma mais rápida, rigorosa e segura, reconstituir e documentar o acidente, reduzindo, assim, a intervenção humana e os erros que lhe estão associados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Acidentes de Viação, Polícia, Investigação de Acidentes, *Drone*.

## ABSTRACT

The use of unmanned aerial vehicles (UAVs, commonly called drones), with low weight and small dimensions, has great potential to replace, in many situations, the methodologies currently used by security forces in the registry and investigation of road accidents.

The present article aims at compiling the results of the various studies performed using UAVs in the registry and investigation of road accidents, emphasizing the pilot project being developed by the University of Trás-os-Montes and Alto Douro (UTAD), in partnership with the National Road Safety Authority (ANSR), which aims to simplify the Road Accident Information Survey (SLIAV).

The largest part of this new methodology is automated, allowing the preservation of the traffic accident data to be used later for future analysis, namely for litigation resolution (e.g. Insurance Companies, Court), with positive implications in the final results. This is undoubtedly an innovative methodology, the use of which will allow for a faster, more rigorous and safer way to reconstruct and document the accident, thus reducing human intervention and the associated errors.

**KEY-WORDS:** Road Traffic Accidents, Police, Accident Investigation, *Drone*.

## 1. INTRODUÇÃO

Todos os dias circulam milhões de veículos nas estradas, possibilitando a mobilidade de pessoas e de bens. Quaisquer cidadãos, enquanto utilizadores da via pública - peões, condutores ou passageiros - podem, eventualmente, vir a sofrer acidentes. As consequências económicas, resultantes dos acidentes de viação, podem ser muito elevadas (Wijnen & Stipdonk, 2016). No entanto, as consequências físicas e psicológicas podem assumir contornos, em muitos dos casos, irreversíveis.

A investigação de acidentes de viação é um tema contemporâneo e em elevado desenvolvimento, havendo, atualmente, cada vez mais entidades públicas e privadas a investir no sentido de perceber quais as causas que envolvem o acidente (Rolison *et al.*, 2018; Rune & Vaa, 2009), desenvolvendo novas técnicas e metodologias para a sua reconstituição (Aguiar, 2016). Para além de contribuir para o apuramento da responsabilidade criminal e/ou civil (Vieira, 2014), a investigação de acidentes de viação permite, também, compreender as suas causas, possibilitando a adoção de medidas de prevenção rodoviária (Pereira, 2012).

Em Portugal, a sinistralidade rodoviária é um tema atual e preocupante, pois trata-se de um dos países da Europa com mais vítimas na sequência de acidentes de viação (Plano Estratégico Nacional de Segurança Rodoviária - PENSE 2020<sup>1</sup>).

As forças de segurança portuguesas - Polícia de Segurança Pública (PSP) e Guarda Nacional Republicana (GNR) - são as responsáveis pelo registo e pela investigação dos acidentes de viação. Esta tarefa não é, contudo, simples, pois para além da recolha das informações, os agentes de autoridade terão de garantir que a área do acidente está devidamente sinalizada, assegurar a circulação do tráfego por vias alternativas e a sua reposição tão breve quanto possível.

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), também designados por *drones*, começaram por ser desenvolvidos para fins militares, nomeadamente com propósitos belicistas e de vigilância/espionagem (DeGarmo, 2004; Keegler, 2004). Com o avançar dos anos, estes dispositivos assumiram uma importância crescente e passaram a ser utilizados pela população para muitos outros fins, como, por exemplo, para a captação de imagens (Ambrosia *et al.*, 2011; Herwitz *et al.*; 2004; Topolšek, Herbaj & Sternad, 2014; Watts, Ambrosia & Hinkley, 2012). Os VANT são soluções muito práticas e eficientes e as

---

<sup>1</sup> Aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 85/2017, de 19 de Junho.

próprias forças policiais já têm recorrido a este tipo de tecnologia, em particular no controlo de multidões em manifestações e em espetáculos desportivos (Elistair, 2019; Morgado & Alfaro, 2017; Sandvik, 2016; Sousa, 2015).

Assim, também faz todo o sentido pensar na utilização de *drones* para a recolha de informações no local de acidentes de viação, pois poderão tornar essa operação consideravelmente mais rápida e menos sujeita a erros (Castro, 2017; Sousa, 2017).

A Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), em parceria com a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR), está a desenvolver um projeto-piloto que visa a Simplificação de Levantamento de Informação de Acidentes de Viação (SLIAV), com recurso aos VANT multirrotores de pequena dimensão e de baixo peso. O autor deste trabalho tem sido o representante da PSP neste projeto e tem, desde o início, acompanhado os seus progressos.

Após efetuar uma pesquisa bibliográfica, constata-se que, em Portugal, ainda não existe muita abordagem a esta temática, à exceção do projeto que está a ser desenvolvido e testado por investigadores da UTAD. Com este artigo pretende-se fazer uma revisão dos vários estudos, de fundamental importância para analisar e aferir o estado da arte, acerca da utilização de VANT no registo e na investigação de acidentes de viação.

Para atingir o objetivo referido, formulou-se a seguinte questão central:

**“O que se sabe hoje sobre a utilização de VANT no registo e investigação de acidentes de viação e quais as suas vantagens?”.**

A pertinência do tema reside em evidenciar uma solução tecnológica inovadora que possa ser utilizada para desenvolver e implementar novos métodos, capazes de substituir (ou pelo menos complementar) os atualmente em uso no registo, e na investigação/reconstituição de acidentes de viação por parte das forças de segurança, salientando as principais limitações das metodologias presentemente utilizadas e, consequentemente, os benefícios da utilização de VANT.

Este artigo está dividido em três partes. Na primeira parte, apresenta-se, de forma breve, a história do desenvolvimento dos *drones*. A segunda parte será dedicada, especificamente, à descrição do método atual e dos benefícios potenciais da utilização dos VANT, pelas forças de segurança, no registo e na investigação de acidentes de viação. No final, apresenta-se uma conclusão que, para além de sintetizar este trabalho, pretende, ainda, deixar alguns contributos de reflexão sobre as perspetivas de futuro e os principais desafios.

## 2. O ESTADO DA ARTE

Os VANT<sup>2</sup> são aeronaves que podem ser pilotadas remotamente, através de dispositivos eletrónicos, ou programadas para operarem autonomamente. A primeira aeronave remotamente pilotada foi construída no ano de 1920 e teve por nome “*The Sperry Messenger*” (Sousa, 2017). Nas décadas de 80 e 90 do século XX, o desenvolvimento dos VANT deu-se essencialmente com propósitos militares (DeGarmo, 2004; Keegler, 2004), mas o seu uso comercial está em expansão (Abeyratne & Khan, 2013) e a ficar mais acessível a entidades civis, académicas e instituições (Eisenbeiß, 2011; Göktoğan & Sukkarieh, 2009). Os VANT dividem-se em várias categorias, com base no seu tamanho, podendo, no entanto, haver outras classificações que se baseiem no peso, na altitude e na velocidade de voo, entre outros (Alfaro, 2015; Austin, 2010; Nex & Remondino, 2014; Polski, 2004; Sousa, 2017; Zhang & Kovacs, 2012).

Fazemos apenas uma referência aos VANT de asa fixa que, pela sua capacidade para realizarem voos até vários quilómetros do ponto de lançamento, podem cobrir longas áreas e voar a alturas mais altas do espaço aéreo (Eisenbeiß, 2011). No entanto, são lançados à mão ou, por vezes, recorrem a equipamento para a descolagem e aterragem.

Já os VANT de asas rotativas ou multirrotores, em particular os modelos de quatro motores, também conhecidos por quadricópteros, diferenciam-se por ter grande flexibilidade de operação, pois permitem descolar e aterrar na vertical. Normalmente, são utilizados a baixas alturas (centenas de metros) e dispõem de capacidade para pairar no ar (Keegler, 2004).

O uso de *drones* para aplicações civis teve um desenvolvimento exponencial e as possibilidades de negócios são cada vez mais exequíveis (Kallas, 2014). A utilização de aeronaves civis não tripuladas (pilotadas remotamente) é hoje uma realidade irrefutável, seja em atividades de recreio, desportivas, de competição, de interesse público ou em atividades de natureza comercial (Castro & Pritchett, 2005; Pádua et al., 2017).

O sistema VANT é composto por um conjunto de subsistemas que, combinados, formam Sistemas aéreos não-tripulados com várias capacidades, sendo que cada subsistema tem uma função específica e é necessária na constituição do produto final. Do ponto de vista tecnológico, os Sistemas aéreos não-tripulados podem dividir-se em três sistemas principais: (1) a plataforma, ou seja, a aeronave; (2) a estação de controlo no solo

---

<sup>2</sup> Outros termos são usados, como por exemplo: UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*); UAS (*Unmanned Aircraft System*); RPAS (*Remotely Piloted Aerial Systems*).

(*Ground Control Station* – GCS); e (3) os sensores, vulgarmente designados por *payload* (Battipede, Vazzola & Gili, 2009). A plataforma aérea está equipada com um determinado sensor, normalmente uma câmara a operar na região do visível (sensor ótico), utilizado pelo VANT para recolher imagens, e com um recetor *Global Navigation Satellite System* (GNSS) para orientar as operações de voo e para fornecer informação geográfica para cada imagem adquirida.

Um VANT de baixo peso e de pequenas dimensões poderá operar em modo totalmente automático ou em modo manual, dependendo do enquadramento da área a sobrevoar. Estas unidades não necessitam de infraestruturas de suporte (Ladd & Bland, 2009), pois são fáceis de transportar e não representam despesas de manutenção elevadas. Devido às suas características como o baixo custo, alta manobrabilidade e fácil manutenção (Cai, Dias & Seneviratne, 2014), os pequenos VANT são considerados muito atrativos.

Estes sistemas desprovidos de tripulações podem ser comandados remotamente, efetuam cada vez mais atividades e, em particular, são usados em aplicações civis para a segurança pública (Daniel & Wietfeld, 2011; Jung, Ratti & Tsiotras, 2009). O baixo custo dos *drones*, quando comparados com operações que recorrem a helicópteros tripulados, representa, indiscutivelmente, uma grande vantagem para apoiar ações policiais (Alfaro, 2015; Austin, 2010; Castro, 2017; Constantinescu & Nedelcut, 2011; Longhitano, 2010; Sousa, 2015; Sousa, 2017; Wheeler, 2013), como por exemplo, no patrulhamento, permitindo detetar diretamente a partir do ar, crimes de rua, furtos e roubos, e monitorizar o trânsito e as ações das forças especiais (Constantinescu & Nedelcut, 2011; Wheeler, 2013), mais concretamente as resultantes de Incidentes Tático-Policiais (Wallace, 2012). Os *drones* têm elevada capacidade para apoio à decisão dos Comandantes e potenciam a ação de comando e a eficiência da manobra (Rabaça, 2014; Remondino *et al.*, 2011).

Rapidamente, e sem colocar vidas em risco, os VANT permitem uma atuação discreta e a reduzido custo, podendo ser feito o reconhecimento do terreno, facilitando a preparação da intervenção policial (Alfaro, 2015). Mesmo após o início da intervenção, os *drones* continuam a poder ser usados na supervisão da operação, transmitindo aos policias e em tempo real, os perigos eventuais e/ou as alterações que vão ocorrendo (Constantinescu & Nedelcut, 2011). Em situações de desordem pública, a presença dos VANT terá um efeito dissuasor, pois será suficiente para avisar os envolvidos que os seus movimentos estão a ser monitorizados/vigiados (Stelmack, 2015; Wallace, 2012). Os *drones* poderão, ainda, ser utilizados para detetar agentes químicos e/ou biológicos

(Keegler, 2004; Wallace, 2012) ou em missões de deteção e desmantelamento de explosivos o que, pelo baixo custo de algumas soluções atuais, permite descartá-las no final da missão, se houver essa necessidade (Maynell, 2007, citado em Alfaro, 2015). Perante intervenções de elevado risco, a utilização dos VANT evita o uso de agentes policiais (Austin, 2010).

Por fim, mas não menos importante, as gravações efetuadas pelos VANT poderão ser usadas para resolução de litígios e como elemento de prova em tribunal (Cavoukian, 2012; Constantinescu & Nedelcut, 2011). Atualmente, não existe uma legislação específica no que se refere à recolha, ao registo e ao uso de imagens obtidas com *drones*, por parte das forças e serviços de segurança (FSS). A utilização de câmaras de vídeo acopladas aos VANT é uma problemática sensível à luz da legislação nacional, uma vez que estão em causa leis gerais relativas à proteção de dados (Sousa, 2015). No entanto, o Regulamento n.º 1093/2016, da Autoridade Nacional da Aviação Civil (ANAC), que aprova as condições de operação aplicáveis à utilização do espaço aéreo pelos sistemas de aeronaves civis pilotadas remotamente (*“Drones”*) refere na alínea *a*) do ponto 3 do Artigo 1.º, que *“Exclui-se do âmbito do presente Regulamento a operação de sistemas de aeronaves civis pilotadas remotamente consideradas aeronaves de Estado”*. A Lei n.º 9/2012, de 23 de fevereiro, que altera e republica a Lei n.º 1/2005, de 10 de janeiro, *“regula a utilização de câmaras de vídeo pelas forças e serviços de segurança em locais públicos de utilização comum, para captação de imagens de som e seu posterior tratamento”*. Apesar de continuar a não existir legislação relativamente à utilização específica de *drones*, a regulamentação promove a utilização dos registos vídeo para efeitos de prova em processo penal ou contra-ordenacional, nos termos do Decreto-lei n.º 207/2005, de 29 de Novembro. A nível internacional, a situação legislativa relativamente à utilização de VANT é apresentada por Cracknell (2017).

De referir que os VANT apresentam algumas limitações, quando sujeitos à turbulência do ar, às condições climatéricas e também por não estarem equipados com sistemas de comunicação de tráfego aéreo e sistema anti-colisão (Eisenbeiß, 2009; Roberto, 2013). A pouca potência dos motores limita o alcance de altitudes mais elevadas (Roberto, 2013) e a reduzida durabilidade da bateria afeta o desempenho da missão, a qual poderia ser mitigada pela utilização de painéis solares para os VANT (Smith & Rajendran, 2014).

### 3. VANT NO REGISTO E INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES DE VIAÇÃO

#### 3.1. Metodologia atual: A recolha de informação no local de acidente

A tarefa de recolha de dados e de indícios de acidentes de viação é realizada pelas forças de segurança (PSP e GNR), geralmente, com recurso a fita métrica e rodas medidoras. Este processo requer o equilíbrio entre dois requisitos fundamentais, mas concorrentes: a recolha de informação, processo minucioso e moroso; e a necessidade de reabrir e repor, o mais rapidamente possível, o tráfego rodoviário naquela via. Grande parte dos acidentes de viação obriga à interrupção de uma ou mais vias. Por conseguinte, qualquer otimização do processo de recolha de informação no local do acidente, que traga melhorias em termos de tempo despendido, tem consequências diretas no período em que as artérias estarão encerradas e traz grandes vantagens económicas, se considerarmos as horas de trabalho poupadas por todos os afetados (automobilistas/trabalhadores, distribuição, serviços, etc.).



**Figura I: Método tradicional de recolha de informação no local do acidente.**

Em alguns países, utiliza-se o teodolito, aparelho que serve para medir ângulos verticais e horizontais (Castro, 2017) e a recolha é seguida, ou complementada, por medições com estação total, recetores GNSS, ou laser scanning 3D (Pix4D, 2014). Estudos realizados (Ehigiator & Ehigiator, 2012; Pagounis *et al.*, 2006; Poole & Venter, 2000; Voitel & Terpstra, 2016) demonstram que essas técnicas implicam a utilização de equipamento dispendioso e conhecimentos prévios exigidos, por exemplo de topografia.

A estação total concilia as funções de um teodolito elétrico digital com as de um distanciômetro, que é um dispositivo para medir distâncias inclinadas. Para além da medição dos ângulos e das distâncias inclinadas, a estação total possibilita também medir elevações remotas e distâncias entre pontos remotos. Para medir a distância entre estes pontos, a estação total requer que estejam no campo de visão do instrumento. Esta limitação pode ser ultrapassada com a integração do GPS (*Global Positioning System*) no mesmo (Kavanagh & Mastin, 2013).

Relativamente ao GPS, referir que pode ser útil para a investigação e reconstituição de acidentes, uma vez que se o GPS do automóvel estiver a ser usado quando o acidente aconteceu, as informações sobre a velocidade e posição do veículo ficam guardadas e podem ser utilizadas na reconstituição de acidentes (Bortles *et al.*, 2017; Bortolin, Hrycay & Golden, 2012). No mesmo sentido, não esquecer o *software* da *Google Earth Pro* (Harrington *et al.*, 2017).

Já o laser scanner 3D é um sistema remoto computadorizado que mede uma área ou um objecto na resolução que se pretender, oferecendo levantamentos tridimensionais precisos, detalhados e confiáveis. O scanner é, normalmente, composto por um sistema que inclui o laser para fazer o scan e o *software* para fazer a análise da área varrida (Forman & Parry, 2001).

As ferramentas usadas no método tradicional, para além de limitadas - permitem, apenas, algumas medições - conduzem a erros, uma vez que dependem muito da perícia e do esforço do agente policial, mas também das condições com que estes se deparam no local (intensidade de tráfego, nível hierárquico da via, localização do sinistro na faixa de rodagem, condições climatéricas e de luminosidade, etc.) e da complexidade do cenário encontrado, sendo necessário recolher um conjunto elevado de informações, destacando-se, entre outros, a largura do veículo, os sinais de trânsito, a distância da roda da frente e de trás, do mesmo lado, aos pontos de referência (usando o método da triangulação), a distância da roda da frente e de trás a cada uma das linhas de referência (usando método das coordenadas), distâncias do(s) ponto(s) de impacto aos pontos de referência, a largura das faixas de rodagem e os rastros de travagem e/ou derrapagem (Gomes, 2010). Todas estas medições devem ser realizadas a partir de referências específicas, o que nem sempre é possível, pois, por vezes, algumas marcas/indícios tornam-se pouco visíveis ou desaparecem. A Figura I apresenta um exemplo do método atual de recolha de dados num cenário simulado de acidente de viação.

Sempre que aconteça um acidente de viação que resulte em vítimas mortais ou dano pessoal é necessário fazer a sua reconstituição. A imagem do local de acidente deve, portanto, ser a mais completa possível e conter pormenores dos vestígios, da via, das vítimas e dos veículos, bem como da envolvente do local, para que possam ser interpretados de forma inequívoca pelos agentes que administram a justiça (e.g. Tribunais) e terceiros interessados (e.g. Companhias de Seguros). Atualmente, as informações recolhidas são compiladas num único documento, a Participação do Acidente de Viação (PAV).

Recentemente, a Inspeção Geral da Administração Interna (IGAI) recomendou às forças de segurança<sup>3</sup> que, nos casos em que tomem conta de ocorrências relacionadas com acidentes de viação, efetuem reportagem fotográfica, para poderem instruir, de forma mais transparente, os autos e as PAV. O registo fotográfico do acidente consiste na recolha de uma série de fotografias que devem ser tiradas de modo a registar o máximo de informação possível. Neste sentido, os agentes devem adquirir fotografias de vários pontos diferentes. Estas devem incluir, fundamentalmente, panorâmicas do local do acidente, que registem as vias de sentido da marcha dos intervenientes e sentidos opostos; sinalização existente; posição final de veículos e pessoas; o ponto de impacto, entre outras (Kerkhoff, 1985).

O esboço do acidente, denominado por *croqui*, é elaborado manualmente pelo agente policial e é parte integrante da PAV. Este pretende ser uma representação, o mais fiel possível, do cenário do acidente, contendo informações relevantes, como as medidas das marcas de travagem, a orientação e as posições finais dos veículos e dos peões, as características da via e a sinalização horizontal e vertical (Gomes, 2010). Dependendo da forma de como as medições forem tiradas e da forma como foi desenhado o *croqui*, este pode ser uma boa, ou por vezes uma má, representação da realidade, pois, por se tratar de um processo baseado na ação humana, ocorrem recolhas de informações incompletas e erróneas, levando a uma representação do cenário do acidente confusa, incoerente e imprecisa, o que constitui, logo à partida, uma limitação da investigação. Além disso, os polícias que irão ser responsáveis pela investigação, elementos pertencentes às Brigadas de Investigação de Acidentes de Viação (BIAV), não são os mesmos que elaboraram a PAV, sendo o *croqui* a única representação que têm sobre o sinistro.

É, por isso, de importância vital que novas metodologias sejam exploradas com vista a complementar, ou mesmo a substituir a metodologia atual, assegurando que com

---

<sup>3</sup> Recomendação IG-1/2016 e Recomendação IG-1/2019, de 16/01/2019.

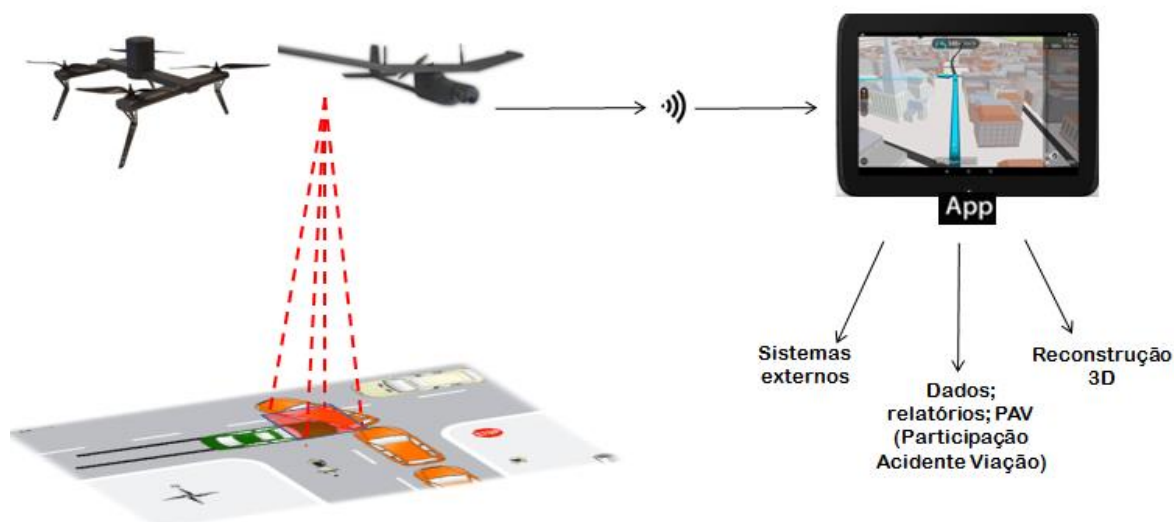
apenas uma imagem da área do acidente, se melhore os critérios de precisão, de velocidade de execução e de máxima segurança.

### 3.2. A utilização de *drones* na recolha de informação no local de acidente

A obtenção de informação no local do acidente, suportada na utilização de *drones*, permitirá a reconstituição e a medição de acidentes de viação, de forma mais rápida, rigorosa e segura, sendo integrada numa aplicação informática capaz de gerar modelos tridimensionais do acidente e da área envolvente, permitindo, assim, realizar medições precisas. Acresce, ainda, que a qualquer momento, poderão ser confirmadas e realizadas novas medições, sendo que nos métodos tradicionais isso já não será possível, pois, a partir do momento em que o acidente é declarado resolvido, as viaturas são retiradas do local e quaisquer evidências serão perdidas. A aplicação de métodos analíticos e computacionais, associados ao rigoroso levantamento de dados, oferece ao investigador a possibilidade de reconstituir um acidente de viação, com resultados finais cada vez mais próximos da realidade (Aguiar, 2016). Aos *drones* também pode ser acoplado um laser para mapear a área automaticamente em 3D (Kaul, Zlot & Bosse, 2016).

Estão já a ser testados em vários projetos e em diferentes países, o recurso à utilização de VANT para a reconstituição e para a análise de acidentes rodoviários (Analist Group., 2019; Bullock, Hainje & Habib, 2019; Dilich, & Goebelbecker, 1996; Liu, Bai & Zhan, 2017; Liu *et al.*, 2017; Pérez *et al.*, 2019; SenseFly, 2015; Stáňa *et al.*, 2017; Stevens Jr., & Blackstock, 2017; Su *et al.*, 2016; Topolšek *et al.*, 2014).

Em Portugal, o projeto SLIAV, desenvolvido pela UTAD, tem como objetivo a substituição do atual método tradicional de recolha de dados, método essencialmente manual, pelo recurso aos VANT multirrotores de pequena dimensão e de baixo peso (Figura II). Com o SLIAV pretende-se: melhorar a qualidade/fiabilidade dos dados obtidos; reduzir o tempo de recolha das provas materiais no local do acidente; reduzir o tempo de interdição de circulação nas vias afectadas; reduzir o número de recursos humanos empregues neste tipo de missões e facilitar a integração e uniformização de dados. Trata-se de uma solução completa, concebida para extrair, através de deteção remota, informação do local do acidente.



**Figura II: Modelo tecnológico de VANT na recolha de informação no local do acidente.**

Esta possibilidade foi já evidenciada no âmbito de um trabalho científico apresentado na UTAD (Sousa, 2017), onde são apresentados os principais resultados que suportaram a validação do conceito, em vários ambientes (envolvente e condições de iluminação). A metodologia proposta é, na sua maior parte, totalmente automatizada, reduzindo, por isso, a intervenção humana e os erros que lhe estão associados. O protocolo para a sua utilização pode ser apresentado de forma simples (Sousa, 2017):

1. Preparação do *drone* e aquisição das imagens da área do acidente e da sua envolvente;
2. Determinação de duas ou três medidas de referência para aferição da qualidade dos produtos finais e calibração (podem ser usadas pequenas barras com dimensão bem conhecida, colocadas na área em direções concorrentes, medições à fita ou medições com recetor GNSS);
3. Processamento recorrendo a um *software* fotogramétrico e a um fluxo de trabalho totalmente automático.

De referir que a fotogrametria é a técnica de extrair de fotografias métricas, a forma, as feições, as dimensões e a posição dos objetos nelas contidos, ou seja, é um método que utiliza fotografias 2D (bidimensionais) de um objeto para determinar a geometria 3D do mesmo (Danaher, Ball & Kittel, 2012). A fotogrametria diferencia-se entre a fotogrametria de curto alcance, quando os objetos estão no máximo a 300 metros de distância (Callahan *et al.*, 2012), e a fotogrametria aérea, que é fotogrametria aplicada a imagens aéreas tiradas do local do acidente (Pillay, 2015, Morales *et al.*, 2015). As

fotografias aéreas são adquiridas com alguma sobreposição, o que origina, devido a diferentes perspectivas de um mesmo local, uma percepção das três dimensões do terreno. Os produtos finais da fotogrametria são ficheiros de desenho em computador e ortofotomapas. Estas são as mais utilizadas na reconstituição de acidentes (Breen & Anderson, 1986; Fenton & Kerr, 1997; Fenton *et al.*, 2001; Francisco, 2013; Glennon, 2001; Hamzah, 2014; James *et al.*, 2015; Neale *et al.*, 2004; Niederer *et al.*, 1985; Tumbas, Kinney & Smith, 1994; Wester-Ebbinghaus & Wezel, 1986; Xinguang *et al.*, 2008).

Os resultados preliminares do estudo desenvolvido por Sousa (2017) serviram para comprovar as vantagens da metodologia proposta, comparativamente com os métodos tradicionais, o que permitiu estabelecer algumas conclusões em termos de impactos esperados pela sua utilização, nomeadamente, a diminuição drástica do tempo de investigação no local; a poupança em recursos humanos; a diminuição da perturbação dos normais fluxos de tráfego; auxiliar na investigação de crimes em acidentes rodoviários, nomeadamente na aplicação da justiça, na atribuição da responsabilidade criminal dos seus autores, e, indiretamente, no sentimento de impunidade dos condutores; a preservação da informação para memória futura; a caracterização, com base em metadados, da informação recolhida em cada local de acidente. A Figura III apresenta o método utilizado para obtenção de informação no local do acidente com recurso a *drones*.



**Figura III: Recolha de informação no local do acidente com recurso a *drones*.**

Castro (2017) estudou também um método que permite fazer medições em fotografias tiradas a partir de uma câmara calibrada acoplada a um *drone*, através de um

alvo de calibração previamente colocado no local do acidente. Os diversos testes realizados indicaram que é possível obter uma boa precisão nas medições para superfícies horizontais. Para superfícies inclinadas, em testes laboratoriais conseguiu-se fazer medições com precisão, mas em condições reais não se obtiveram resultados conclusivos. Relativamente ao *drone*, verificou-se que qualquer um servirá, desde que tenha uma câmara com uma resolução tal que o detalhe mínimo que a câmara consiga diferenciar seja de, pelo menos, 10 cm.

No âmbito do projecto SLIAV, a ANSR procedeu à aquisição de 6 (seis) *drones* para a PSP e GNR, na proporção de 50% para cada força, destinados à investigação de acidentes de viação. Os responsáveis do projecto na UTAD organizaram uma ação de formação naquele estabelecimento de ensino, que foi destinada a 3 (três) equipas de cada força de segurança (cada equipa constituída por dois elementos), com o objectivo de capacitarem os mesmos a operarem com esta nova metodologia em ambiente real, nos seus locais de trabalho. Neste sentido, três Comandos Territoriais da PSP e outros tantos da GNR já estão dotados com *drones* para a recolha e investigação de acidentes de viação.

De referir ainda que estas entidades (UTAD e ANSR) participam num consórcio com a empresa TAKEVER, para desenvolverem um VANT especificamente direccionado à missão de recolha de dados de acidentes de viação (Projeto REVEAL: *dRones for supporting traffic accidEnt eVidencE Acquisition by Law enforcement agents*, financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do COMPETE2020<sup>4</sup>). Pretende-se criar um *drone* com capacidade para ser utilizado em todas as condições de operação, sendo, para tal, dotado de iluminação, para operações noturnas, e impermeabilizado, para operações em condições de precipitação.

Com o projecto SLIAV, pretende-se desenvolver um *software* fotogramétrico para criar os produtos de interesse (ortofotomosaico, nuvem de pontos, modelos 3D, etc.), permitindo uma interface informática que possibilite analisar o cenário do acidente e conceba os relatórios necessários. Será possível marcar/identificar pontos/objetos de interesse e efetuar medições de distâncias (distâncias ao eixo da via, marcas de travagem, destroços, etc.).

Esta plataforma será, também, capaz de automatizar grande parte do restante trabalho na elaboração da PAV. A Figura IV apresenta o modelo proposto para a utilização de VANT na recolha de informação no local de acidentes. O sistema proposto oferece, por

---

<sup>4</sup> Projeto aprovado no âmbito do Sistema de Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico (SI I&DT), Aviso N° 03/Si/2017, Projetos em Co-Promoção.

isso, uma gama de ferramentas, com base em imagens aéreas, possibilitando, às equipas de investigação, os meios de recolha de indícios (provas) necessários para reduzir o tempo e os recursos alocados ao processo de levantamento e de recolha de informação. Assim, esta tecnologia será uma mais-valia na investigação de acidentes de viação, pois reduz o tempo de execução e os custos associados, comparativamente com os métodos tradicionais de obtenção de informação, que são, como referido, metodologias geralmente morosas e mais dispendiosas.

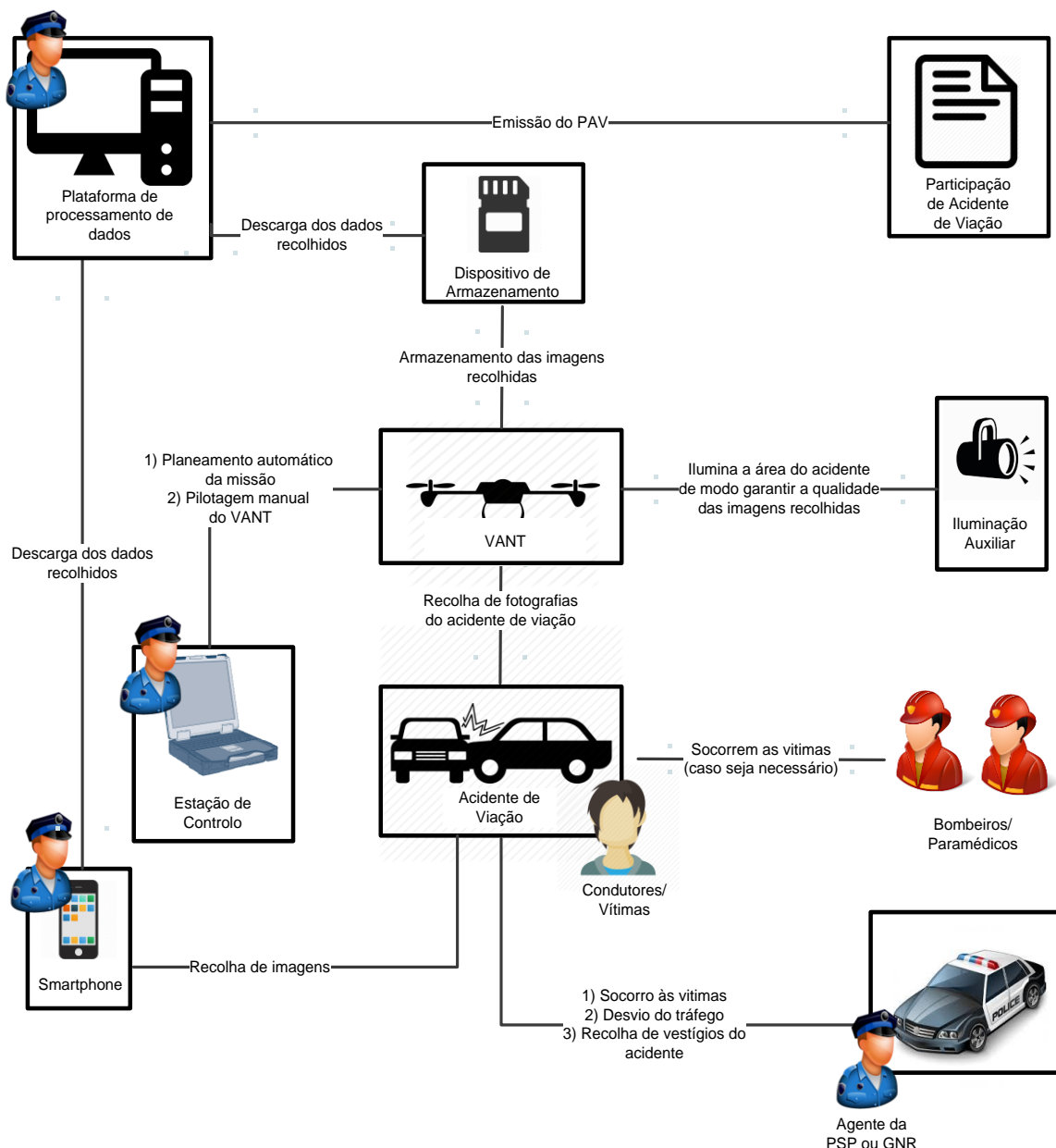


Figura IV: Modelo proposto de VANT na recolha de informação no local do acidente.

O procedimento completo poderá ser executado logo após a chegada ao local do acidente e terá uma duração total de, apenas, alguns minutos. Após a obtenção do

ortomosaico, este poderá ser importado para um *software* de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para se fazerem medições e análises, podendo o mesmo ser aplicado às malhas 3D texturizadas, que poderão ser importadas para um *software* de Desenho Assistido por Computador (CAD) para se realizarem medições e anotações, ou, em alternativa, poderá ser utilizado um *software* de renderização 3D para criar simulações e/ou animações do acidente (Arnold, 2007; Cooner & Balke, 2000; Diaz-Vilarino *et al.*, 2016; Fraser, 2006; Fraser, Cronk & Hanley, 2008; Mekker *et al.*, 2018; Osman & Tahar, 2016; Zuraulis, Levulyte & Sokolovskij, 2016). A Figura V apresenta os resultados digitais da aplicação da metodologia desenvolvida no âmbito do projeto SLIAV, nomeadamente a nuvem de pontos e o modelo 3D de um acidente de viação.



**Figura V: Diferentes perspetivas da nuvem de pontos e do modelo 3D de um acidente de viação.**

Esta nova metodologia permite a preservação da informação do acidente de viação para situações futuras, nomeadamente, para resolução de litígios (e.g. Companhias de Seguros, Tribunais). A interpretação será objetiva, pois todos os indícios do acidente permanecerão inalterados, com implicações muito positivas nos resultados finais. Desta forma, as entidades que têm de trabalhar com este tipo de ocorrências terão acesso a

informação mais fidedigna que auxiliará na tomada de decisão, mitigando grande parte de erros de medição que podiam ocorrer no método atual.

De referir ainda que, ao automatizar o processo de registo dos acidentes de viação, os relatórios estatísticos serão mais céleres e fiáveis, permitindo à ANSR, entidade tem por missão o planeamento e coordenação a nível nacional de apoio à política do Governo em matéria de segurança rodoviária, a definição das políticas no domínio do trânsito e, bem assim, promover estudos das causas e fatores intervenientes nos acidentes de viação.

#### 4. CONCLUSÃO

A recolha de informações e a reconstituição do acidente de viação, recorrendo a *drones* multirrotores de baixo peso e de pequenas dimensões, com capacidade para substituir, na grande maioria das situações, as metodologias atualmente utilizadas é, sem dúvida, uma metodologia inovadora e automatizada, reduzindo, por isso, a intervenção humana e os erros que lhe estão associados.

O uso desses VANT equipados com uma câmara para adquirir imagens de alta resolução do local do acidente e da área envolvente, combinado com um *software* de reconstituição permitirão, de forma rápida, precisa e económica, reconstituir e documentar o acidente, através da aquisição contextual dos dados fotogramétricos, tudo isto em apenas alguns minutos. Os agentes policiais rapidamente poderão reabrir a via ao tráfego, o que representará um ganho significativo, principalmente em cidades com muito trânsito.

Com base no trabalho desenvolvido e apresentado neste artigo, responde-se à questão central: **“O que se sabe hoje sobre a utilização de VANT no registo e investigação de acidentes de viação e quais as suas vantagens?”**, concluindo-se que, em Portugal, ainda não existe muita abordagem a esta temática, à exceção do projeto que está a ser desenvolvido e testado por investigadores da UTAD e que em termos de expectativas e principais vantagens para as forças de segurança (PSP e GNR), podemos referir que esta nova metodologia permite, essencialmente, a diminuição drástica do tempo de investigação no local, a poupança em recursos humanos e a diminuição da perturbação dos normais fluxos de tráfego. De referir que permite ainda a preservação da informação do acidente de viação para situações futuras, nomeadamente, apoio na aplicação da justiça em resolução de litígios (e.g. Companhias de Seguros, Tribunais), possibilitando que se façam novas medições e análises e gerar simulações e/ou animações do acidente. Por fim, dizer que a investigação e reconstituição de acidentes de viação permite às entidades governamentais compreender as suas causas, possibilitando a adoção de políticas nacionais e medidas de prevenção rodoviária.

Como reflexão sobre as perspetivas de futuro e dos principais desafios, o autor realça ao nível organizacional, a importância de implementar esta nova metodologia em todas as BIAV da PSP, em particular, o seu uso nos acidentes mais graves com vítimas mortais e/ou feridos, substituindo o método actual. O desenvolvimento das potencialidades do SLIAV na elaboração dos relatórios técnicos dos acidentes de viação e a interligação do SLIAV com a plataforma informática de registos de ocorrências da PSP, o Sistema

Estratégico de Informação, Gestão e Controlo Operacional (SEI), permitirá, assim, comunicar, de forma automática, alguns dados necessários para a elaboração da PAV (e.g. dados da viatura, geolocalização do local do acidente, etc.).

O SEI da PSP deverá ter uma interligação automática com a ANSR, possibilitando a esta entidade a obtenção de indicadores e estatísticas fiáveis que suportem a tomada de decisões no que respeita à segurança rodoviária.

Com forma de rentabilizar os VANT, poderemos pensar também na possibilidade de acoplar ao *drone* um sistema automático de reconhecimento de matrículas, com interligação às diferentes bases de dados de interesse policial, nomeadamente, de viaturas furtadas, de viaturas para apreender, de seguros automóveis, entre outras.

## REFERÊNCIAS

- Abeyratne, R., & Khan, A. (2013). State use of unmanned military aircraft: a new international order?. *Journal of Transportation Security*, 7(1): 83-98. doi:10.1007/s12198-013-0131-1
- Aguiar, J. J. (2016). *Reconstituição Científica de Acidentes de Viação: Metodologias de Investigação* (dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais, não publicada). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Alfaro, R. (2015). *Os Veículos Aéreos Não Tripulados na PSP: Visão Estruturante e Aplicabilidade Operacional* (dissertação de Mestrado Integrado em Ciências Policiais, não publicada). Instituto Superior de Ciências Policiais e Segurança Interna, Lisboa.
- Ambrosia, V. G., Wegener, S., Zajkowski, T., Sullivan, D. V., Buechel, S., Enomoto, F., & Hinkley, E. (2011). The Ikhana unmanned airborne system (UAS) western states fire imaging missions: from concept to reality (2006–2010). *Geocarto International*, 26(2), 85–101. <https://doi.org/10.1080/10106049.2010.539302>.
- Analist Group. (2019). *The new innovative Solution for traffic car accident Reconstruction and Investigation*. Acedido em 25 de Junho de 2019: <https://www.analistgroup.com/en/new-solutions-with-drones/solution-for-traffic-accident-reconstruction>
- Arnold, E., (2007). Use of photogrammetry as a tool for accident investigation and reconstruction: a review of the literature and state of the practice. *Technical Report*. Virginia Transportation Research Council.
- Austin, R. (2010). *Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment*. Reino Unido: Wiley.
- Battipede, M., Vazzola, M., & Gili, P. (2009). *Mobile Ground Station for the Unmanned Elettra-Twin-Flyer Airship*. Torino: Politecnico di Torino.
- Bortles, W., McDonough, S., Smith, C., & Stogsdill, M. (2017). An Introduction to the Forensic Acquisition of Passenger Vehicle Infotainment and Telematics Systems Data. *SAE Technical Paper*, 2017-01-1437. doi:10.4271/2017-01-1437.
- Bortolin, R., Hrycay, J., & Golden, J. (2012). GPS Device Comparison for Accident Reconstruction. *SAE Int. J. Passeng. Cars - Electron. Electr. Syst.*, 5(1):343-357. doi: <https://doi.org/10.4271/2012-01-0997>.
- Breen, K., & Anderson, C. (1986). The Application of Photogrammetry to Accident Reconstruction. *SAE Technical Paper 861422*. doi: <https://doi.org/10.4271/861422>
- Bullock, J., Hainje, R. & Habib, A. (2019). Public Safety Implementation of Unmanned Aerial Systems for Photogrammetric Mapping of Crash Scenes. *Journal of Transportation Security*. doi:<https://doi.org/10.1177/0361198119850804>
- Cai, G., Dias, J., & Seneviratne, L. (2014). A Survey of Small-Scale Unmanned Aerial Vehicles: Recent Advances and Future Development Trends. *Unmanned Systems*, 2(2), pp. 1-25. doi: 10.1142/S2301385014300017.

- Callahan, M., LeBlanc, B., Vreeland, R., & Bretting, G. (2012). Close-Range Photogrammetry with Laser Scan Point Clouds. *SAE Technical Paper 2012-01-0607*. doi: <https://doi.org/10.4271/2012-01-0607>.
- Castro, D. H., (2017). *Método e Ferramenta de Apoio à Realização de Croquis de Acidentes Rodoviários a Partir de Imagens Aéreas* (Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica, não publicada). Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Castro, L. N., & Pritchett, A. R. (2005). Work Domain Analysis for Improvement of Uninhabited Aerial Vehicle (UAV). *Proceedings of the 2005 Systems and Information Engineering Design Symposium* (pp. 1-10). Atlanta: Georgia Institute of Technology.
- Cavoukian, A. (2012). Privacy and Drones: Unmanned Aerial Vehicles. *Information & Privacy Commissioner, Ontario, Canada*, Acedido em 25 de Junho de 2019: <https://www.ipc.on.ca/wp-content/uploads/resources/pbd-drones.pdf>
- Cooner, S.A., Balke, K.N., (2000). *Use of photogrammetry for investigation of traffic incident scenes*. Acedido em 25 de Junho de 2019: <https://trid.trb.org/view/672781>
- Constantinescu, S. G., & Nedelcut, F. (2011). UAV systems in support of law enforcement forces. *AFASES* (pp. 1-9). Roménia: Galati University.
- Cracknell, A.P. (2017). UAVs: regulations and law enforcement. *International Journal of Remote Sensing*, Pages 3054-3067, Volume 38, Issue 8-10: Unmanned aerial vehicles for environmental applications. doi:<https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1302115>
- Danaher, D., Ball, J., & Kittel, M. (2012). *White Paper: Digital Photograph Use in Forensic Accident Reconstruction*. Acedido em 25 de Junho de 2019: <http://www.veritecheng.com/white-paper-forensic-accident-reconstruction/>
- Daniel, K., & Wietfeld, C. (2011). *Using Public Network Infrastructures for UAV Remote Sensing in Civilian Security Operations*. Acedido em 25 de Junho de 2019: <https://www.hsaj.org/articles/71>
- Decreto-Lei n.º 207/2005, de 29 Novembro. *Diário da República n.º 229*, Série I-A de 29 de Novembro de 2005. Assembleia da República. Lisboa.
- DeGarmo, M. T. (2004). *Issues Concerning Integration of Unmanned Aerial Vehicles in Civil Airspace*. Virginia: MITRE.
- Diaz-Vilarino, L., Gonzalez-Jorge, H., Martínez-Sanchez, J., Bueno, M., & Arias, P., (2016). *Determining the limits of unmanned aerial photogrammetry for the evaluation of road runoff*. *Measurement* 85, 132–141. doi:10.1016/j.measurement.2016.02.030.
- Dilich, M., & Goebelbecker, J. (1996). Accident Investigation and Reconstruction Mapping with Aerial Photography. *SAE Technical Paper 960894*. doi: <https://doi.org/10.4271/960894>
- Elistair (2019). *Spanish Police Chooses Elistair Drone Tether for the UEFA Champions League*. Acedido em 25 de Junho de 2019: <https://elistair.com/spanish-police-chooses-elistair-drone-tether-for-the-champions-league/>

- Ehigiator, R. I. & Ehigiator, M. O. (2012). *3D Geospatial modeling of accident scene using Laser Scanner data. Civil and Environmental Research*. ISSN 2222-1719 (Paper) ISSN 2222-2863 (Online). Vol 2, No.10, 2012. Acedido em 25 de Junho de 2019:  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.470.1176&rep=rep1&type=pdf>
- Eisenbeiß, H. (2009). *UAV Photogrammetry*. Zurich: University of Technology Dresden. doi: <https://doi.org/10.3929/ethz-a-005939264>
- Eisenbeiß, H. (2011). The Potential of Unmanned Aerial Vehicles for Mapping. In D. Fritsch, *Photogrammetric Week '11* (pp. 135-144). Zurich: Wichmann.
- Francisco, P. R., (2013). *Simulation and Multi-Objective Optimization of Road Traffic Accidents* (Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica, não publicada). Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Fraser, C. (2006). *Accident reconstruction via digital close-range photogrammetry. ASPRS 2006 Annual Conference Reno, Nevada* 5 May 1-5. Acedido em 25 de Junho de 2019:  
<https://pdfs.semanticscholar.org/d828/a6fb71e58b6a460a3ee2b036b1c1c7618562.pdf>
- Fraser, C., Cronk, S., & Hanley, H., (2008). *Close-range photogrammetry in traffic incident management*. Acedido em 25 de Junho de 2019:  
<https://pdfs.semanticscholar.org/626a/27fb444cd02961ac9f1aad82973e3259f4a9.pdf>
- Fenton, S., & Kerr, R. (1997). Accident Scene Diagramming Using New Photogrammetric Technique. *SAE Technical Paper 970944*. doi: <https://doi.org/10.4271/970944>.
- Fenton, S., Neale, W., Rose, N., & Hughes, C. (2001). Determining Crash Data Using Camera Matching Photogrammetric Technique. *SAE Technical Paper 2001-01-3313*. doi: <https://doi.org/10.4271/2001-01-3313>
- Forman, P., & Parry, I. (2001). Rapid Data Collection at Major Incident Scenes using Three Dimensional Laser Scanning Techniques. *IEEE 35th International Carnahan Conference*, 60–67.
- Glennon, J. C. (2001). *Motor Vehicle Crash Investigation and Reconstruction*. Through the Gears Trucking Magazine, Volume VII, Issue 1. Acedido em 25 de Junho de 2019, de CrashForensics: <http://www.crashforensics.com/papers.cfm?PaperID=37>
- Gomes, C. S. (2010). *Investigação de acidentes rodoviários: recolha de informação*. (dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Göktoğan, A. H., & Sukkarieh, S. (2009). Distributed simulation and Middleware for Networked UAS. In K. P. Valavanis, P. Oh, & L. A. Piegl, *Unmanned Aircraft Systems International Symposium On Unmanned Aerial Vehicles, UAV '08* (pp. 331-357). Orlando: Springer.
- Hamzah, N.B. (2014). *The integration of close range photogrammetry and database management for traffic accident mapping*. Faculty of Geoinformation and Real Estate Universiti Teknologi Malaysia. Acedido em 25 de Junho de 2019:

<http://eprints.utm.my/id/eprint/50827/25/NurkhaliesaBalqisHamzahMFGHT2014.pdf>

- Harrington, S., Teitelman, J., Rummel, E., Morse, B., & et al. (2017). Validating Google Earth Pro as a Scientific Utility for Use in Accident Reconstruction. *SAE Int. J. Trans. Safety* 5, 135-166. doi:10.4271/2017-01-9750.
- Herwitz, S.R.; Johnson, L.F.; Dunagan, S.E.; Higgins, R.G.; Sullivan, D.V.; Zheng, J.; et al. (2004). Imaging from an unmanned aerial vehicle: agricultural surveillance and decision support. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 44, n. 1, p. 49-61
- James, W., McKinzie, S., Benson, W., & Heise, C. (2015). *Crash Investigation and Reconstruction Technologies and Best Practices*. Report No. FHWA-HOP-16-009. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Acedido em 25 de Junho de 2019: [https://img1.wsimg.com/blobby/go/d83f37e5-50ec-4ba5-8c39-635df16b7b4e/downloads/1d1bs3kfi\\_15824.pdf?ver=1558972734321](https://img1.wsimg.com/blobby/go/d83f37e5-50ec-4ba5-8c39-635df16b7b4e/downloads/1d1bs3kfi_15824.pdf?ver=1558972734321)
- Jung, D., Ratti, J., & Tsiotras, P. (2009). Real-time Implementation and Validation of a New Hierarchical Path Planning Scheme of UAVs via Hardware-in-the-Loop Simulation. In K. P. Valavanis, P. Oh, & L. A. Piegl, *Unmanned Aircraft Systems International Symposium On Unmanned Aerial vehicles, UAV '08* (pp. 163-181). Orlando: Springer.
- Kallas, S. (2014). Forewords European Commission. Comunicação do Vice Presidente da Comissão Europeia dos Transportes e Comissário dos Transportes. *2014 RPAS Yearbook – RPAS: The global perspective*.
- Kaul, L., Zlot, R., & Bosse, M. (2016). Continuous-Time Three-Dimensional Mapping for Micro Aerial Vehicles with a Passively Actuated Rotating Laser Scanner. *Journal of Field Robotics*. Volume 33, Issue 1, 103–132. doi:<https://doi.org/10.1002/rob.21614>
- Kavanagh, B., & Mastin, T. (2013). *Surveying: Principles & Applications* (9ª ed.). Pearson Education.
- Keegler, J. (Ed.). (2004). The Growing World of Unmanned Airborne Spies. *Armada International*, 28 (3), 55-88.
- Kerckhoff, J. (1985). *Photographic Techniques for Accident Reconstruction*. *SAE Technical Paper 850248*. doi: <https://doi.org/10.4271/850248>
- Ladd, G., & Bland, G. (2009). *Non Military Applications for Small UAS Platforms*. Washington: American Institute of Aeronautics and Astronautics.
- Lei n.º 9/2012, de 23 de Fevereiro. *Diário da República n.º 39*, Série I de 23 de Fevereiro de 2012. Assembleia da República. Lisboa.
- Liu, X., Zhao, L., Peng, Z.R., Gao, T., & Geng, J., (2017). *Use of Unmanned Aerial Vehicle and Imaging System for Accident Scene Reconstruction*. Acedido em 25 de Junho de 2019: <https://trid.trb.org/view/1438247>.
- Liu, Y., Bai, B., & Zhang, C., (2017). *UAV Image Mosaic for Road Traffic Accident Scene*, 32nd Youth Academic Annual Conference of Chinese Association of Automation (YAC). doi: 10.1109/YAC.2017.7967565
- Longhitano, G. A. (2010). *VANTS Para Sensoriamento Remoto: Aplicabilidade na Avaliação e Monitoramento de Impactos Ambientais Causados por Acidentes com*

- Cargas Perigosas*. (Dissertação de Mestrado em Engenharia do Departamento de Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Mekker, M., He, F., Bullock, J., Habib, A. & Bullock, D. (2018). *Evaluation of consumer grade unmanned aircraft systems for photogrammetric crash scene documentation*. Acedido em 25 de Junho de 2019: <https://trid.trb.org/view/1570823>
- Morales, A., Gonzalez-Aguilera, D., Gutiérrez, M., & López, A. (2015). Energy Analysis of Road Accidents Based on Close-Range Photogrammetry. *Remote Sens.* 7(11), 15161-15178. doi:10.3390/rs71115161
- Morgado, S. & Alfaro, R (2017). *Technology embracement in objective driven police: UAV's in public security police in Portugal*. International Conference Risks, Security and Citizenship Proceedings – ICRSC2017. Acedido em 25 de Junho de 2019: [https://www.smpcb.pt/icrsc2017/download/Proceedings\\_ICRSC.pdf](https://www.smpcb.pt/icrsc2017/download/Proceedings_ICRSC.pdf)
- Neale, W., Fenton, S., McFadden, S., & Rose, N. (2004). A Video Tracking Photogrammetry Technique to Survey Roadways for Accident Reconstruction. *SAE Technical Paper 2004-01-1221*. doi: <https://doi.org/10.4271/2004-01-1221>
- Nex, F., & Remondino, F. (2014). UAV for 3D Mapping Applications: A Review. *Applied Geomatics*, 6, 1-1-15. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s12518-013-0120-x>.
- Niederer, P., Birchler, B., Mesqui, F., & Lehareinger, Y. (1985). Computer Assisted Single-View Photogrammetry for Accident Scene Documentation. *SAE Technical Paper 850067*. doi: <https://doi.org/10.4271/850067>
- Osman, M., & Tahar, K. (2016). 3D accident reconstruction using low-cost imaging technique. doi: <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2016.07.007>
- Pádua, L., Vanko, J., Hruška, J., Adao, T., Sousa, J.J., Peres, E., & Morais, R., (2017) UAS, sensors, and data processing in agroforestry: a review towards practical applications. *International journal of remote sensing* 38, 2349–2391. doi:<https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1297548>
- Pagounis V., Tsakiri M., Palaskas S., Biza B. & Zaloumi E. (2006). *3D Laser Scanning for Road Safety and Accident Reconstruction*. Shaping the Change XXIII FIG Congress Munich, Germany, October 8-13, 2006.
- Pérez, J., Gonçalves, G., Rangel, J. & Ortega, P (2019). Accuracy and effectiveness of orthophotos obtained from low cost UASs video imagery for traffic accident scenes documentation. *Advances in Engineering Software*. doi:10.1016/j.advengsoft.2019.03.010
- Pereira, C. L. (2012). *A Investigação de Acidentes de Viação: uma mais-valia para a prevenção deste tipo de sinistros* (Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada, não publicado). Academia Militar, Lisboa.
- Pillay, S. (2015). *Aerial Photogrammetry*. Acedido em 25 de Junho de 2019: [http://www.durban.gov.za/City\\_Services/engineering%20unit/Surveying\\_Land\\_Information/Documents/AerialPhotogrammetry.pdf](http://www.durban.gov.za/City_Services/engineering%20unit/Surveying_Land_Information/Documents/AerialPhotogrammetry.pdf)
- Pix4D. (2014). *A New Protocol of CSI For The Royal Canadian Mounted Police*. Acedido em 25 de Junho de 2019: <http://docplayer.net/36196600-A-new-protocol-of-csi-for-the-royal-canadian-mounted-police.html>

- Polski, P. (2004). *View of Unmanned Aerial Vehicle Needs*. In: Unmanned Unlimited Technical Conference, 3, 20–23, Chicago, 2004.
- Poole, G., & Venter, P. R. (2000). *Measuring accident scenes using laser scanning systems and the use of scan data in 3d simulation and animation*. SATC 2004. Acedido em 25 de Junho de 2019: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.870.8735&rep=rep1&type=pdf>
- Rabaça, T. (2014). *O Uso de Drones na Atual Conflitualidade: Uma Análise ao Nível Estratégico e Tático* (Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada, não publicado). Academia Militar, Lisboa.
- Regulamento 1093/2016, de 14 de Dezembro, da Autoridade Nacional de Aviação Civil. *Diário da República n.º 238/2016*, II Série de 14 de Dezembro. Assembleia da República. Lisboa.
- Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., & Sarazzi, D. (2011). UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling—current status and future perspectives. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(1), C22. Acedido em 25 de Junho de 2019: <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXVIII-1-C22/25/2011/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-25-2011.pdf>
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 85/2017, de 19 de Junho, da Presidência do Conselho de Ministros. *Diário da República n.º 116/2017*, I Série de 19 de Junho. Assembleia da República. Lisboa.
- Roberto, A. J. (2013). *Extração de Informação Geográfica a partir de Fotografias Aéreas obtidas com VANTs para apoio a um SIG Municipal*. Porto: Faculdade de Ciências Universidade do Porto.
- Rolison, J.J., Regev, S., Moutari, S., & Feeney, A., (2018). What are the factors that contribute to road accidents? an assessment of law enforcement views, ordinary drivers' opinions, and road accident records. *Accident Analysis & Prevention* 115, 11 – 24. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.025>.
- Rune, E., & Vaa, T., (2009). *The handbook of road safety measures*. Emerald.
- Sandvik, K. (2016). *The Public Order Drone: Proliferation and Disorder in Civil Airspace*. Acedido em 25 de Junho de 2019: [https://www.academia.edu/15607546/The\\_Public\\_Order\\_Drone\\_Proliferation\\_and\\_Disorder\\_in\\_Civil\\_Airspace](https://www.academia.edu/15607546/The_Public_Order_Drone_Proliferation_and_Disorder_in_Civil_Airspace)
- SenseFly, (2015). *Setting the Scene – Using Drones for Traffic Accident Reconstruction and analysis*. Acedido em 25 de Junho de 2019: <https://waypoint.sensefly.com/setting-the-scene-using-drones-for-crash-reconstruction-and-analysis/>.
- Smith, H., & Rajendran, P. (2014). Review of the Elementary Aspect of Solar-powered Electric Unmanned Aerial Vehicles. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, pp. 252-259.
- Sousa, A. A. (2015). *Meios Aéreos Não Tripulados: Contributos para a definição de uma estratégia de empenhamento operacional* (Relatório Final do 1.º Curso de Comando

- e Direcção Policial, não publicado). Instituto Superior de Ciências Policiais e Segurança Interna, Lisboa.
- Sousa, J. M. (2017). *Avaliação do potencial da utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados na investigação de acidentes de viação* (Tese de Doutoramento em Informática, não publicada). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Stáňa, I., Tokař, S., Bucshazy, K., & Bilík, M., (2017). Comparison of Utilization of Conventional and Advanced Methods for Traffic Accidents Scene Documentation in the Czech Republic. *Procedia Engineering* 187, 471–476. doi:10.1016/j.proeng.2017.04.402.
- Stelmack, K. (2015). Weaponized Police Drones and Their Effect on Police Use of Force. *Journal of Technology Law & Policy*, Volume XV – Spring 2015. doi:10.5195/tlp.2015.172
- Stevens Jr, C.R., & Blackstock, T. (2017). Demonstration of Unmanned Aircraft Systems Use for Traffic Incident Management (UAS-TIM). *Technical Report*. Texas A&M Transportation Institute.
- Su, S., Liu, W., Li, K., Yang, G., Feng, C., Ming, J., Liu, G., Liu, S., & Yin, Z., (2016). Developing an unmanned aerial vehicle-based rapid mapping system for traffic accident investigation. *Australian Journal of Forensic Sciences*, Vol. 48, 454–468. doi: 10.1080/00450618.2015.1073787.
- Topolšek, D., Herbaj, E. A., & Sternad, M. (2014). The Accuracy Analysis of Measurement Tools for Traffic Accident Investigation. *Journal of Transportation Technologies*, 04(01), 84–92. doi: <https://doi.org/10.4236/jtts.2014.41008>.
- Tumbas, N., Kinney, J., & Smith, G. (1994). Photogrammetry and Accident Reconstruction: Experimental Results. *SAE Technical Paper* 940925. doi:<https://doi.org/10.4271/940925>.
- Vieira, R. F. (2014). *A investigação de crimes em acidentes rodoviários: a importância da prova material na imputação da responsabilidade criminal* (Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada, não publicado). Academia Militar, Lisboa.
- Voitel T. & Terpstra T. (2016). Benefits of 3D Laser Scanning in Vehicle Accident Reconstruction. *Technology White Paper*. Acedido em 25 de Junho de 2019: [http://www.global-surveying.com/wp-content/uploads/2014/03/WhitePaper\\_Accident-Reconstruction.pdf?552d61](http://www.global-surveying.com/wp-content/uploads/2014/03/WhitePaper_Accident-Reconstruction.pdf?552d61)
- Wallace, J. A. (2012). *Integrating Unmanned Aircraft Systems Into Modern Policing in an Urban Environment*. Monterey: Naval Postgraduate School.
- Wester-Ebbinghaus, W., & Wezel, U. (1986). Photogrammetric Deformation Measurement of Crash Vehicles. *SAE Technical Paper* 860207. doi: <https://doi.org/10.4271/860207>
- Watts, A. C., Ambrosia, V. G. & Hinkley, E. A. (2012). Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use. *Remote Sensing*, 4(6), 1671–1692. doi: <http://doi.org/10.3390/rs4061671>.

- Wheeler, G. L. (2013). *Protocols for the Use of Unmanned Aircraft Systems (UAS) by Law-Enforcement Agencies*. Richmond: Department of Criminal Justice Services.
- Wijnen, W., & Stipdonk, H. (2016). Social costs of road crashes: An international analysis. *Accident Analysis & Prevention* 94, 97–106. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.05.005>.
- Xinguang, D., Xianlong, J., Xiaoyun, Z., Jie, S., & Xinyi, H. (2008). Geometry features measurement of traffic accident for reconstruction based on close-range photogrammetry. *Advances in Engineering Software* 40(7):497-505. doi:10.1016/j.advengsoft.2008.09.002
- Zhang, C., Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*, 13(6), 693–712. doi:<http://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5>.
- Zuraulis, V., Levulyte, L., & Sokolovskij, E., (2016). Vehicle Speed Prediction from Yaw Marks Using Photogrammetry of Image of Traffic Accident Scene. *Procedia Engineering*, 134, 89–94. doi:10.1016/j.proeng.2016.01.043.