

DRONES PODEM SER UMA ALTERNATIVA PARA GESTÃO PORTUÁRIA?

CAN DRONES BE AN ALTERNATIVE FOR PORT MANAGEMENT?

¿DRONES PUEDEN SER UNA ALTERNATIVA PARA GESTIÓN PORTUARIA?

Guilherme Rodrigues Novaes

Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (UFF)

Professor na Escola Industrial e Metalúrgica de Volta Redonda na UFF

Endereço: UFF, Av. dos Trabalhadores, n. 420, CEP: 27255-125. Volta Redonda, RJ, Brasil

Telefone: (55) 11 99630- 8789

E-mail: guilherme_novaes@id.uff.br

Newton Narciso Pereira

Pós-doutorado em Engenharia Naval e Oceânica pelo Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Universidade de São Paulo

Professor na Escola Industrial e Metalúrgica de Volta Redonda - Universidade Federal Fluminense (UFF)

Endereço: UFF, Av. dos Trabalhadores, n. 420, CEP: 27255-125. Volta Redonda, RJ, Brasil

Telefone: (55) 11 99630- 8789

E-mail: newtonpereira@id.uff.br

Artigo recebido em 10/11/2018. Revisado por pares em 12/12/2018. Reformulado em 20/07/2018. Recomendado para publicação em 21/07/2018. Publicado em 31/08/2018. Avaliado pelo Sistema *double blind review*.



RESUMO

Esta pesquisa tem por objetivo apresentar as vantagens e desvantagens nas aplicações de *Unmanned aerial vehicles* (UAV) mais conhecidos como "Drones" no ambiente portuário. Deste modo, nós verificamos as principais aplicações dos drones no segmento de transporte, bem como, em experiências internacionais na área marítimo portuária. Foi realizada uma pesquisa em que identificaram-se drones comerciais que poderiam ser utilizados no setor portuário considerando características como modelo, autonomia, velocidade, alcance e valor. Associado a isso, nós realizamos um levantamento dos requisitos legais para operações de drones dentro do espaço aéreo brasileiro com foco na operação destes equipamentos dentro do ambiente portuário. Nós concluímos que os drones podem reduzir os tempos em algumas operações de monitoramento nos terminais portuários.

Palavras-chave: Gestão portuária; Drones comerciais; Monitoramento de terminais portuários.

ABSTRACT

The aim of this research is to present the advantages and disadvantages of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) applications, more known as "Drones", in the port environment. In this way, we verify the main applications of drones in the transport segment, as well as in international experiences in the maritime port area. A research was conducted in which commercial drones were identified that could be used in the port sector considering characteristics like model, autonomy, speed, reach and value. Associated to this, we performed a survey of legal requirements for drone operations within Brazilian airspace focusing on the operation of this equipment within the port environment. We conclude that drones can reduce times in some monitoring operations at port terminals.

Keywords: Port management; Commercial drones; Monitoring of port terminals.

RESUMEN

Esta investigación tiene por objetivo presentar las ventajas y desventajas en las aplicaciones de *Unmanned aerial vehicles* (UAV) más conocidos como "Drones" en el ambiente portuario. De este modo, verificamos las principales aplicaciones de los drones en el segmento de transporte, así como, en experiencias internacionales en el área marítima portuaria. Se realizó una investigación en la que se identificaron drones comerciales que podrían ser utilizados en el sector portuario considerando características como modelo, autonomía, velocidad, alcance y valor. Asociado a ello, realizamos un levantamiento de los requisitos legales para operaciones de drones dentro del espacio aéreo brasileño con foco en la operación de estos equipos dentro del ambiente portuario. Hemos concluido que los drones pueden reducir los tiempos en algunas operaciones de monitoreo en las terminales portuarias.

Palabras-clave: Gestión portuaria; Drones comerciales; Monitoreo de terminales portuarias.

1 INTRODUÇÃO

Os Unmanned aerial vehicles (UAV) geralmente conhecidos como “drones” são aeronaves não tripuladas controladas remotamente por um operador qualificado, ou até mesmo através de controladores lógico programáveis (CLP) (JACOBSEN, 2014). A missão principal de um drone é permitir o monitoramento remoto por meio aéreo.

O primeiro UAV foi um torpedo desenvolvido em 1915 pela US Navy, que foi projetado para voar para uma localização específica e dirigir-se até um determinado alvo (Finn and Wright, 2012). Porém após a segunda guerra mundial, a criação dos primeiros drones se intensificou. Estes datam dos anos 60 para fins militares (FERREIRA, 2014), para realizar missões de acesso a lugares de grande perigo para humanos sem colocar nenhuma vida em risco. Sua utilização foi proposta para áreas de inteligência militar no apoio a tropas em campo de batalha, controle de ação executadas a distância como lançamento de mísseis e até mesmo para efetuar algum tipo de busca e salvamento (Finn and Wright, 2012).

A grande inspiração para o desenvolvimento tecnológico dos veículos aéreos não tripulados foi uma bomba criada pela Alemanha na segunda guerra mundial, a chamada Buzz Bomb (Newcome, 2004). Essa bomba era simples e até mesmo fácil de ser interceptada, mas foi a partir da mesma que o desenvolvimento desses equipamentos teve seu início, pois era conhecida como a bomba voadora.

Já em 1977, o israelita Abe Karem desenvolveu o drone Aquila. Este equipamento para ser operado necessitava de 30 pessoas com autonomia para 20 horas de voo (Spallanzani, 2017). A partir deste desenvolvimento os drones estão sendo utilizados para fins militares (Iraque, Afeganistão entre outros conflitos), bem como, para inúmeras aplicações no âmbito civil.

Com relação ao uso civil dos drones, eles foram por um tempo utilizados como brinquedos ou instrumento para diversão. Contudo, percebeu-se que poderia ser utilizado para aplicações profissionais, sendo aplicados para efetuar imagens de alta qualidade, monitoramento e vigilância, ajuda a pessoas necessitadas, resgate entre outras aplicações diversas.

Em geral, estes equipamentos são dotados de sistemas para captura de imagem “câmeras” com mecanismos para estabilização da imagem e integrados com GPS e sensores que permitem manter a posição. A utilização destes sistemas de controle ajudam a evitar colisões tendo como principal diferencial o acesso a ângulos dificilmente alcançados por outro tipo de instrumento, bem como transmitir imagens em tempo real do que é capturado pela câmera do aparelho. A popularização dos drones abre as portas para novas aplicações em diversos segmentos como é o caso do setor portuário.

Figura 1 - Pesquisas sobre drones e sua população



Fonte: Google Trends

Obs.: Os números representam o interesse de pesquisa relativo ao ponto mais alto no gráfico de uma determinada região em um dado período. Um valor de 100 é o pico de popularidade de um termo.

De acordo com as estatísticas baseadas em buscas sobre o assunto, o Brasil é o país que mais pesquisa a respeito de drones na América Latina e em termos mundiais temos como principais países a Coreia do Sul, Austrália, França, Cingapura e Estados Unidos. Nestes países já existem iniciativas de utilização de drones no setor portuário, com foco no auxílio de monitoramento de operações de movimentação de cargas, auxílio a segurança operacional e da navegação.

Considerando que o ambiente portuário é dinâmico e envolve uma série de operações para que uma determinada carga entre pelos gates e embarque em um navio, os drones podem auxiliar em diversas áreas dentro de um porto. Deste modo, o objetivo desta pesquisa é apresentar em âmbito geral as principais aplicações de drones em diversos segmentos que envolvem a área de transporte e logística, bem como, as vantagens e desvantagens de sua aplicação no setor portuário.

2 METODOLOGIA

De acordo com Gil (2008), define-se pesquisa como “o processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos”. No entanto, é necessário definir o tipo de pesquisa desenvolvida ao longo do trabalho como também os métodos de coleta de dados.

Para atingir os objetivos desta pesquisa, realizou-se uma pesquisa exploratória. Segundo Gil (2008), “pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Este tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis numa determinada área”.

A pesquisa foi classificada como tal devido ao fato das informações exploradas acerca da aplicação de drones no ambiente portuário principalmente no Brasil ainda serem pouco conhecidas.

A pesquisa de exploração foi realizada através de levantamento bibliográfico de diferentes artigos internacionais que abordam a aplicação de drones no setor de logística, transporte e portuária. Foram selecionados alguns casos para demonstrar sua aplicação que tem relevância com a área em questão, pois pode fornecer subsídios para exploração destes equipamentos no setor portuário brasileiro.

Nós realizamos um levantamento dos principais tipos de drones disponíveis no mercado considerando diversos aspectos tais como, fabricante, número de hélices, autonomia, alcance, peso, velocidade, valor, qualidade da câmera para coleta de imagens, acessórios e principais tipos de aplicação.

Além disso, nós desenvolvemos um questionário para consulta a profissionais da área portuária sobre as principais vantagens e desvantagens na utilização de drones. Este questionário envolveu perguntas relativas à sua aplicação nas áreas de manutenção, operação de pátio, operação de píer, operação de fiscalização, segurança patrimonial, monitoramento ambiental, monitoramento de manobras de navios e monitoramento sobre as condições dos equipamentos do porto. Uma vez obtida as respostas elas foram analisadas e classificadas dentro de cada um dos itens perguntados.

Nós também analisamos os aspectos legais para que os drones possam ser empregados em ambientes portuários, considerando a legislação vigente e as determinações da Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC.

3 RESULTADOS

Os resultados deste estudo estão divididos da seguinte forma: inicialmente são apresentados os exemplos de aplicação de drones que servem para demonstrar o estado da arte em termos de aplicações globais destes equipamentos. Nós focamos somente em exemplos de aplicação na área civil, pois estas estão mais próximas da realidade dos terminais portuários. Embora, os equipamentos mais sofisticados estejam sendo empregados em operações de âmbito militar que exigem precisão em missões de ataques e sistemas de vigilância, muito acima do necessário dentro do ambiente portuário. Na sequência são apresentados as características principais de alguns equipamentos que nós selecionados que podem ser utilizados dentro do ambiente portuário para diversas funções de monitoramento e apoio as atividades do porto. Por fim, são apresentados os resultados da pesquisa realizada sobre as vantagens e desvantagens da aplicação destes sistemas em terminais portuários com foco na opinião de profissionais do setor.

3.1 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Um dos grandes problemas das grandes cidades é a condição de tráfego nas ruas e estradas. Isso limita a velocidade de circulação dos veículos, sejam eles de passeio, caminhões, bem como, serviços de emergência como ambulância e viaturas de polícia. No caso do serviço de ambulâncias o tempo é um fator chave entre a vida e morte, considerando que se trata de uma operação de transporte de risco.

Diante disso, foi criado um drone ambulância. Este equipamento foi criado pelo estudante Alec Momont da Delft University of Technology na Holanda que aumenta de 8% para 80% a chance de sobrevivência de uma pessoa em processo de parada cardíaca (Prigg, 2014). A aeronave é capaz de oferecer um desfibrilador em um raio de 12 km² dentro de um minuto (Starr, 2014). O serviço de emergência recebe a chamada, o drone encontra a localização do paciente através do GPS do celular de quem está pedindo socorro e se desloca até o local. Existe um canal de comunicação no drone que permite com que os profissionais

saibam o que está acontecendo e possam instruir a pessoa que está socorrendo a vítima Figura 2.

Figura 2 – Exemplo de aplicação do drone ambulância no salvamento de pessoas com ataque cardíaco



Fonte:supplychain247, 2014

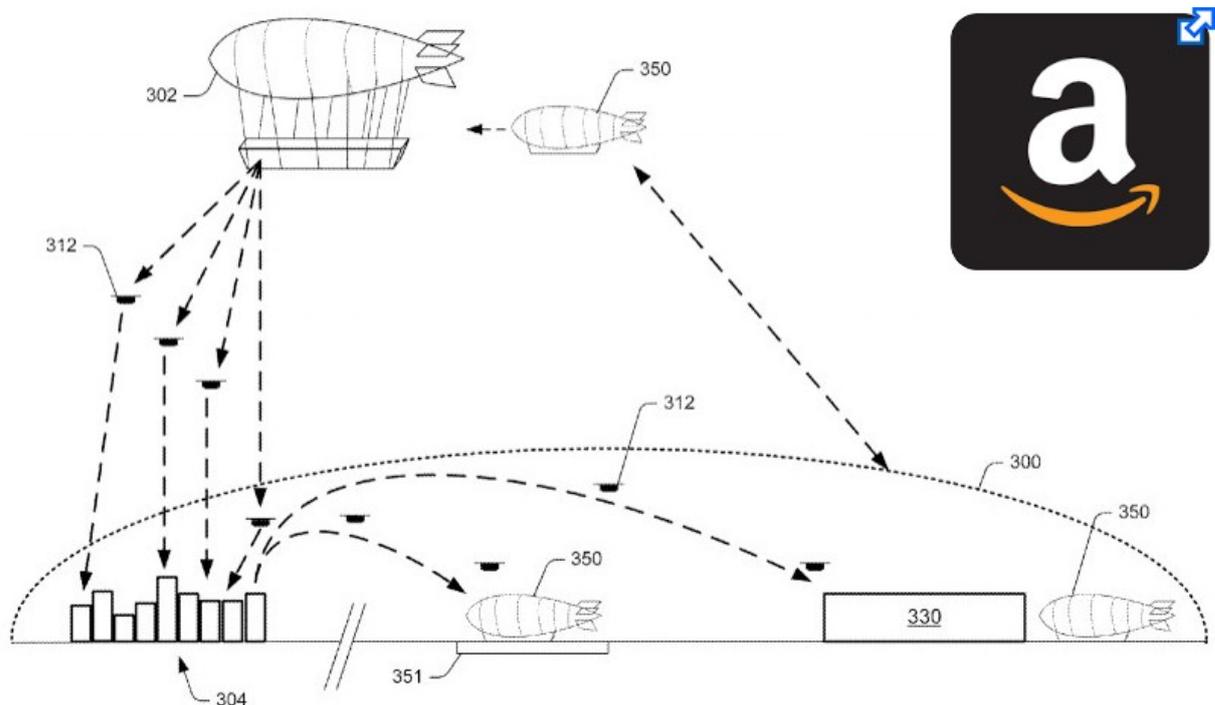
Por outro lado, no que tange a entrega de produtos por meio de drones, a Amazon foi a pioneira a implementar este serviço com o chamado (Prime Air). O país escolhido para sediar o centro de atendimento Prime Air foi o Reino Unido, na região de Cambridge, por conta de os reguladores concederem algumas permissões importantes de voo, uma vez que as aeronaves podem detectar obstáculos. No entanto, nos Estados Unidos a utilização destes equipamentos para entrega não é permitido (Stolaroff, 2014, Welch, 2015).

Os testes estão sendo feitos com dois clientes que moram relativamente próximos ao centro de atendimento da Amazon e ainda realizando o transporte de pequenas encomendas. O conceito básico na utilização destes equipamentos consiste na redução do custo de transporte utilizando-se de veículos convencionais. Além disso, como se trata de uma operação área existe uma redução nos tempos de entrega dos produtos. A agilidade na entrega é a principal vantagem da Amazon em relação aos seus concorrentes de venda online (Welch, 2015). Por isso, a empresa tem investido na utilização de drones no processo de entrega. Nos Estados Unidos o tempo médio de entrega de um produto é da ordem de 2 a 3 horas após a execução do pedido (Wohlsen, 2014).

Neste sentido, a empresa tem continuamente avançado na ideia de utilização de drones para agilidade no serviço, mas integrado com outros sistemas. A última invenção patenteadada pela empresa é a utilização de um centro de distribuição aéreo, com a utilização de drones *“Airborne fulfillment center utilizing unmanned aerial vehicles for item delivery”*. A

Figura 3 mostra o exemplo deste sistema funcionando com a integração entre o centro de distribuição voador e os drones fazendo o atendimento das entregas das encomendas. A mostra o exemplo dos drones que estão em operação e que deverão ser integrados a sistema proposto.

Figura 3 – Sistema integrado de distribuição por meio de drones e sistema de armazenamento aéreo



Fonte: supplychain247, 2016.

Figura 4 – Drone desenvolvido pela Amazon - Primeair



Fonte: Dailymail, 2017.

Na mesma linha da Amazon, a empresa Alibaba a maior empresa de comércio eletrônico da China também já realizou testes de entregas de produtos com drone (Kim et al, 2016). Para efetuar esses testes foram utilizadas pequenas e leves mercadorias, a princípio embalagens de chá na região de Beijing, Shanghai e Guangzhou.

Figura 5 – Drone utilizado pela Alibaba para entrega de produtos na China



Fonte: supplychain247, 2015.

Outra empresa que está utilizando-se de drones para entrega de comida é a rede de pizzaria Domino's (Kim et al, 2016). Em 2016, a empresa realizou sua primeira entrega para um cliente na cidade de Whangaparaoa na Nova Zelândia. A empresa desenvolveu uma parceria com a Flirtey uma empresa dedicada a entregas com a utilização de drones. A Figura 6 mostra o drone utilizado pela empresa para realização da distribuição de pizza aos clientes.

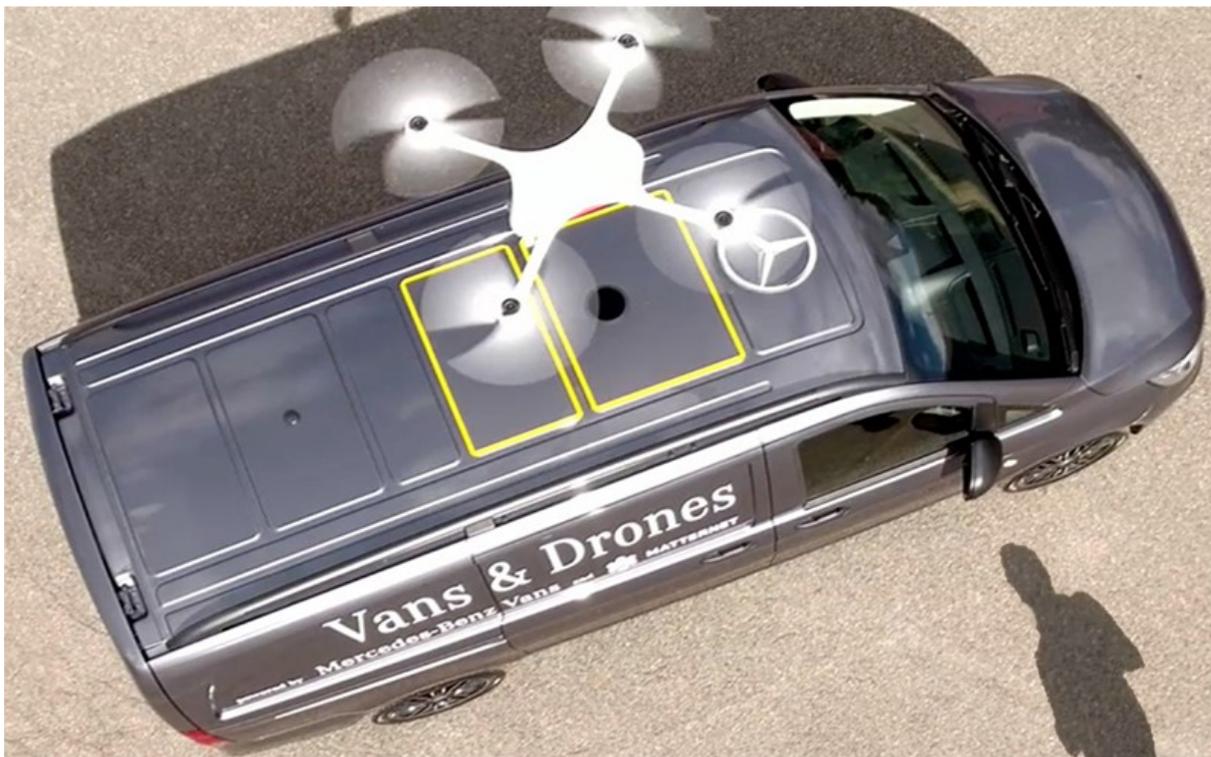
Figura 6 – Drone utilizado pela rede de pizzaria Domino's para entregas



Fonte: zdnet.com, 2017.

Por outro lado, o conceito desenvolvido pela Amazon de centro de distribuição voador foi adaptado para um centro de distribuição rodante com a utilização de drones nas entregas. As empresas Matternet e Mercedes-Benz Vans fizeram uma parceria para desenvolver um veículo de distribuição terrestre que transporta cargas e drones. Deste modo, o veículo segue uma trajetória numa estrada e os drones realizam as entregas nas regiões de no entorno do veículo (Kolodny, 2016). O investimento para tal desenvolvimento é da ordem de milhões de dólares. (Kolodny, 2016; Campbell, 2017).

Figura 7 – Sistema de distribuição terrestre de carga com apoio de drones desenvolvido pela Mercedes Bens e Matternet



Fonte: supplychain247, 2016.

Ainda na linha de desenvolvimento de drones para auxiliar na área de transporte, a Matternet desenvolveu sistemas para controle de drones para a UNICEF que estão sendo usados para transportar amostras de sangue para testes de HIV no Malawi. A iniciativa poderá acelerar a prestação de cuidados a bebês HIV positivos em todo o país, considerando que 10.000 crianças morreram de doenças relacionadas ao HIV em 2014 (Sachan, 2016).

Figura 8 – Drone utilizado para transporte de amostras de sangue no Malawi



Fonte: Sachan, 2016.

Considerando as diversas aplicações na área de transporte, é possível que os drones sejam integrados com outros sistemas de comunicação para auxiliar no processo de localização de itens e controle de estoques. No Canadá em função das condições climáticas, uma concessionária de veículos implementou um sistema RFID no pátio de estoque dos automóveis. Com auxílio de um drone com um receptor ele percorre o pátio de veículos em dias de muita neve e identifica os veículos que estão em estoque. A integração desses dois sistemas reduziu o tempo de dias para minutos, aumentando bastante a eficiência da operação da empresa no seu posicionamento de estoque (Perin, 2017), conforme mostrado Figura 9.

Figura 9 – Utilização de drones para inventários e análise de estoque



Fonte: Rfidjournal, 2017.

No âmbito do transporte marítimo, a A.P. Moller Maersk A/S a principal operadora de containers de classe mundial, em 2016 testou a utilização de drones para auxiliar no transporte de pequenos itens da costa para a embarcação na área de fundeio. O teste ocorreu em Kalundborg e foi aprovado pelas autoridades dinamarquesas (Maersk, 2016). A Figura 10 exemplifica o teste realizado pela empresa.

Esta solução pode auxiliar a empresa no embarque de uma série de itens, tais como, correspondências, remédios e peças de reposição, podendo reduzir os custos operacionais anual em torno de U\$ 9,000 por navio, considerando estas pequenas operações (Maersk, 2016). Considerando que a empresa tem cerca de 100 navios tanques esta redução de custo nesta atividade pode alcançar até \$ 900,000 ano. Além disso, os drones também podem ser utilizados a bordo dos navios para auxiliar em tarefas, como por exemplo, inspeções de casco, convés e outras partes de difícil acesso no navio.

Figura 10 – Drone entregando material para navio tanque da Maersk durante teste de viabilidade da operação em 2016



Fonte: Marinelog.

A autoridade Marítima e Portuária de Cingapura tem utilizado drones para acompanhar incidentes marinhos, suporte na limpeza em vazamentos de petróleo e em operações de busca e salvamento (Maritime and Port Authority, 2016). A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra a aplicação de drone empregado na identificação de vazamentos de petróleo no entorno do porto. Estes drones podem capturar eventos e transmitir vídeos ao vivo de volta ao centro de controle em tempo quase real, o que permite uma rápida identificação de problemas e melhorar a resposta para tomada de decisões.

Figura 11 – Utilização de drone no porto de Cingapura



Fonte: Rotor Drone.

Deste modo, drones desta natureza podem ser utilizados no monitoramento de áreas próximas a terminais portuários, para identificar navios ilegais ancorados que podem causar acidentes e colocar em risco a navegação.

Outra solução interessante foi desenvolvida pela Airobotics que permite conectar operações de solo e mar em portos marítimos utilizando drones. Essas aeronaves podem ser utilizadas para monitoramento do tráfego terrestre e marítimo, segurança do terminal, algum tipo de resposta de emergência, além de tarefas operacionais, conectando os operadores portuários aos dados obtidos através dos drones.

Além de drones aéreos, recentemente foram desenvolvidos drones aquáticos para serem empregados nas operações portuárias. A empresa holandesa RanMarine desenvolveu um drone náutico totalmente autônomo para limpeza de resíduos marinhos em terminais portuários. Um projeto piloto foi lançado em 2016 no porto de Roterdã para chamado "Tubarões de lixo" que utiliza energia solar para coletar lixo de plástico, contaminantes químicos e derrames de óleo antes de serem levados para o mar aberto no entorno do porto. O sistema utiliza-se de inteligência artificial e pode ser monitorado remotamente, além de estar integrado a um banco de dados fornecendo informações relativas as operações realizadas (Flanders Cleantech Association, 2017).

3.2 CARACTERÍSTICAS DOS DRONES COMERCIAIS

Diante do exposto anteriormente é possível verificar que os drones tem sido amplamente utilizado em diversas aplicações no setor de transporte e de forma crescente no setor marítimo portuário. No mercado nacional e internacional já existem inúmeros tipos de drones que podem ser aplicados as mais diversas atividades. Contudo, no setor portuário verificamos que as aplicações são customizadas em função da necessidade da aplicação. Por exemplo, o caso da Maersk é possível verificar que o drone foi adaptado para o transporte de pequenos pacotes até a embarcação. No caso do porto de Cingapura o drone foi adaptado para pousar na área e por isso dispõem de flutuadores.

Porém nesta pesquisa sobre tipos apresentamos os drones comerciais com potencial de utilização em alguns serviços de básicos em terminais portuários brasileiros. Os drones selecionados levaram em consideração principalmente autonomia de voo, velocidade, alcance e baixo custo, em função da natureza dos serviços principais que podem ser realizados no auxílio das operações portuárias. A Tabela 1 apresenta os drones selecionados.

Tabela 1 – Principais tipos de drones identificados com potencial de aplicação em portos no Brasil

Modelo	Fabricante	Núm. de Hélices	Autonomia	Alcance	Peso	Velocidade	Valor (R\$)	Qualidade (Câmera)
Phantom 4 Pro	DJI	4	30 min	7 km	1388 g	72 km/h	8 mil - 10 mil	20 MP (grava em 4k 60fps)

Phantom 3 Pro	DJI	4	23 min	6km	1280 g	57 km/h	7mil - 8mil	12.4 MP (grava em 4k 30fps)
3DR SOLO		4	20/25 min	4km	1800 g	88,5 km/h	8,2 mil	Acopla Go Pro
Karma Qkwxx - 511	Go Pro	4	20 min	3 km		54 km/h	8 mil - 10 mil	Acopla Go Pro
Inspire 1 V2 - 4K	DJI	4	18 min	5 km	3060 g	79 km/h	12,9 mil - 14mil	12.4 MP (grava em 4k 30fps)
Q500 4K	YUNEEC	4	25 min	2.5 km	1700 g	30 km/h	8mil	12 MP (grava em 4k 30fps)

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Nota-se que os drones selecionados apresentam uma autonomia média de 20 minutos de voo. Quando comparado com os drones aplicados para fins militares o tempo de autonomia destes equipamentos é muito superior aos utilizados em operações convencionais. Ao longo da investigação verificamos que os projetos customizados também pode-se buscar equipamentos que ofereçam maior autonomia, porém recai numa questão de custo do equipamento. Observa-se que dentre a faixa dos equipamentos selecionados o Phantom 4 Pro é que tem maior alcance de 7 km. Com este nível de alcance dependendo da localização do terminal portuário e da área de fundeio, ou mesmo da localização das boias no canal é possível fazer uma inspeção remota. A velocidade de cruzeiro dos drones também é variável e identificamos o 3DR SOLO com capacidade de atingir até 88,5 km/h. Ou seja, existe uma relação importante entre a autonomia e a velocidade do equipamento. A autonomia está associada com a capacidade da bateria e quanto maior a velocidade, o equipamento pode ser utilizado para realizar maior número de tarefas dentro de um determinado espaço de tempo.

Existe uma relação direta do peso x velocidade, pois os equipamentos mais pesados desenvolvem velocidades menores. Nestes casos, todos os equipamentos selecionados não são projetados para transportar peso adicional. Em termos de custo a faixa de valores varia entre R\$ 8.000,00 e R\$ 14.000,00 que são valores médios praticados no mercado. Todos os equipamentos também foram selecionados considerado que a capacidade de aquisição de

imagens e vídeos devem ser em tempo real, com a possibilidade de transmissão para uma central para o usuário do equipamento.

Cabe salientar que, em geral, a maioria dos casos de aplicações profissionais as instituições/empresas que utilizam drones para finalidades mais específicas e experimentais desenvolvem um projeto próprio. Isso é devido as necessidades da aplicação e atendimento de especificações da atividade em questão, como são a maioria dos casos anteriormente exemplificados. Isso se dá pelo fato de o protótipo exercer diferentes tipos de atividades e de demandar diferentes autonomias de voo, o fato de ter que conter algum outro tipo de equipamento, utilização ou não de câmeras, etc.

Assim, um terminal portuário interessado em utilizar drones para atividades específicas como transporte de documentação, envio de materiais entre outras podem desenvolver um projeto específico para esta função. Os drones apresentados na Tabela 1 visam apresentar os disponíveis no mercado e de baixo custo que podem ser adquiridos para funções de monitoramento remoto pelos terminais portuários brasileiros.

3.3 POSSÍVEIS APLICAÇÕES DE DRONES EM TERMINAIS PORTUÁRIOS

Para avaliar as possíveis aplicações dos drones nós identificamos algumas áreas dos terminais portuários que esta aplicação pode ser utilizada. Em função das especificidades existentes em cada terminal, nós fizemos um levantamento dos possíveis problemas enfrentados em cada uma destas áreas, bem como, avaliamos as vantagens e desvantagens que estes equipamentos podem trazer.

Para capturar a impressão dos profissionais que atuam no segmento portuário nós aplicamos um questionário com perguntas abertas para cada um dos itens junto alguns profissionais de terminais portuários no Brasil e no exterior. Nós convidamos 30 profissionais para responder o questionário. Contudo, nós obtivemos apenas as respostas de 4 profissionais que refletem as vantagens e desvantagens desta aplicação. Verificamos que uma provável dificuldade para coletarmos as respostas refere-se a falta de experiência dos convidados em relação a este tipo de aplicação no setor. Neste sentido, os pesquisadores também incorporam nesta análise sua percepção sobre as vantagens e desvantagens desta utilização. Não identificamos nenhuma aplicação desta tecnologia em portos nacionais. A Tabela 2 e Tabela 3 resumam os pontos principais relativos a aplicação de drones em portos.

Tabela 2 – Principais aspectos relacionados com a vantagem e desvantagem de drones

Área do porto	Principais problemas enfrentados	Vantagens	Desvantagens	Requisitos a serem atendidos
Manutenção	- Manutenção de áreas de difícil acesso (tetos de galpões, locais confinados, áreas de risco, estruturas do píer); Transporte de peças	Eliminação de riscos com exposição de empregados; Facilidade de identificação de problemas estruturais; Redução no tempo de inspeções durante manutenção preventiva; Transferir pequenas peças do almoxarifado para área de manutenção Monitoramento remoto de áreas de alto risco de quebra de equipamentos Monitoramento de ruídos em equipamentos móveis (roletes de esteira)	Necessita de equipamento com alta capacidade de resolução de câmera; Problema com a autonomia do equipamento durante inspeções demoradas; A avaliação humana do problema pode ficar prejudicada, uma vez que depende da qualidade da imagem e não com a sensibilidade visual.	Em alguns casos, além da câmera de alta definição, câmeras de calor ou infravermelho podem ser aplicadas para detecção de falhas em equipamentos que demandam análise por meio de calor; Necessidade de equipamentos para permitir instrumentação remota; Necessidade de customização e instalação de sensores para detecção; Capacidade de transporte de peças, ferramentas e equipamentos;
Operação de pátio	Avaliação de topografia de pilhas (terminais de graneis sólidos); Coleta de particulados (terminais de graneis sólidos); Avaliação de armazenagem de containers;	Agilidade na coleta de dados; Qualidade na apresentação dos resultados. Diminuição dos riscos ao elemento humano; Auxílio no controle e vigilância da área interna e externa do pátio;	Necessidade mão de obra capacitada para utilização do equipamento; Métodos de análise de dados precisam estar bem definidos; Dificuldade de monitoramento em condições de mau tempo;	Os novos requisitos devem ser formulados em termos de áreas de ação; Capacidade de operação em dias de mau tempo; Requisitos de identificação e operação noturna;

	Avaliação de armazenagem de carga geral; Controle e vigilância;	Identificação de pessoas e objetos movendo-se em áreas não permitidas; Rastreabilidade da carga com a integração de outras tecnologias acessórias como RFID.		
--	--	---	--	--

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Tabela 3 – Continuação Principais aspectos relacionados com a vantagem e desvantagem de drones

Área do porto	Principais problemas enfrentados	Vantagens	Desvantagens	Requisitos a serem atendidos
Operação de píer	Monitoramento das operações de manobra dos navios na frente do píer; Controle do carregamento do navio; Acesso a porões dos navios; Verificação do calado dos navios “draft survey” Transporte de documentos entre o porto e navio	Acompanhamento em tempo real da operação de manobra do navio junto píer e berços; Acompanhamento do processo de amarração dos navios; Verificação do nível de carga dentro dos porões; Redução do tempo para verificação dos calados dos navios durante o carregamento Identificação de descargas proibidas pelo navio	Não oferece a mesma confiabilidade do CFTV, devido a autonomia do equipamento; Necessidade de substituição constante de bateria, considerando aplicações convencionais; Necessidade de treinamento de pessoal para utilização do equipamento; Risco de perda do equipamento devido a colisão com	Capacidade de realizar pouso na água; Impermeabilidade devido a utilização em local com umidade; Autonomia Capacidade de monitoramento noturno e em condições de mau tempo;

		Diminuição dos riscos de acidente da equipe do porto durante as atividades rotineiras;	equipamentos, bem como, contato com a água;	
Operações de fiscalização	Falta de cobertura de câmeras; Segurança patrimonial; Roubos Acidentes	Oferece maior flexibilidade e melhor desempenho, podendo identificar efeitos cruzados negativos e ineficiências no processo; O monitoramento de áreas sensíveis	Necessidade de identificar as áreas sensíveis de monitoramento; Burocracia dos órgãos quanto a liberação para utilização do equipamento;	Dificuldade de estabelecer claramente por conta dos requisitos dos órgãos;
Monitoramento ambiental	Dificuldade de acesso a certas áreas sem cobertura de câmeras; Falta de mão de obra para realizar fiscalização; Dificuldade para monitorar e detectar vazamentos	Maior agilidade e menor uso de mão de obra em áreas de risco; Facilidade de detecção remota de fontes de poluição;	Coletas apenas por imagem; Dificuldade de coleta de amostra;	Necessidade de customização para coleta de amostras de material contaminado; Necessidade de câmera de alta definição;

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Em termos gerais, as novas condições de uso de drones vão obrigar a regulamentar os referidos veículos aéreos, já que foram regulamentados pelos veículos marítimos. Os desenvolvimentos tecnológicos ainda estão em fase inicial e com o avanço dos mesmos serão possíveis as realizações de novas funções no campo da automação e da robotização, que geram padrões de medição e posterior avaliação. Daí a motivação de desenvolver estudos mais detalhados e fazer análises do uso desses equipamentos no setor portuário.

3.4 PARÂMETROS LEGAIS

Os parâmetros legais para utilização de drones no Brasil foram definidos pela ANAC. As aeronaves não tripuladas foram divididas em aeromodelos, drones usados para fins recreativos, e aeronaves remotamente pilotadas (RPA), drones utilizados para operações comerciais, corporativas ou experimentais.

Pela regra geral, os drones com mais de 250g só poderão voar em áreas distantes de terceiros (no mínimo 30 metros verticais), sob total responsabilidade do piloto operador e conforme regras de utilização do espaço aéreo do Departamento de Controle do Espaço Aéreo - DECEA.

Caso exista uma barreira de proteção entre o equipamento e as pessoas a distância especificada não precisa ser observada. Para voar com drones com mais de 250g perto de pessoas é necessário que elas concordem previamente com a operação, ou seja, a pessoa precisa saber e concordar com o voo daquele equipamento nas proximidades onde se encontra.

No caso de terminais portuários é necessário verificar que os drones identificados como possíveis candidatos a operação (Tabela 1) pesam em média 1.845g. Neste caso, a regra acima se aplica as condições de trabalho para os drones junto aos terminais portuários. Contudo, cabe salientar que na área do porto as pessoas que estão trabalhando deverão autorizar que a companhia se utilize destes equipamentos para monitoramento de operações.

Segundo a ANAC, salienta-se ainda que as operações totalmente autônomas desses equipamentos, ou seja, naquelas onde o piloto remoto não é capaz de intervir, continuam proibidas no país. Essas operações diferem-se das automatizadas, nas quais o piloto remoto

pode interferir em qualquer ponto. A Tabela 4 apresenta os requisitos de aeronavegabilidade no Brasil.

Tabela 4 – Exigências para aeronavegabilidade no território brasileiro

Classe	Peso Máximo de Decolagem	Exigências de Aeronavegabilidade
Classe 1	RPA > 150kg	Equipamentos desse porte devem ser submetidos a um processo de certificação semelhante ao de aeronaves tripuladas promovendo ajustes de requisito de certificação ao caso concreto. Esses drones devem ter o Registro Aeronáutico Brasileiro e devem estar identificados com sua marca de nacionalidade e matrícula.
Classe 2	25kg < RPA <= 150kg	O regulamento estabelece os requisitos técnicos do projeto e efetuam a aprovação ou não do projeto uma única vez. Além disso esses drones devem ter o Registro Aeronáutico Brasileiro e devem estar identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula.
Classe 3	RPA <= 25kg	As RPA dessa classe que forem operar além da linha de visada ou acima de 120m de altura precisam de autorização da ANAC, bem como registro e identificação com suas marcas de nacionalidade e matrícula. Drones que operam dentro do limite de 120m de altitude e em linha de visada não precisam de projeto autorizado, somente deve ser feito o cadastro na ANAC (Sistema SISANT). Drones com até 250g não precisam de nenhum tipo de registro.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Outros requisitos que precisam ser seguidos são mostrados a seguir e deverão ser notados para implantação deste sistema em terminais portuários.

3.4.1 Idade mínima para pilotagem

Para pilotar drones, os pilotos remotos e observadores devem ter no mínimo 18 anos. Para pilotar aeromodelos não há limite mínimo de idade. Deste modo, os portos precisaram realizar o treinamento dos funcionários para exercer a função de piloto de aeronave.

3.4.2 Cadastro

O cadastro dos drones (Classe 3) com peso máximo de decolagem superior a 250g é obrigatório e deve ser feito pelo Sistema de Aeronaves Não Tripuladas (SISANT) da ANAC. O Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.11, Edição Especial 2, Ago. 2018.

número de identificação gerado na certidão de cadastro deve estar acessível na aeronave ou em local que possa ser facilmente acessado, de forma legível e produzido em material não inflamável. Deste modo, os terminais portuários deverão estar atentos ao tipo de equipamento que serão adquiridos para que atendam aos requisitos de cadastro dos equipamentos.

3.4.3 Registro de voos

Os voos com aeromodelo e RPA Classe 3 não precisam ser registrados. Os voos com as demais aeronaves não tripuladas devem ser registrados. Como os drones para atender as demandas dos portos precisam ser robustos é necessário que os voos sejam registrados. Esse é um item de extrema importância, pois dependendo da área que se deseja inspecionar é necessário realizar previamente todas as operações de voos. Requisitos semelhantes também são considerados em outros portos estrangeiros como observado nos portos de Roterdã e Cingapura.

3.4.4 Licença, Habilitação e Certificado Médico Aeronáutico

Uma atenção no processo de seleção dos funcionários portuários para pilotar os drones referem-se as licenças necessárias. Operadores de aeromodelos e de aeronaves RPA de até 250g são considerados licenciados, sem necessidade de possuir documento emitido pela ANAC desde que não pretendam usar equipamento para voos acima de 121,92 metros. Em geral, em função das alturas dos equipamentos portuários é muito provável que os voos não ultrapassem a altura limite estabelecida pela ANAC.

Serão obrigatórias licença e habilitação emitidas pela ANAC apenas para pilotos de operações com aeronaves não tripuladas RPA das classes 1 (peso máximo de decolagem de mais de 150 kg) ou 2 (mais de 25 kg e até 150 kg) ou da classe 3 (até 25 Kg) que pretendam voar acima de 121,92 metros.

Pilotos remotos de aeronaves não tripuladas RPA das classes 1 (mais de 150 kg) e 2 (mais de 25 kg e até 150 kg) deverão possuir ainda o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) emitido pela ANAC ou o CMA de terceira classe do DECEA. Este item se aplica diretamente as operações portuárias, conforme os drones identificados na Tabela 1.

3.4.5 Documentos obrigatórios durante as operações

Nas operações realizadas com aeronaves não tripuladas com peso máximo de decolagem superior a 250g, os operadores deverão portar documentos obrigatórios. Dentre eles estão o manual de voo, documento de avaliação de risco e apólice de seguro.

É obrigatório possuir seguro com cobertura contra danos a terceiros nas operações de aeronaves não tripuladas de uso não recreativo acima de 250g. considerando que dentro da área portuária a operação com drones pode gerar riscos aos funcionários e pessoas no entorno é necessário que seja segurada a operação.

3.4.6 Transporte de cargas

Um item importante que deve ser observado na utilização dos drones em portos é o potencial de transportar cargas, equipamentos, peças, documentos, ferramentas e etc. contudo, não podem ser transportados pessoas, animais, artigos perigosos e outros tipos de carga proibidas pelas autoridades competentes.

Artigos perigosos poderão ser transportados quando destinados a lançamentos relacionados a atividades de agricultura, horticultura, florestais ou outras definidas pelo novo regulamento.

Poderão ser transportados equipamentos eletrônicos que contenham baterias de lítio necessárias para seu funcionamento, desde que sejam destinadas para uso durante o voo, tais como câmeras fotográficas, filmadoras, computadores etc.

Deste modo, é necessário identificar se os itens que se desejam transportar com drones dentro do ambiente portuário atendem os requisitos da legislação vigente.

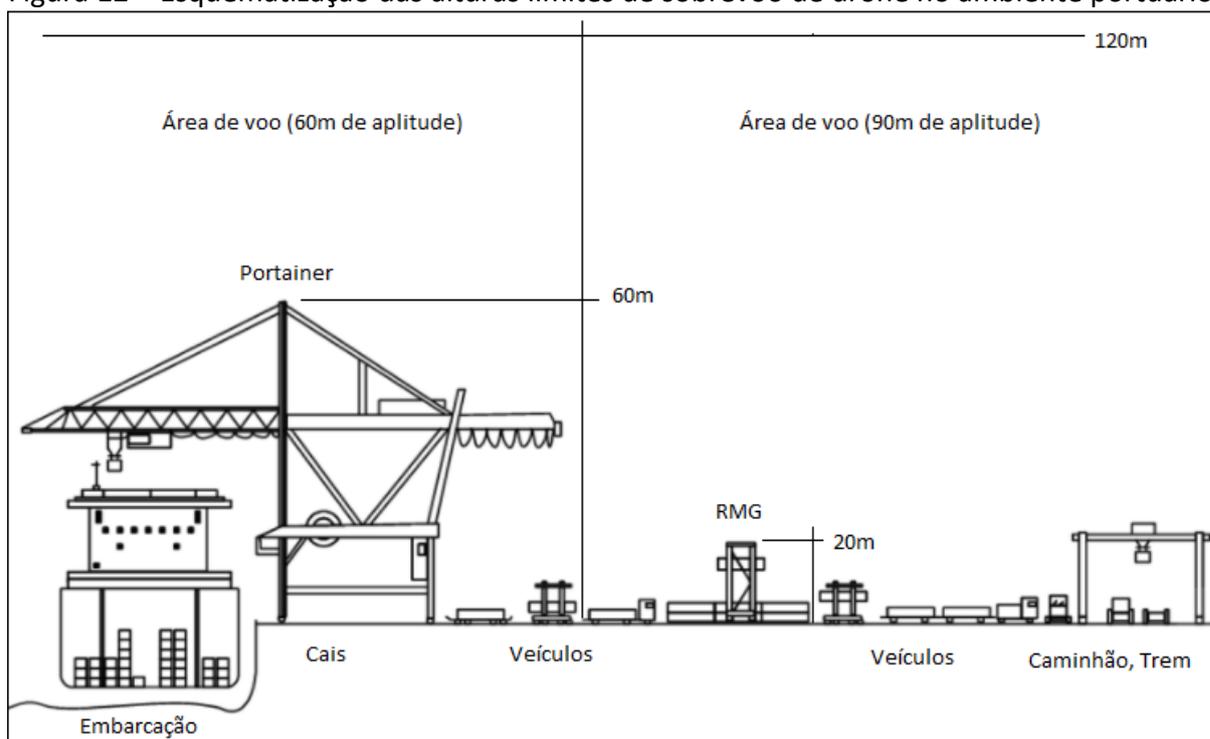
3.4.7 Locais de pousos e decolagens de drones

Os terminais portuários são locais fechados em que o acesso é restrito apenas para suas operações internas. Deste modo, pousos e decolagens também podem ser feitos em áreas distantes de terceiros e desde que não haja proibição de operação no local escolhido. A operação de aeronaves não tripuladas em aeródromos só pode ocorrer se for expressamente autorizada pelo operador aeroportuário, podendo a ANAC estabelecer condições específicas.

Uma atenção especial precisa ser dada a esta questão, pois poder-se-á ser necessário que os terminais possam obter uma autorização especial para que os drones possam levantar voo dentro da sua área de interna. Esta autorização deverá ser emitida pela ANAC.

Neste contexto, nós sumarizamos as informações principais relativas as áreas limites de voo dentro de um terminal portuário na Figura 12.

Figura 12 – Esquemática das alturas limites de sobrevoo de drone no ambiente portuário



Fonte: Adaptado de Steenken et al., 2004, p. 13.

Nós selecionamos um terminal de contêineres em função das alturas dos equipamentos de berço “Portainer”. A altura média identificada é de 60 m do portainer, ou seja, considerando que o limite de voo é 120 m existe uma área livre de voo de 60 metros. Os outros equipamentos de pátio apresentam altura menores, porém deve ser respeitado o limite de que com pessoas abaixo do drone a altura mínima de voo é 30 metros em relação ao chão.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nós concluímos que os drones podem ser aplicados em terminais portuários e apresentar ganhos nas operações do dia-a-dia do terminal. A utilização dessas aeronaves pode reduzir os tempos de resposta para diversos tipos de ocorrência dentro de um terminal portuário no âmbito da operação, de segurança, inspeção ou monitoramento de atividades

complexas que apresentam dificuldades para o ser humano.

Embora existam ainda limitações em relação a autonomia destes equipamentos eles mostram-se viáveis conforme uma serie de exemplos de aplicações demonstrado neste estudo. É importante que os terminais portuários brasileiros atendam os critérios exigidos pela ANAC para utilização de drones, considerando o treinamento e segurança nas operações. Nós acreditamos que os terminais portuários brasileiros podem reduzir custos operacionais com a utilização desta tecnologia. Os drones permitem monitorar as áreas internas e externas do porto com elevada precisão e eficiência.

REFERENCIAS

ALLIANCE, S. M. A., and Custom Education. The Drones of Medicine. In: CAMPBELL, J. F.; DONALD C. S. II; e ZHANG, J. **Strategic Design for Delivery with Trucks and Drones.** (2017).

FERREIRA, T. B. **Não Estamos Violando a Primeira Lei da Robótica: Drones e os Limites da Inteligência Artificial,** 2014.

JACOBSEN, L. R. **Drones: a evolução da tecnologia militar e os desafios do direito internacional humanitário,** 2014.

KIM, Yun Chul, et al. **Strategy and Further Researches for Operation of Drone Logistics System.** *한국경영과학회 학술대회논문집*, p.2376-2387, 2016.

KOLODNY, L. **Mercedes-benz and Matternet unveil vans that launch delivery drones,** 2016.

MAERSK, T. Drones are going to save Maersk Tankers money, 2016.

NEWCOME, Laurence R. **Unmanned aviation: a brief history of unmanned aerial vehicles.** Aiaa, 2004.

PERIN, E. **Drones Reduce Inventory Time from Days to Minutes at Car Dealerships.** RFID Journal. 2017.

PRIGG, M. **The Ambulance Drone That Could Save Your Life.** Flying Defibrillator Can Reach Speeds of 60 mph, 2014.

SACHAN, D. The age of drones: what might it mean for health? **The Lancet,** 2016, p. 1803.

SPALLANZZANI, N. **For When the Sky is not the Limit: Non-Lethal Drone Use by Law Enforcement,** 2017.

STARR, M. **Ambulance drone delivers help to heart attack victims,** 2014.

The Need for a Life Cycle Assessment of Drone-Based Commercial Package Delivery Joshua Stolaroff Lawrence Livermore National Laboratory, v. 25, 2014.

Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.11, Edição Especial 2, Ago. 2018.