
USO DE *DRONES* ADAPTADOS PARA EMERGÊNCIAS MÉDICAS

**Luiz Eduardo Morais de Oliveira
Hélio Pekelman**

Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Resumo

Este trabalho tem como objetivos propor um sistema e projetar um dispositivo a ser acoplado a um *drone* comercial para emergências médicas. Existe um atraso das ambulâncias para os solicitantes na cidade de São Paulo, e esse atraso é prejudicial a todas as vítimas, principalmente para aquelas com doenças cardiovasculares. As doenças cardiovasculares englobam um diverso conjunto de outras doenças, e, entre elas, a taquicardia ventricular e a fibrilação ventricular foram as escolhidas como tema de estudo. Houve uma pesquisa para a determinação dos modelos do desfibrilador, do *drone* e de sua câmera que serviram como requisitos para o desenvolvimento do dispositivo para ser acoplado a um *drone* comercial. A análise de viabilidade foi feita estudando os fatores legais e financeiros do trabalho a ser realizado pelo *drone*. Para a viabilidade legal, estudaram-se as principais regulamentações dos principais órgãos regulatórios brasileiros. Para a viabilidade financeira, determinou-se o tamanho da frota de *drones* e fez-se o balanço de custos do sistema de *drones*. Os resultados deste trabalho mostram que é possível adaptar um *drone* comercial para realizar um procedimento médico para poder salvar vidas e reduzir o tempo de espera pelo atendimento médico.

Palavras-chave: *Drone*. Dispositivo. Doenças cardiovasculares.

1 INTRODUÇÃO

Em situações de emergência, quando uma pessoa requer cuidados médicos, ela avalia e seleciona o tipo de atendimento necessário. O atendimento médico refere-se à forma adotada por um especialista em saúde para auxiliar uma vítima, o que pode ser classificado em duas categorias: urgências e emergências.

As urgências, conforme definido pelo Conselho Federal de Medicina (CFM) na Resolução nº 1451 (Brasil, 1995), referem-se a casos em que os pacientes apresentam ferimentos e lesões que requerem assistência médica imediata, podendo ser ou não graves o suficiente para colocar em risco a vidas deles.

Por sua vez, as emergências, também definidas pelo CFM na Resolução nº 1451 (Brasil, 1995), dizem respeito a casos em que os pacientes possuem ferimentos e lesões graves que representam um risco iminente à vida, exigindo tratamento médico imediato.

Após a definição do tipo de atendimento necessário, o paciente seguirá para o próximo procedimento, que tem como objetivo tratar suas dores. De acordo com o Ministério da Saúde (Brasil, 2019), em casos de emergência ou urgência, o paciente ou seu acompanhante deverá entrar em contato com o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (Samu) ou recorrer à rede de ambulâncias particulares. Eles deverão explicar a situação ao atendente e, no caso do Samu, aguardar a orientação do médico regulador. O médico regulador avaliará a necessidade de um atendimento ambulatorial e fornecerá as instruções adequadas.

Atualmente, indivíduos que necessitam de cuidados médicos urgentes têm duas opções: acionar uma ambulância ou dirigir-se ao hospital, caso estejam em condições de fazê-lo. Para aqueles que optam pela ambulância, há um período de espera que engloba o tempo necessário para o motorista da ambulância mais próximo receber o chamado, percorrer o trajeto até o paciente e prepará-lo na maca, permitindo que profissionais de saúde prestem assistência médica e aliviem suas dores e danos. Já aqueles que escolhem ir com seu próprio veículo, embora não precisem aguardar a localização da ambulância, correm o risco de enfrentar o congestionamento de tráfego, além do fato de o paciente estar sem nenhum tratamento ou alívio, o que pode afetar a atenção do motorista e aumentar o risco de acidentes de trânsito. Essa situação torna-se ainda mais complicada para aqueles que se encontram em áreas de difícil acesso, uma vez que as ambulâncias podem não conseguir percorrer o caminho até o local do paciente, exigindo que ele seja transportado em uma maca por longas distâncias e aumentando o risco de óbito. Em casos de emergência, o tempo é crucial, pois

quanto mais tempo o paciente permanecer sem receber o tratamento adequado, piores serão suas condições de saúde e maior será o risco de morte.

No caso das pessoas que optam pela utilização de uma ambulância, deparam-se com a ocorrência de atrasos no atendimento. Isso é especialmente evidente na cidade de São Paulo, onde o tempo médio de espera do Samu para todos os tipos de chamados, ou seja, o período entre a solicitação e a chegada da ambulância, é de 90 minutos (Giacomoni, 2019). Para situações de emergência, classificadas como prioridade alta, o tempo de espera é de 36 minutos (Zvarick, 2019).

Essa demora no atendimento por parte da ambulância acarreta sérias consequências para o paciente, como evidenciado por um estudo realizado por Larsen *et al.* (1993). Segundo esse estudo, a cada minuto de parada cardiorrespiratória sem ressuscitação cardiopulmonar ou desfibrilação, a chance de sobrevivência do paciente diminui entre 7% e 10%. De acordo com o Cardiac Arrest Registry to Enhance Survival – Carres (2020), em um estudo realizado com a população dos Estados Unidos, a maioria das paradas cardiorrespiratórias ocorre fora do ambiente hospitalar, e 74,2% desses casos acontecem em residências. Esses dados revelam que um grande número de pessoas com problemas cardíacos está vulnerável a situações em que precisam aguardar a chegada da ambulância em suas casas, correndo um alto risco de morte, uma vez que podem estar sozinhas ou acompanhadas por familiares que não possuem conhecimento em procedimentos básicos de primeiros socorros.

O tema abordado é sobre uso de *drones* adaptados em emergências médicas. Surgiu da situação-problema na qual as pessoas com necessidades médicas são prejudicadas pelo atraso de ambulâncias e dos serviços médicos. Esse atraso do serviço médico decorrente de engarrafamentos e serviços ocupados pode ocasionar um dano permanente ou uma possível morte da vítima. Os prejuízos e os danos físicos são maiores para os pacientes de doenças cardiovasculares. Esse grupo de doenças é responsável por 32,23% da mortalidade mundial, segundo a Organização Mundial da Saúde – OMS (World Health Organization, 2019), e por 26,97% da mortalidade do Brasil, de acordo com o Sistema de Informações sobre Mortalidade – SIM (Brasil, 2019). Por causa do longo tempo de espera do serviço médico e do elevado número de mortalidade no Brasil e no mundo de doenças que necessitam de atendimentos imediatos, foi possível perceber que é imprescindível encontrar uma solução para que haja atendimentos médicos mais rápidos.

Este estudo tem como objetivos gerais projetar um dispositivo a ser acoplado a um *drone* comercial e propor um sistema para atender às emergências médicas. Os objetivos específicos são: estudar as urgências e emergências médicas, estudar as propriedades dos *drones* e seu campo de atuação, projetar o dispositivo a ser acoplado ao *drone* e fazer uma análise de viabilidade do projeto.

2 METODOLOGIA

A presente seção tem a finalidade de apresentar a metodologia abordada neste trabalho, que tem os objetivos gerais de projetar um dispositivo a ser acoplado em um *drone* comercial e propor um sistema para atender às emergências médicas. Este artigo apresenta as estratégias de busca utilizadas nas bases de dados selecionadas, os critérios de inclusão e exclusão dos estudos, assim como os procedimentos para extração e síntese dos dados. Além disso, discutem-se as abordagens adotadas para cumprir os objetivos específicos.

2.1 Estudo das emergências e urgências médicas

Para o primeiro objetivo, realizou-se uma pesquisa bibliográfica para estudar as urgências e as emergências médicas. Os documentos analisados foram encontrados por meio de pesquisas em ferramentas de busca na internet, e utilizaram-se artigos científicos, trabalho de conclusão de curso (TCC) e livros. No projeto, adotaram-se os seguintes critérios para a escolha dos documentos usados: estudos que expliquem os métodos de primeiros socorros, estudos que mostrem e expliquem as funcionalidades dos principais equipamentos médicos para primeiros socorros, e estudos que expliquem o grau de dificuldade para a realização dos primeiros socorros. Com base nesse estudo, analisaram-se os documentos encontrados e determinou-se a doença causadora da emergência médica abordada neste trabalho. Os resultados da pesquisa foram analisados de forma a compreender as emergências médicas e a doença causadora, e relacionar a causa da emergência com a doença.

2.2 Estudo das propriedades dos *drones* e seu campo de atuação

Para o segundo objetivo, realizou-se uma pesquisa bibliográfica para estudar os *drones* comerciais e suas capacidades, a aplicabilidade deles em emergências médicas e investigar o campo de atuação do projeto. Os documentos analisados foram encontrados por meio de pesquisas em ferramentas de busca na internet, e utilizaram-se artigos científicos, TCC, livros e catálogos das fabricantes de *drones*. No projeto, adotaram-se os seguintes critérios para a escolha dos documentos usados: catálogos que mostras-

sem modelos de *drones* e suas capacidades, estudos que fornecessem dados regionais sobre a incidência de emergências médicas, estudos com dados do campo de atuação da aeronave e catálogos que indicassem as especificações dos modelos da ferramenta médica escolhida.

Após a coleta de dados dos documentos, fez-se uma análise para a determinação do *drone* comercial e da ferramenta médica usados no projeto. Para a determinação do modelo de *drone* comercial e do equipamento médico, adotaram-se os seguintes critérios: as capacidades dos modelos de *drones*, o campo de atuação e os modelos dos equipamentos médicos e suas funcionalidades. Foram feitos quadros com as características de cada modelo de *drone*, modelo da ferramenta médica e da região de atuação analisados. O tabelamento das características dos *drones* e dos equipamentos médicos foi feito na ferramenta *software* Microsoft Word. Após a determinação do modelo de *drone*, fez-se uma análise para a determinação da câmera do *drone*, adotando como critérios: o modelo da câmera, o peso e suas funcionalidades. Após a determinação dos equipamentos, escolheu-se o campo de atuação do projeto. Para a determinação do campo de atuação do projeto, adotaram-se os seguintes critérios: região, número de emergências médicas em determinada região, temperatura média e velocidade do vento.

2.3 Projeto do dispositivo a ser acoplado no *drone*

Com relação ao terceiro objetivo, projetou-se o dispositivo a ser acoplado ao *drone*. Para projetar o dispositivo a ser acoplado ao *drone*, utilizou-se o *software* Autodesk Inventor 2021. As dimensões e o formato a serem usados no dispositivo foram determinados pelo formato do *drone* comercial previamente escolhido e pelo tamanho dos equipamentos médicos que vão ser transportados. Consequentemente, o dispositivo tem o tamanho e formato que lhe permitem ser acoplado ao modelo de *drone* determinado, tendo um acoplamento justo para evitar que o dispositivo se desprenda do *drone*. O dispositivo também consegue suportar os equipamentos médicos escolhidos de maneira que tenha espaço para todos estes e evitar que alguma parte do equipamento fique para fora do compartimento e possa cair em algum pedestre.

Os materiais do dispositivo e da espuma foram determinados de acordo com a capacidade de peso que o *drone* comercial escolhido possui. Portanto, foram escolhidos materiais que sejam resistentes, para que o dispositivo não quebre durante o transporte, e leves, para que o dispositivo não sobrecarregue o *drone* com um peso acima do recomendado.

2.4 Análise de viabilidade do projeto

Para o último objetivo, realizou-se uma pesquisa bibliográfica para fazer uma análise de viabilidade. Os documentos analisados foram encontrados por meio de pesquisas em ferramentas de busca na internet, e utilizaram-se como referência artigos científicos, TCC, legislações e livros. Adotaram-se os seguintes critérios para a escolha dos documentos usados no projeto: estudos que fizessem uma análise de viabilidade financeira na área de *drones* e estudos que examinassem a viabilidade legal da atuação de *drones*.

Para fazer a análise de viabilidade legal do projeto, foram estudadas as legislações brasileiras que regulamentam o uso de *drones*. A análise determinou se o projeto está dentro das limitações impostas pelas leis e pelos regulamentos brasileiros.

Para fazer a análise de viabilidade financeira do projeto, foram estudados os custos envolvidos para a sua realização. O balanço de custos envolveu o preço do *drone*, o custo dos seus acessórios e de sua bateria, o custo dos equipamentos médicos e o custo dos operadores de *drones*. Os valores de cada item do balanço de custos foram determinados de acordo com as especificações determinadas do projeto nos itens anteriores. Esse balanço é representado numa tabela elaborada com o uso da ferramenta de *software* Microsoft Word.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Diversos estudos estão sendo feitos com a finalidade de estudar a aplicação de veículos aéreos não tripulados (Vant) ou *drones* para o salvamento de vidas. Desses estudos, mostram-se mais relevantes aqueles que focam os tipos de *drones* disponíveis, a análise de viabilidade de *drones* para emergências médicas ou *drones* médicos, a aplicabilidade, o campo de atuação dos *drones* médicos, a modelagem dos *drones* médicos e o atendimento médico que o *drone* irá fazer.

3.1 Estudos de emergências médicas

As doenças cardiovasculares são as que mais matam no mundo, com aproximadamente 17 milhões de óbitos. A maior causadora de mortes no mundo é a doença arterial coronariana, com aproximadamente oito milhões de óbitos ou 49,7% do total

de doenças cardiovasculares, de acordo com a OMS (World Health Organization, 2019). Com base nesses valores, constata-se que existe um grande problema a ser tratado. Então, para este estudo, escolheram-se essas doenças por causa de sua relevância, com destaque ao tempo de atendimento.

A doença arterial coronariana ou doença cardíaca isquêmica é uma doença cardíaca que, segundo o Centro de Controle de Doenças e Prevenção (Centers for Disease Control and Prevention, 2021), é causada pelo acúmulo de placas nas artérias coronárias e em outras do corpo. Esse acúmulo é feito por meio do processo chamado aterosclerose, no qual as placas que são compostas de colesterol vão se acumulando aos poucos até entupir ou bloquear a artéria. Uma das complicações comuns em pacientes com doença arterial coronariana é a parada cardiorrespiratória.

A parada cardiorrespiratória é definida como uma condição na qual o coração súbita e inesperadamente para de bater, segundo o Instituto Nacional do Coração, Pulmão e Sangue (National Heart, Lung And Blood Institute, 2022). Uma das causas mais frequentes da parada cardiorrespiratória é a fibrilação ventricular, que é um tipo de arritmia cardíaca. Segundo o National Heart, Lung And Blood Institute (2022), as arritmias cardíacas acontecem quando o coração não possui uma regularidade nos seus batimentos. Há vários tipos de arritmia cardíaca, porém as três mais comuns são: taquicardia, quando o coração tem um batimento acelerado; bradicardia, quando o coração possui um ritmo mais lento; e batimento prematuro. As arritmias podem acontecer nas duas cavidades do coração, tanto no átrio quanto no ventrículo:

- As arritmias ventriculares ocorrem nos ventrículos do coração e possuem dois tipos principais: taquicardia ventricular e fibrilação ventricular.
- As arritmias supraventriculares podem ocorrer nos átrios do coração ou no nódulo atrioventricular. Há alguns tipos, porém as mais frequentes são a fibrilação atrial e a taquicardia atrial.

Como explicado anteriormente, a parada cardiorrespiratória é uma doença que acomete grande parte da população e pode provocar a morte súbita nos portadores. Para o caso da parada cardiorrespiratória, o tempo é essencial para a sobrevivência da vítima. Estima-se que, para cada minuto de parada cardiorrespiratória sem ressuscitação cardiopulmonar ou desfibrilação, a chance de sobrevivência do paciente caia de 7% a 10%, segundo o estudo de Larsen *et al.* (1993). Isso comprova que o paciente que sofre de parada cardiorrespiratória está numa situação de emergência e precisa de ajuda imediata. Como o atendimento especializado feito por um socorrista ou pelo serviço de emergências médicas pode demorar de acordo com o local em que o indivíduo se localiza, é possível e recomendado que a ajuda seja feita por uma pessoa leiga que é uma espectadora da situação. Segundo o Cardiac Arrest Registry to Enhance

Survival (2020), no seu estudo feito com a população estadunidense, a maior parte das paradas cardiorrespiratórias que acontecem fora do hospital ocorre dentro de residências, contabilizando 74,2% do total de locais pesquisados. A localização da vítima está diretamente relacionada com a disponibilidade de pessoas para ajudá-la, e isso é evidenciado no trabalho do Cardiac Arrest Registry to Enhance Survival (2020), cujos estudos apontam que existe maior chance de ocorrer um caso de parada cardiorrespiratória testemunhada e a vítima receber a reanimação cardiorrespiratória em locais públicos do que em locais residenciais. Com a intenção de ajudar o espectador a ter uma resposta a essa situação, foi criada uma ferramenta de ensino chamada de “Corrente da Sobrevivência” (*Chain of Survival*). Essa corrente tem como fundamentos: acionar o serviço de emergências, realizar uma ressuscitação cardiopulmonar prévia, acionar o desfibrilador externo automático previamente, promover a entrega rápida de cuidado do serviço de emergências médicas, proporcionar o cuidado pós-ressuscitativo e provocar a recuperação. Essa ferramenta evidencia a existência de um modo para que a vítima de parada cardiorrespiratória possa ser tratada, como também a necessidade de um conhecimento prévio. Com isso, surge a questão da disponibilidade de desfibriladores externos automáticos. Essa ferramenta dá o conhecimento necessário para o espectador ajudar uma vítima de parada cardiorrespiratória, porém, durante essa situação, existe uma grande chance de ele não conseguir executar o tratamento completo, uma vez que o local em que se situa não possui desfibrilador externo automático. O uso de desfibriladores externos automáticos e a reanimação cardiorrespiratória dobram a chance de sobrevivência da vítima, segundo os dados do estudo de Weisfeldt *et al.* (2011).

O problema da disponibilidade de desfibriladores externos automáticos surge como um grande problema em vários países, pois dificulta o tratamento pré-hospitalar e diminui as chances de sobrevivência da vítima. O projeto escolheu como foco a emergência médica de parada cardiorrespiratória provocada pela fibrilação ventricular e taquicardia ventricular, por causa da alta incidência na população e pela lacuna existente para parte do seu tratamento, o que inclui a entrega de desfibrilador externo automático e suporte à vítima e ao ajudante.

3.2 Estudos sobre os *drones* e seus usos

Çoban e Oktay (2018) estudam os tipos de *drones* e suas limitações, tendo como objetivo investigar os sistemas de propulsão dos *drones* e de seus tipos de motores. No seu estudo, classificam os Vant de acordo com o uso civil ou militar e suas características de desempenho, sendo elas: peso, duração e alcance no ar, altitude, carregamento na asa e tipo de motor. Esse estudo mostra que existem várias formas de classificar o

drone, e com isso é possível saber também as capacidades do modelo do *drone*. Para os *drones* aplicados na área de saúde com foco em emergências médicas, é importante o conhecimento não só sobre os *drones*, como também sobre o atendimento médico que ele irá fazer.

3.3 Estudos de usos de *drones* para emergências médicas

Sanfridsson *et al.* (2019) realizaram um estudo sobre a experiência e aceitação dos espectadores ou das vítimas visuais em relação à tecnologia de *drones* médicos, demonstrando as dificuldades de uma pessoa leiga em fazer tratamentos médicos e a importância da comunicação entre o profissional da saúde e essa pessoa. Nesse estudo, fez-se uma simulação de uma parada cardíaca fora do hospital em um manequim, em que participaram oito pessoas. De acordo com os resultados da simulação, os autores constataram que a conversa com o despachante acalmou e tranquilizou as pessoas testadas enquanto seguiam suas instruções, realizando os procedimentos médicos pedidos, como a ressuscitação cardiopulmonar e a utilização do desfibrilador automático externo no manequim. Verificou-se ainda a importância de uma interface entre o *drone* e o paciente, de forma a realizar uma comunicação entre o paciente e o médico e garantir um melhor tratamento. Com base no conhecimento relacionado aos *drones* e ao atendimento médico, é possível entender melhor a aplicabilidade deles em emergências médicas.

Krishna *et al.* (2018) desenvolveram um projeto no qual o *drone* pode ser usado em emergências médicas gerais. No estudo, é proposto um protótipo de *drone* ambulância que carrega uma caixa com sensores médicos para o paciente, como medidor de temperatura, medidor de batimento cardíaco e sensor de eletrocardiograma, e transmite os dados para a ambulância, de modo a garantir um tratamento mais adequado. Esse estudo mostra que o *drone* é aplicável para emergências médicas gerais, pois ele pode atuar em qualquer emergência e garantir um melhor tratamento e uma maior chance de recuperação do paciente. No que concerne à aplicabilidade dos *drones*, é importante saber em quais lugares eles podem atuar e ser usados.

Nenni *et al.* (2020) propuseram um estudo de *drones* para emergências médicas na cidade de Avellino, localizada na Itália. O campo de atuação dos *drones* nesse estudo é determinado de acordo com as características da cidade de Avellino: distâncias entre os distritos, altitude média para cada distrito e extensão de cada distrito. Dessa forma, é calculada a frota de *drones* médicos para cobrir a região inteira. Por meio desse estudo, foi possível determinar o campo de atuação dos *drones* médicos de acordo com a cobertura ou o alcance deles para a realização do serviço de entrega de equipamentos de primeiros socorros. Com os conhecimentos a respeito do campo de atuação dos

drones, do atendimento médico realizado por eles e sobre as limitações que apresentam, é possível projetar um modelo de *drone* para ser usado em emergências médicas.

Krishna *et al.* (2018) realizaram a construção de um protótipo de *drone* para entregar um *kit* médico composto de sensores médicos, como medidor de temperatura e de batimento cardíaco, usando equipamentos eletrônicos comerciais, como placa de Arduino e placa Zigbee. Nesse estudo, desenvolveu-se um protótipo que consiste no *drone* e no dispositivo acoplado a ele. Esse estudo mostrou que é possível projetar um *drone* médico e construí-lo. Esse estudo mostrou também que é possível realizar o serviço de auxílio em emergências médicas por meio de *drones* com baixo custo por meio de equipamentos eletrônicos comuns para a sua construção, de forma a facilitar a sua implementação em situações reais. Mesmo depois de o *drone* ser projetado, é preciso saber se o projeto pode ser implementado em situações reais, e, para isso, é preciso fazer uma análise de viabilidades financeira e legal.

3.4 Estudos de viabilidades financeira e legal

Silva Neto (2021) realizou um estudo sobre os mecanismos de controle na utilização de Vant. O autor fez um estudo de caso em Goiânia para a análise do seu espaço aéreo com a verificação de ocorrências com *drones* e do grau de risco que o uso irregular deles pode provocar. Silva Neto (2021) mostra as principais leis e regulamentações dos órgãos fiscalizadores e aponta como são aplicadas nas atividades dos *drones*. No estudo, o autor menciona que, para a atuação de *drones* na região brasileira, é importante fazer uma análise de viabilidade legal, visto que existe não apenas regulamentação, como também órgãos reguladores para o uso de *drones*.

Em relação à viabilidade financeira, Nenni *et al.* (2020) fazem uma análise de custo do seu projeto que tem a finalidade de desenvolver uma frota de *drones* para que possam ser usados em emergências médicas na cidade de Avellino, localizada na Itália. Essa análise de custos leva em conta o custo dos *drones* e seus acessórios, o custo para tornar o serviço operacional e o custo de dispositivos e suprimentos médicos. Esse estudo mostra a importância de uma análise de viabilidade financeira para saber se é viável de acordo com sua capacidade financeira e ter um planejamento financeiro para saber quanto se vai gastar no projeto.

Poudel *et al.* (2019) realizaram um estudo sobre a análise de custos para o transporte de suprimentos médicos para emergências e de sangue, elaborando modelos para analisar o custo do *drones* para o transporte e escolher o mais viável. No estudo, é utilizada uma fórmula para calcular o custo do transporte dos *drones* usando o custo fixo e as componentes do custo variável. Com base nisso, são desenvolvidos modelos para analisar o custo do transporte de sangue e dos suprimentos médicos usando

drone e para saber os impactos dessas características do *drone* no custo do transporte. Os autores usaram os dados obtidos das análises para ter um conhecimento sobre a estrutura de custos do transporte dos *drones* e aplicá-lo em um estudo de caso para emergências médicas em Tampa, na Flórida. De acordo com esse estudo, existem modelos que podem ser aplicados em várias situações para calcular o custo do transporte de *drone* e fazer uma análise de sua viabilidade para o transporte de suprimentos para emergências médicas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estudo do campo de atuação e determinação dos modelos de *drone* e desfibrilador

Com base nos dados obtidos por meio da pesquisa bibliográfica, que utilizou catálogos de fabricantes de *drones*, conforme descrito na seção 2.2, foi possível elaborar a Tabela 1, que apresenta os modelos de *drones* e suas características mais relevantes para o estudo.

TABELA 1

Relação dos modelos dos *drones* com suas características técnicas

Informações técnicas de modelos de <i>drones</i>			
Modelo do <i>drone</i>	Capacidade de carga	Velocidade máxima (modo P)	Duração máxima de voo
DJI Matrice 600 Pro	5,5 kg	65 km/h	Com 6 baterias TB47S: Com carga de 6 kg: 16 min
DJI Matrice 300 RTK	2,7 kg	61,2 km/h	55 min
DJI Matrice 210 V2.0	1,34 kg	61,2 km/h	Com 2 baterias TB55: Com carga de 1,34 kg: 24 min
DJI Matrice 210 RTK V2.0	1,23 kg	61,2 km/h	Com 2 baterias TB55: Com carga de 1,23 kg: 24 min
DJI Matrice 200 V2.0	1,45 kg	61,2 km/h	Com 2 baterias TB55: Com carga de 1,45 kg: 24 min
DJI Phantom 4 Pro V2.0	Não especificada	50 km/h	Aproximadamente 30 min
DJI Phantom 4 RTK	Não especificada	50 km/h	Aproximadamente 30 min

Fonte: Elaborada pelos autores.

Após o estudo dos modelos de *drones*, foi necessário obter conhecimento sobre o campo de atuação do *drone*. Neste projeto, o *drone* será utilizado em situações de emergência médica, transportando um desfibrilador externo automático para casos de fibrilação ventricular e taquicardia ventricular. Para selecionar um desfibrilador externo automático para uso no projeto, foi necessário analisar os modelos disponíveis no mercado e os requisitos necessários, como peso, disponibilidade no mercado brasileiro e funcionalidades. Esses dados estão organizados na Tabela 2.

TABELA 2

Informações técnicas dos modelos de desfibriladores externos automáticos

Dados técnicos de modelos de desfibriladores		
Modelo	Peso	Funcionalidades
Toth EasyShock 5700	1 kg (com bateria e sem acessórios)	Display de LED; um metrônomo e suas pás possuem sensor de eletrocardiograma.
Toth EasyShock 5400	1 kg (com bateria e sem acessórios)	Tela LCD de 7 polegadas; um metrônomo e suas pás possuem sensor de eletrocardiograma.
Heartsine Samaritan PAD 350P	1,1 kg	Display de LED; um metrônomo e suas pás possuem sensor de eletrocardiograma.
ZOLL AED PLUS	3,1 kg	Display de LED; um metrônomo; <i>feedback</i> do RCP e suas pás possuem sensor de eletrocardiograma.
ZOLL AED 3	2,5 kg	Tela LCD de 4,2 polegadas; um metrônomo; <i>feedback</i> do RCP e suas pás possuem sensor de eletrocardiograma.
DEA I.on LCD	1,2 kg (básico), 1,9 kg (completo)	Tela LCD de 4,3 polegadas; um metrônomo e suas pás possuem sensor de eletrocardiograma.

Fonte: Elaborada pelos autores.

No projeto, foi determinado que a atuação dos *drones* será em zonas urbanas, pois são os locais em que ocorrem mais casos de paradas cardíacas. Para ser o foco da pesquisa, foi escolhida a cidade de São Paulo, que é uma zona urbana popularmente conhecida e densamente habitada. Por causa das limitações técnicas do *drone* e das limitações regulamentares brasileiras, a aeronave não pode circular pela cidade inteira, e, por isso, foi necessário escolher um local mais preciso e um raio de atuação do *drone*. A região escolhida da cidade de São Paulo foi a comunidade Heliópolis, localizada no distrito de Sacomã, por se tratar de um local carente de cuidados médicos e de difícil acesso. Segundo o SIM (Brasil, 2018), no distrito de Sacomã (onde se localiza Heliópolis) ocorreram 498 mortes causadas por doenças do aparelho circulatório no ano de 2018, sendo o sexto distrito com maior índice de mortes provenientes desse

tipo de doenças em São Paulo. Com a região escolhida, fez necessário saber outras características do campo de atuação do projeto, como suas condições de operação.

As condições de operação do projeto são os requisitos para que os *drones* consigam atuar sem exceder seus limites e ocasionar acidentes. Um dos requisitos importantes para a delimitação do projeto é a temperatura. A temperatura média anual da cidade de São Paulo em 2021 foi de aproximadamente 20 °C, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (2021). Esse valor de temperatura está entre as faixas da temperatura de operação dos modelos de *drones* e de desfibrilador selecionados, porém esse valor não reflete todas as variações ao longo do território paulistano e ao longo do tempo.

Outro aspecto crucial que impacta diretamente o desempenho do *drone* e que requer atenção é a velocidade do vento. Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (2021), a velocidade média anual do vento na cidade de São Paulo em 2021 foi de aproximadamente 1,2 m/s. Embora esse valor esteja dentro dos limites de operação dos modelos de *drone* estudados, é importante ressaltar que ele não abrange todas as possíveis variações da velocidade do vento ao longo do tempo e do território paulistano. Portanto, o piloto do *drone* deve levar em consideração fatores como temperatura, velocidade do vento e outras condições climáticas, a fim de tomar a decisão de realizar o lançamento da aeronave de maneira segura e em conformidade com as regulamentações brasileiras.

Com as condições ambientais estudadas, foi possível determinar o modelo do *drone* e do desfibrilador externo automático mais adequado para as condições impostas. O modelo de aeronave escolhido foi o DJI Matrice 300 RTK, por apresentar grande capacidade de carga e alta velocidade, com características que propiciam um melhor desempenho na sua atuação. O desfibrilador externo automático escolhido foi o modelo Toth Easyshock 5400, pois ele apresenta leveza, para facilitar o seu transporte, e possui funcionalidades que o tornam intuitivo e permitem que o usuário o utilize com mais facilidade. Após a escolha do modelo de *drone*, foi possível pesquisar e determinar o modelo de câmera compatível com a aeronave e o projeto. A Tabela 3 apresenta os modelos pesquisados.

TABELA 3

Informações dos modelos de câmeras compatíveis com o *drone* DJI Matrice 300 RTK

Dados dos modelos de câmeras		
Modelo	Peso	Funcionalidades
Zenmuse L1	930 ± 10 g	Solução com sistema RGB integrada com Lidar + nível de elevada precisão para pontos de turvação de cor real
Zenmuse P1	800 g	Sensor de imagem integral 45 MP com 3 opções de lentes para missões de fotogrametria
Zenmuse H20	678 ± 5 g	Solução com sensor híbrido com LRF, <i>zoom</i> e câmera com imagem ampla
Zenmuse H20T	828 ± 5 g	Solução com sensor híbrido com LRF, <i>zoom</i> , câmera termográfica e com imagem ampla
Zenmuse Z30	556 g	Câmera com <i>zoom</i> óptico de 30×

Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir dos dados mostrados na Tabela 3, foi possível escolher o modelo de câmera mais apropriado para o projeto dentre os já selecionados. O modelo escolhido foi o Zenmuse Z30, pois possui uma boa relação entre o seu peso e as suas funcionalidades.

Com base nos modelos de *drone*, câmera e desfibrilador externo automático selecionados, foi possível concluir a delimitação do campo de atuação da aeronave e descrever o procedimento proposto para a realização de um atendimento médico utilizando *drones*.

Inicialmente, quando uma pessoa identifica uma vítima em parada cardiorrespiratória, ela faz uma ligação para o serviço de emergência informando a situação. Esses dados são registrados e repassados ao médico regulador pelo atendente. O médico regulador analisa a situação com base nas informações fornecidas e decide se é necessário o uso do desfibrilador externo automático. Caso seja decidido não utilizar o desfibrilador, o médico indica o tratamento por meio de ressuscitação cardiorrespiratória e solicita o envio de uma ambulância ao local. Nesse ínterim, o atendente auxilia o solicitante no procedimento adequado para a vítima.

No caso de optar pelo uso do desfibrilador externo automático, o médico regulador repassa os dados ao setor de controle da aeronave. Enquanto o *drone* está sendo preparado, o atendente recomenda a ressuscitação cardiorrespiratória ou outros procedimentos necessários, e auxilia o solicitante na realização disso.

No setor de controle, os técnicos preparam o *drone* realizando tarefas como carregar a bateria, conferir o funcionamento e a integridade da aeronave, além de carregarem o desfibrilador externo automático. Após a preparação, a aeronave é controlada e supervisionada pelos pilotos no posto de controle, seguindo a rota mais rápida até o local

informado do paciente, evitando áreas com aglomeração e proximidade de helipontos e aeródromos.

Após o pouso, o *drone* entrega o desfibrilador ao solicitante do serviço. O desfibrilador é projetado de forma intuitiva, permitindo que o usuário o utilize facilmente na vítima, seguindo as instruções fornecidas pelo dispositivo. Caso haja dificuldade durante a ressuscitação cardiorrespiratória ou no uso do desfibrilador, o usuário pode continuar em contato com o atendente, que fornecerá as explicações necessárias para o correto tratamento.

Após o atendimento, o médico analisa a nova situação do paciente utilizando os dados da ligação telefônica e a visualização da vítima pela câmera do *drone*. Em seguida, o médico verifica se é necessário o envio de uma ambulância para complementar o atendimento médico já realizado.

4.2 Projeto do dispositivo do *drone*

Seguindo a metodologia, o dispositivo foi concebido em escala real, coletando as dimensões precisas do modelo de *drone* selecionado, o DJI Matrice 300 RTK, por meio do catálogo disponibilizado pelo fornecedor em seu *website*. Após a obtenção das dimensões da aeronave, foram registradas as medidas do modelo de desfibrilador escolhido, o Toth Easyshock 5400.

Das medidas do *drone*, aquelas que se mostraram mais relevantes para a construção do dispositivo foram o diâmetro das barras de pouso, que era de 20 mm, e a distância entre elas, que era de 390,8 mm. As medidas do modelo do desfibrilador foram: altura de 254 mm; largura de 222 mm; profundidade de 76 mm. Para colocar o desfibrilador no dispositivo e acoplá-lo ao *drone*, foram adotadas as seguintes medidas na construção do dispositivo: altura de 272 mm, largura de 234 mm, profundidade de 96 mm e uma espessura de 4 mm. A geometria adotada foi a de uma caixa com formato de paralelepípedo com colares para a fixação nos trens de pouso. A adoção de colares no dispositivo é justificada para melhorar a manobrabilidade do usuário, pois garante que ele consiga facilmente desacoplar o dispositivo do *drone* ao destravar os dois colares fixos nos trens de pouso e depois destravar a tampa do dispositivo para usar o desfibrilador. O resultado do projeto é mostrado na Figura 1.



Figura 1 Dispositivo fechado (imagem à esquerda) e dispositivo acoplado ao *drone* DJI Matrice 300 RTK (imagem à direita)

Fonte: Acervo dos autores.

Após a realização da modelagem tridimensional, foi determinado o material a ser usado no dispositivo que iria ser acoplado ao *drone*. O material teria que ser resiliente de forma a garantir que ele não se quebrasse com facilidade durante o transporte, e deveria ser leve para evitar um excesso na capacidade de carga da aeronave. O material escolhido que cumpre esses requisitos foi o polipropileno.

Para cumprir e melhorar o requisito de segurança, o projeto do dispositivo inclui uma espuma no interior do dispositivo para evitar que o desfibrilador fique se chocando contra o interior da caixa. Após uma pesquisa nas opções de espuma disponíveis no mercado, foi possível determinar o material da espuma. O material escolhido para a espuma foi o poliuretano, por ser facilmente moldável, o que facilita no momento de corte e encaixe do objeto que vai ser inserido no meio da área cortada da espuma, e por apresentar leveza característica, a qual se torna importante para evitar a sobrecarga na aeronave. O peso da espuma de poliuretano é calculado pela sua densidade e pelo seu volume total. Como a espuma de poliuretano possui diversas densidades de acordo com cada fabricante, foi determinada uma densidade específica para revestimento para caixas que é de média densidade: 22 kg/m^3 . O volume foi calculado pelo *software* de modelamento tridimensional que resultou no volume total de $1.131,7 \text{ cm}^3$. Com esses valores, pôde-se determinar o seu peso de 24,8 g. Depois da escolha do material do dispositivo e da escolha do material da espuma, o peso do dispositivo ficou aproximadamente com 0,759 kg, o peso da câmera do modelo Zenmuse Z30 foi de 0,55 kg e o peso do desfibrilador do modelo Toth Easyslock 5400 foi de aproximadamente 1 kg, apresentando o valor total de 2,3 kg, o qual é desejado para evitar um sobrepeso na aeronave, pois é um peso inferior ao limite de carga de 2,7 kg.

4.3 Análise de viabilidade financeira e legal

O *Manual do Comando da Aeronáutica 56-1* (MCA 56-1), desenvolvido pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (Decea), estabelece as regulamentações para o uso de aeronaves não tripuladas em operações de emergência. Ele aborda e regula o uso de *drones* para as aplicações específicas que são utilizadas neste trabalho. Portanto, o MCA 56-1 foi selecionado como o principal regulamento a ser estudado para avaliar a viabilidade legal do projeto. Segundo o MCA 56-1 (Brasil, 2020b, p. 17) no item 2.4, “As regras deste Manual somente serão aplicadas às UA [*Unmanned Aircraft*] que possuam Peso Máximo de Decolagem (PMD) igual ou inferior a 25 kg (vinte e cinco quilogramas)”. Como o peso da aeronave escolhida para o projeto é de 6,3 kg e o dispositivo com os acessórios tem um peso de 2,3 kg, que resultam num peso máximo de 8,6 kg, portanto inferior a 25 kg, o projeto cumpre o regulamento.

Segundo o MCA 56-1 (Brasil, 2020b, p. 19) no item 3.6, “As aeronaves totalmente autônomas não serão objeto de regulamentação e seu voo não será autorizado [...]”. Como foi informado na seção do campo de atuação, a aeronave será comandada por um piloto na base de operações guiando-a até o seu destino final, que é a localização do paciente, ou seja, a operação é manual e não autônoma, portanto, o projeto cumpre o requisito do regulamento MCA 56-1.

O MCA 56-1 impõe requisitos para o ingresso de aeronaves no espaço aéreo brasileiro, dos quais são relevantes para análise os que se aplicam em zonas urbanas, pois são as zonas onde o projeto irá atuar. Esses requisitos são mostrados no item 7.1.2 do MCA 56-1, os quais detalham a distância entre as aeronaves pilotadas e as zonas de aproximação ou de decolagem de aeródromos e heliportos. O projeto tem a finalidade de operar em regiões de difícil acesso, e a região escolhida para atuar foi a de Heliópolis. De acordo com a ferramenta GEOAISWEB (Brasil, 2022), na região de Heliópolis não há heliportos, heliportos, aeródromos ou aeroportos. O aeroporto ou aeródromo público mais próximo da região de Heliópolis é o Aeroporto de Congonhas, distante aproximadamente 6,7 km, segundo a ferramenta GEOAISWEB (Brasil, 2022).

O operador ou piloto da aeronave não tripulada deve ter outros cuidados além dos já citados, e um deles refere-se à distância entre a aeronave e o solo, ou seja, a sua altitude. Segundo o MCA 56-1 (Brasil, 2020b, p. 26), no item 7.2.2.1: “OPERAR NO MÁXIMO ATÉ A ALTURA DE 120 m AGL [*Above Ground Level*] e operar em VLOS [*Visual Line of Sight*]”. Como foi delimitado anteriormente na seção do campo de atuação, a aeronave irá decolar de sua base para se deslocar até onde se localiza o paciente. A região citada de Heliópolis possui 1 km² de área, ou seja, durante o deslocamento da base até a localização do paciente, será possível visualizar a aeronave. No momento da aterrissagem, o *drone* ficará encoberto pelas casas e árvores, ou seja, o

projeto, de acordo com o regulamento, classifica-se como uma operação *Beyond Visual Line of Sight* (BVLOS), que é uma operação além da linha visual. Para ser autorizado esse tipo de operação, **são necessários documentos da** Agência Nacional de Aviação Civil (Anac) e do Decea. Segundo a Instrução do Comando da Aeronáutica 100-40 – ICA 100-40 (Brasil, 2020a), para que esse tipo de operação seja autorizado, é necessário um Aviso ao Aviador (*Notice to Airmen* – Notam) específico que é um aviso que contém informação relativa ao estabelecimento, à condição ou à modificação de qualquer instalação aeronáutica, ao serviço, ao procedimento ou ao perigo, cujo pronto conhecimento seja indispensável para o pessoal encarregado das operações de voo. De acordo com o MCA 56-1 (Brasil, 2020b, p. 23) no item 6, para a operação ser autorizada, são necessários um registro da aeronave no sistema de acesso ao espaço aéreo brasileiro por aeronaves não tripuladas (Sarpas) e a emissão de documentos necessários pela Anac.

Para complementar o estudo da viabilidade legal, foram usadas as legislações feitas pela Anac que regulamentam o uso de aeronaves. Segundo a Regulamentação Brasileira da Aviação Civil Especial nº 94 1 – RBAC-E94 (Agência Nacional de Aviação Civil, 2021), para a Anac autorizar a operação BVLOS de uma aeronave de classe 3, que é uma aeronave com peso acima de 250 g e abaixo de 25 kg, são necessários os seguintes documentos: seguro com cobertura de danos a terceiros, certificado de marca experimental ou certificado de matrícula, certificado de aeronavegabilidade válido, documento que contém a avaliação de risco e manual de voo.

O modelo de aeronave não tripulada selecionado para o projeto, o DJI Matrice 300 RTK, é comercializado no Brasil, porém não é fabricado no país. Por ser uma aeronave importada, de acordo com a Resolução nº 715 da Agência Nacional de Telecomunicações (2019), são necessárias homologações para a aeronave e para o controle remoto para que ela possa ser usada.

Depois de seguir as limitações e restrições impostas pelos órgãos reguladores e fiscalizadores e efetuar o cadastro para obter certificados e autorizações, é possível realizar o voo proposto pelo projeto. Com as regulamentações estudadas e analisadas, o projeto se mostra viável legalmente, pois está apto a seguir as leis e regulamentações ao operar para realizar o serviço de emergência proposto.

Para analisar a viabilidade financeira da frota de *drones*, foi necessário determinar o número dos que irão compor a frota. Para determinar esse número, utilizou-se um modelo baseado no trabalho de Nenni *et al.* (2020). Esse modelo é constituído de três fórmulas, porém foi usada apenas uma, pois as outras não se aplicam a este estudo, sendo ela a Equação 1:

$$ttot = tprep + \left(\frac{d}{v_{h,fl}} + \frac{h_t}{v_{t,fl}} + \frac{h_l}{v_{l,fl}} \right) \cdot (1 - \alpha) \quad (1)$$

em que: t_{tot} = tempo total do voo em segundos; t_{prep} = tempo da preparação do *drone* de 60 s, como proposto no trabalho de Nenni *et al.* (2020); d = distância separando a posição do *drone* da localização da emergência médica de 1,4 km, pois é a distância máxima da região de Heliópolis; $v_{h,fl}$ = velocidade horizontal com carga total, em que foi usado o valor da velocidade horizontal máxima da aeronave de acordo com o fabricante, que é de 17 m/s; $v_{v,fl}$ = velocidade vertical com carga total durante a decolagem, em que foi usado o valor de 5 m/s, que é o valor da velocidade vertical de ascensão máxima fornecida pelo fabricante; $v_{v,at}$ = velocidade vertical com carga total durante a aterrissagem, em que foi usado o valor de 4 m/s, que é o valor da velocidade vertical de descensão máxima fornecida pelo fabricante; h_t = é a altura de decolagem da aeronave, em que foi usado o valor da altura máxima permitida de acordo com a MCA 56-1, de 120 m; h_l = a altura durante a aterrissagem da aeronave, em foi usada a altura máxima permitida de acordo com a MCA 56-1, que é de 120 m; α = fator de correção que considera diferentes fatores que influenciam na operação do *drone* — como não se encontrou esse valor para a cidade de São Paulo, ele não foi usado para o cálculo.

Usando esses valores na fórmula, o resultado do tempo total da viagem foi de 197,1 segundos. Esse valor corresponde a aproximadamente 3,2 minutos. Conforme mostrado anteriormente, o tempo médio para qualquer atendimento coberto pelo Samu na cidade de São Paulo seria de 90 minutos (Giacomoni, 2019), e, para emergências, o tempo médio entre a abertura da solicitação e a chegada do Samu seria de 36 minutos (Zvarick, 2019). Quando se comparam os tempos para cada tipo de veículo, é evidenciado que o *drone* conseguiria chegar ao local da emergência mais rapidamente e atender o paciente. Esse valor evidencia também que a aeronave consegue chegar ao local dentro do tempo-limite para a sobrevivência do paciente, pois, segundo o estudo de Larsen *et al.* (1993), estima-se que, para cada minuto de parada cardiopulmonar sem ressuscitação cardiopulmonar ou desfibrilação, a chance de sobrevivência do paciente caia de 7% a 10%.

Com o dado sobre o tempo estimado para a realização do transporte até o local da emergência, foi possível calcular quantas viagens o *drone* conseguiria realizar com as baterias da aeronave carregadas atuando na região de Heliópolis. Para esse cálculo, foi usada a Equação 2, considerando a duração da carga da bateria do *drone*, ou seja, o tempo máximo de voo até necessitar retornar à base para a troca de baterias. Considerou-se ainda o tempo de preparação do *drone* no começo da sua atividade. Usando o gráfico disponibilizado pelo fabricante, foi possível estimar o tempo de operação que um *drone* conseguiria manter até necessitar do carregamento de suas baterias, ao localizar o valor do tempo correspondente no gráfico e o peso total da carga utilizada no projeto, que é de 2,3 kg e com duas baterias TB60, que resultaria no valor aproximado de 32,8 minutos. Como as baterias podem ser desconectadas de sua carcaça,

o procedimento seria o de voltar até a base de operações para realizar a troca a fim de operar novamente. A Equação 2 é expressa da seguinte forma:

$$N = \frac{t_{bat} - ttot}{t_{per}} \quad (2)$$

em que: N = número de viagens por duração da bateria; ttot = tempo total de voo em segundos; t_{bat} = duração das duas baterias do modelo TB60 da aeronave em segundos; t_{per} = tempo do seu percurso, que é o valor do tempo total de voo subtraído pelo tempo de preparação da aeronave em segundos.

Usando a Equação 2 com os dados obtidos pela Equação 1, atingiu-se o valor de 13 viagens que o *drone* conseguiria fazer com as baterias da aeronave carregadas, atuando na região de Heliópolis. Com os dados previamente propostos, é possível obter o número teórico de 567 de viagens por dia que o *drone* conseguiria realizar durante um dia na região de Heliópolis, sem contabilizar o tempo com o paciente.

Segundo a publicação da Secretaria Municipal da Saúde de São Paulo (São Paulo, 2020), em 2020, o Samu tinha 122 ambulâncias habilitadas espalhadas em 83 bases descentralizadas pelas cinco zonas da cidade e realizou 177 mil atendimentos, o que corresponderia ao número de aproximadamente 485 atendimentos por dia. Com esses valores, calcula-se que uma ambulância poderia em média realizar quatro atendimentos por dia.

Esses dados calculados mostram que a quantidade de atendimentos ou serviços que uma frota de ambulâncias do Samu realizaria durante um dia na cidade de São Paulo poderia ser alcançada pela aeronave ao ser usada na região de Sacomã. Sabendo disso, o tamanho da frota para atender à região de Heliópolis seria de um *drone*, pois ele poderia realizar muitos atendimentos. Em condições reais, pode haver imprevistos, como acontecer duas ocorrências no mesmo momento ou o *drone* apresentar mau funcionamento. Para evitar esses problemas, seria recomendado utilizar dois *drones* para a região, promovendo o suporte ao outro.

Após esse cálculo, foi feita a determinação dos custos do projeto. Nesse balanceamento, consideraram-se os custos de cada item essencial para o funcionamento do serviço de emergência. Os valores foram obtidos conforme são ofertados e comercializados no Brasil (2022). A Tabela 4 apresenta esses valores.

TABELA 4

Custos para a operação de *drones* na área de Heliópolis

Tabela de custos do projeto		
Item	Custo unitário	Custo da frota
Drone DJI Matrice 300 RTK	R\$ 60.000,00	R\$ 120.000,00
Seguro da aeronave	R\$ 495,37	R\$ 990,74
Baterias TB60 (2x)	R\$ 18.477,90	R\$ 36.955,8
Piloto da aeronave	R\$ 2.608,00	R\$ 5.216,00
Computadores para Supervisão	R\$ 3.000,00	R\$ 6.000,00
Desfibrilador Toth EasyShock 5400	R\$ 12.464,00	R\$ 24.928,00
Custo total	R\$ 97.045,27	R\$ 194.090,54

Fonte: Elaborada pelos autores.

Como mostra a Tabela 4, o custo total do projeto foi de R\$ 194.090,54, referente à frota de dois *drones* para atuar na região de Heliópolis nos casos de emergências médicas para os casos de fibrilação ventricular e taquicardia ventricular. O custo foi considerado viável quando comparado ao de uma ambulância do Samu. De acordo com a Secretaria Municipal da Saúde de São Paulo (São Paulo, 2020), uma ambulância custa aos cofres públicos R\$ 172.700,00, sem considerar as despesas referentes à frota inteira, ao salário dos funcionários, à central de regulação, à sede administrativa e às bases descentralizadas do Samu.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, foi percebido um longo tempo de espera para o atendimento às pessoas com necessidades médicas pelos serviços médicos, assim como um elevado número de mortes decorrentes de doenças que carecem de cuidados imediatos. Com base nesse problema, surgiu a necessidade de realizar um atendimento médico mais rápido, de forma a aumentar as chances de sobrevivência da vítima. A forma idealizada neste trabalho de realizar um atendimento médico de forma mais rápida seria com a utilização de *drones*, uma vez que eles não ficariam presos em engarrafamentos e poderiam alcançar locais de difícil acesso com mais facilidade do que outros meios.

Para atingir esse objetivo, realizaram-se o estudo de urgências e emergências médicas, o estudo do campo de atuação e das propriedades dos *drones*, o projeto do dispositivo e a análise de viabilidade do projeto.

Por meio do estudo de urgências e emergências médicas, constatou-se que há muitas mortes decorrentes de doenças cardiovasculares e uma carência de tratamento apropriado para os seus sintomas, como a arritmia cardíaca. Por meio desse conhecimento, pôde-se determinar que tipo de emergência médica o trabalho abordaria, ou seja, fibrilação ventricular e taquicardia ventricular. Consequentemente, foi possível dar prosseguimento aos outros estudos do projeto. Quando se realizou o estudo do campo de atuação e das propriedades dos *drones*, determinou-se o modelo do desfibrilador, do *drone* e de sua câmera, de maneira a se adequarem ao campo de atuação, como os fatores ambientais da localização de atuação selecionada. Com os modelos selecionados, assim como a localização da atuação, foi delimitado como o sistema de *drones* iria atuar numa situação real. Com o campo de atuação delimitado, o dispositivo foi modelado de forma a atender aos requisitos do serviço e dos modelos dos equipamentos utilizados. Com todos os componentes do projeto definidos, analisaram-se as viabilidades financeira e legal do projeto. A partir dessa análise, foi constatado que é possível construir um sistema de *drones* no distrito do Sacomã capaz de realizar o atendimento de emergências médicas, respeitar a legislação brasileira e apresentar custos comparativamente mais reduzidos.

Com o êxito dos objetivos específicos, foi possível concretizar o objetivo geral deste trabalho. Como evidenciado, pôde-se projetar um dispositivo que seria acoplado a um *drone* comercial e propor um sistema de *drones* para atuar em emergências médicas no Brasil. Com base no conhecimento adquirido nos estudos feitos, afirma-se categoricamente que é possível utilizar *drones* para realizar atendimentos médicos de forma mais rápida e garantir maior chance de sobrevivência das vítimas.

O presente estudo apresentou limitações referentes ao acesso aos dados sobre emergências médicas e atuação do Samu. Para pesquisas posteriores, sugere-se a utilização deste trabalho como base para estudar a aplicação no Brasil de *drones* em emergências médicas.

THE USE OF ADAPTED DRONES FOR MEDICAL EMERGENCIES

Abstract

The purpose of this article is to propose a system and design a device to be attached to a commercial drone for medical emergencies. There is a delay in ambulances for applicants in the city of São Paulo, and this delay is harmful to all victims, especially

those who have cardiovascular diseases. Cardiovascular diseases encompass a diverse set of other diseases, among them the diseases ventricular tachycardia and ventricular fibrillation were chosen as the subject of study. There was an research to determine the models of the defibrillator, the drone, and its camera that serve as requirements for the development of the device to be attached to a commercial drone. The feasibility analysis was carried out by studying the legal and financial factos of the work to be performed by the drone. For the legal viability the main regulations of the main Brazilian regulatory bodies were studied. For the financial viability of the drone system, the size of the drone fleet was determined and the drone costs were balanced. The results of this work show that it is possible to adapt a commercial drone to perform a medical procedure in order to save lives and reduce the waiting time for medical care.

Keywords: Drone. Device. Cardiovascular diseases.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil: RBAC-E nº 94. Brasília: Anac, 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. Resolução nº 715. Aprova o Regulamento de Avaliação da Conformidade e de Homologação de Produtos para Telecomunicações. Resolução nº 715. Brasília: Anatel, 2019.

BRASIL. Resolução CFM nº 1451, de 10 de março de 1995. *Diário Oficial da União*, 17 mar. 1995. Disponível em: <https://sistemas.cfm.org.br/normas/visualizar/resolucoes/BR/1995/1451>. Acesso em: 2 nov. 2021.

BRASIL. Sistema de Informações sobre Mortalidade. Brasília: Ministério da Saúde, Banco de Dados do Sistema Único de Saúde, 2000-2019. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sim/cnv/obt10uf.def>. Acesso em: 2 nov. 2021.

BRASIL. Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (Samu 192). Brasília: Ministério da Saúde. 2019. Disponível em: <https://antigo.saude.gov.br/saude-de-a-z/servico-de-atendimento-movel-de-urgencia-samu-192>. Acesso em: 2 nov. 2021.

BRASIL. Aeronaves não tripuladas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro: ICA100-40. Brasília: Comando da Aeronáutica, Departamento de Controle do Espaço Aéreo, 2020a.

BRASIL. Aeronaves não tripuladas para uso exclusivo em apoio às situações emergenciais: MCA 56-1. Brasília: Comando da Aeronáutica, Departamento de Controle do Espaço Aéreo, 2020b.

BRASIL. GEOAISWEB. Brasília: Departamento de Controle do Espaço Aéreo, 2022. Disponível em: <https://geoaisweb.decea.mil.br/#>. Acesso em: 2 abr. 2022.

CARDIAC ARREST REGISTRY TO ENHANCE SURVIVAL. 2020 Annual Report. Cares, 2020. Disponível em: <https://mycares.net/>. Acesso em: 22 fev. 2022.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Coronary artery disease (CAD). CDC, 2021. Disponível em: https://www.cdc.gov/heartdisease/coronary_ad.htm. Acesso em: 23 fev. 2022.

ÇOBAN, S.; OKTAY, T. Unmanned aerial vehicles (UAVs) according to engine type. *Journal of Aviation*, v. 2, n 2, p. 177-184, 23 Dec. 2018. Disponível em: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jav/article/461116>. Acesso em: 2 nov. 2021.

GIACOMONI, R. Tempo médio de espera por ambulância do Samu em SP é de 90 minutos. G1, 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2019/07/11/tempo-medio-de-espera-por-ambulancia-do-samu-em-sp-e-de-90-minutos.ghtml>. Acesso em: 2 nov. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Inmet, 2022. Tabela de Dados das Estações em São Paulo- Mirante A701 no ano de 2021. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/GraficosAnuais/A001>. Acesso em: 1º mar. 2022.

KRISHNA, V. V. *et al.* Design of drone ambulance. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, v. 119, n. 15, p. 1813-1818, July, 2018. Disponível em: <https://www.acadpubl.eu/hub/2018-119-15/4/794.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2021.

LARSEN, M. P. *et al.* Predicting survival from out-of-hospital cardiac arrest: a graphic model. *Annals of Emergency Medicine*, v. 22, n. 11, p. 1652-1658, Nov. 1993. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8214853/>. Acesso em: 21 fev. 2022.

NATIONAL HEART, LUNG AND BLOOD INSTITUTE. What is an arrhythmia? NIH, 2022. Disponível em: <https://www.nhlbi.nih.gov/health/arrhythmias>. Acesso em: 24 fev. 2022.

NENNI, M. E. *et al.* Development of a drone-supported emergency medical service. *International Journal of Technology*, v. 11, n. 4, p. 656-666, 16 Oct. 2020. Disponível em: <https://ijtech.eng.ui.ac.id/article/view/3951>. Acesso em: 2 nov. 2021.

POUDEL, S. R. *et al.* Drone transportation cost analysis for emergency medical products. *International Journal of Business Continuity and Risk Management*, v. 9, n. 3, p. 251-282, Mar. 2019. Disponível em: <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJBCRM.2019.100416?journalCode=ijbcm>. Acesso em: 2 nov. 2021.

SANFRIDSSON, J. *et al.* Drone delivery of an automated external defibrillator: a mixed method simulation study of bystander experience. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, v. 27, n. 1, p. 1-9, 8 Apr. 2019. Disponível em: <https://sjtrem.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13049-019-0622-6#citeas>. Acesso em: 2 nov. 2021.

SÃO PAULO. Frota do Samu da capital recebe 16 novas ambulâncias. São Paulo: Secretaria Municipal da Saúde, 2020. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/saude/noticias/?p=306148#:~:text=Atualmente%2C%20o%20SAMU%20conta%20com,ainda%20conta%20com%2036%20Motol%C3%A2ncias>. Acesso em: 1º abr. 2022.

SILVA NETO, A. C. da. *A utilização de veículo aéreo não tripulado (Vant) em Goiânia e mecanismos de controle*. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciências Aeronáuticas) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2021. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/2081>. Acesso em: 2 nov. 2021.

WEISFELDT, M. L. *et al.* Ventricular tachyarrhythmias after cardiac arrest in public versus at home. *New England Journal of Medicine*, v. 364, n. 4, p. 313-321, 27 Jan. 2011. Disponível em: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmoa1010663>. Acesso em: 20 fev. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global health estimates 2019: deaths by cause, age, sex, by country and by region. WHO, 2000-2019. Disponível em: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/ghel-leading-causes-of-death>. Acesso em: 2 nov. 2021.

ZVARICK, L. Aumenta o tempo de espera para o atendimento do Samu. *Agora*, 2019. Disponível em: <https://agora.folha.uol.com.br/sao-paulo/2019/06/aumenta-o-tempo-de-espera-para-o-atendimento-do-samu.shtml>. Acesso em: 2 nov. 2021.

Contato

Luiz Eduardo Morais de Oliveira
E-mail: engenluizeduardo@gmail.com

Tramitação

Recebido em: 23/03/2023

Aprovado em: 22/05/2023