

# Projeto Preliminar de Multirrotor Híbrido Pulverizador

*Proyecto preliminar de pulverizador híbrido multirrotor*

*Preliminary Project for Hybrid Multirrotor Sprayer*

**Fábio P. O. Fonseca<sup>1</sup>, Diego M. Y. Maya<sup>2</sup>, Angie L. E. Sarmiento<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Grupo TIES (Tecnologias Integradas e Engenharia Sustentável), IMC, Universidade Federal de Itajubá, Brasil. E-mail: fabiofonseca@unifei.edu.br

<sup>2</sup>Núcleo de Excelência em Geração Termelétrica e Distribuída - NEST. Grupo TIES (Tecnologias Integradas e Engenharia Sustentável), IEM, Universidade Federal de Itajubá, Brasil. E-mail: diegoyepes@unifei.edu.br

<sup>3</sup>Grupo TIES (Tecnologias Integradas e Engenharia Sustentável), IEM, Universidade Federal de Itajubá, Brasil. E-mail: angieespinosa@unifei.edu.br

## Resumo

O conceito de agricultura de precisão surgiu com o uso de técnicas avançadas e tecnológicas no manejo das culturas. A tecnologia, quando usada adequadamente, promove o aumento da segurança e da produtividade no campo. Uma das atividades realizadas no tratamento de diversas culturas é a pulverização de fertilizantes, onde o uso de RPAs (aeronaves remotamente pilotadas) é uma forma de implementar tecnologia, controlar a atividade e proteger as pessoas contra produtos tóxicos. Este trabalho desenvolve o projeto mecânico preliminar de um multirrotor pulverizador energeticamente híbrido, utilizando gasolina como combustível. As principais vantagens de um sistema de energia híbrido são que ele não requer o uso de várias baterias e é rapidamente abastecido, substituindo uma carga elétrica. Foi proposto um modelo de equipamento para cumprir a atividade de pulverização sem dificuldades no treinamento remoto de pilotos e regulamentações legais para normas brasileiras de RPAs.

**Palavras chave:** agricultura de precisão, VANT pulverizador, VANT agrícola, multirrotor híbrido.

## Abstract

The concept of precision agriculture arose with the use of advanced and technological techniques in crop management. Technology, when used adequately, promotes increased safety and productivity in the field. One of the activities carried out in the treatment of several crops is the spraying of fertilizers, where the use of RPAs (remotely piloted aircrafts) is a way to implement technology, control the activity and protect people against toxic products. This work develops the preliminary mechanical design of a hybrid spray RPA, using gasoline as fuel. The main advantages of a hybrid power system are that it does not require the use of several batteries and that it is quickly refueled, replacing an electrical charge. A model of equipment was proposed to fulfill the spraying activity without difficulties in remote pilot training and legal regulations for Brazilian RPAs rules.

**Keywords:** precision agriculture, sprayer UAV (Unmanned Aerial Vehicle), agricultural RPA (remotely piloted aircraft), hybrid multirrotor.

## 1. Introdução

Assim como na indústria, produtores do setor agrícola também dependem de melhoria contínua na produção para manter a competitividade comercial e lucratividade. Com a evolução das técnicas de cultivo

e da sua associação com a tecnologia, surgiu o conceito de agricultura de precisão: um conceito amplo, indica o uso da tecnologia da informação, automação e reconhecimento da não uniformidade da área cultivada (L. H. Bassoi *et al.*; 2019).

Dentre os avanços incluídos no conceito de agricultura de precisão, está o intenso controle da produção, desde o pré plantio até a colheita. De acordo com S.S. Rodrigues e M.M. Barros (2018), os veículos aéreos não tripulados são ferramentas que contribuem para a prevenção de danos no cultivo, atuando com sensoriamento remoto. Conforme A. Bernardi *et al.* (2014), uma RPA (*remotely piloted aircraft*) é capaz de reconhecer pragas e monitorar a saúde da plantação com o auxílio de câmeras multiespectrais.

Além de avaliar visualmente a área cultivada, os RPAs podem ser usados para pulverizar adubos foliares ou defensivos contra pragas: tarefa fundamental em muitos cultivos. De acordo com Inamasu *et al.* (2014), para trabalhar segundo a agricultura de precisão é necessário obter dados que detectam a variabilidade espacial, pois a área cultivada não é uniforme. Assim, cada região localizada demanda um tratamento diferente; a aplicação de insumos deve ser realizada com os produtos mais adequados, quantidade e tempo certos, o que implica em cultivos mais racionais, produtivos e responsáveis ambientalmente (F. Artuzo, C. Foguesatto, L. Silva, 2017). Esta demanda reforça o potencial dos drones em cumprir a tarefa de aplicar defensivos, eles podem fazê-lo obedecendo rigorosamente a receita fornecida por um engenheiro agrônomo, por exemplo.

Outras formas recorrentes de se dispersar defensivos sobre lavouras são: manualmente, com uso de tratores e com aviões agrícolas. Dentre alguns problemas dessas técnicas, podemos citar que a primeira expõe o trabalhador ao contato direto com produtos possivelmente tóxicos; a segunda mantém um contato próximo do operador com defensivos e limita o trabalho a locais onde o trator pode acessar; a terceira se caracteriza por alta deriva (dispersão descontrolada) de produtos, o que W.A. Pgnati *et al.* (2006) caracteriza como potencial de “acidente químico ampliado”. Desta forma, se consolida o papel dos drones para implementar tecnologia no cultivo e resolver múltiplos problemas de aplicação.

Para satisfazer às necessidades da agricultura, a Yamaha criou na década de 1990 o helicóptero não tripulado modelo Rmax, dedicado à pulverização de plantações. Sua criação foi justificada pois no Japão, onde foi inicialmente vendido, existem muitas propriedades de pequena extensão que inviabilizam o trabalho de aeronaves tripuladas. Embora eficaz, um helicóptero possui sofisticada construção mecânica, o que eleva à complexidade da fabricação e o torna caro em comparação a multirotores.

Enquanto helicópteros necessitam controlar o ângulo das pás de seu rotor, um drone multirotor controla todos os seus movimentos apenas variando a rotação

das hélices individualmente, o que simplifica a construção e traz estabilidade.

É possível notar uma grande variedade de multirotores de pequeno porte no mercado operando com câmeras, mas há um desafio em aumentar suas dimensões de forma que levem uma carga útil de defensivos agrícolas. R.Y. Inamasu e L.A.C. Jorge (2014) revelam que os drones alimentados por baterias possuem autonomia limitada, principalmente quando se aumenta o peso de decolagem, colocando certa carga útil. Com curta duração do voo, é necessário adquirir um múltiplo número de baterias para trabalho quase contínuo (pausas são necessárias para troca de bateria). Outro empecilho está em recarregar as baterias em campo; levar algumas baterias e grupo gerador à combustão para carregamento se torna tarefa dispendiosa, enquanto seus usuários que valorizam a facilidade de transporte, manuseio e manutenção (A.G. Slongo, D.N. Moraes, M. S. Venturini, 2019).

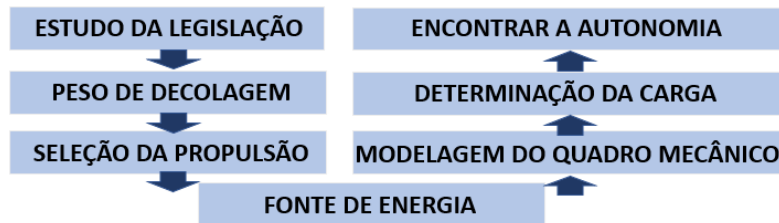


**Figura 1.** Grupo gerador para carregamento de baterias.  
Fonte: página comercial NW SHOP.

Diante das necessidades práticas e tecnologias na pulverização agrícola, se torna relevante avaliar possíveis soluções e inovações sobre RPAs deste setor. O principal interesse deste trabalho é modelar um equipamento de operação prática, habilitada para trabalhar segundo a legislação brasileira de RPAs, demandando pouca capacitação do piloto; assim como avaliar a substituição ou complemento energético das baterias, devido às limitações previamente citadas. O projeto contempla os elementos mecânicos principais, definindo o formato e material do quadro mecânico, define motores de propulsão, especifica a fonte energética, geometria dos pulverizadores, peso e autonomia da aeronave.

## 2. Metodologia

Inicialmente, visa-se garantir que o modelo preliminar projetado possa ser posteriormente desenvolvido e entrar em operação segundo regras brasileiras para veículos aéreos não tripulados. São órgãos brasileiros regulamentadores de RPAs de pulverização: ANAC, DECEA, ANATEL e SINDAG. Estuda-se, como primeira etapa, as normas e requisitos de operação,



**Figura 2.** Fluxograma das etapas do projeto.  
Fonte: elaboração própria.

com o objetivo de determinar o porte da aeronave e exigências para sua operação, principalmente.

A primeira etapa avalia regras da ANAC e DECEA, órgãos que definem algumas características físicas e de operação da aeronave, fornecendo ao projeto dados de entrada - um dos dados mais importantes é o peso de decolagem. Tendo isto, seleciona-se o modelo e quantidade dos motores de propulsão/hélices. Os motores propulsores serão elétricos, devido à sua consolidada controlabilidade dos para uso em RPA.

A fim de obter dados de consumo, ensaia-se um conjunto propulsor: motor e hélice, de modelos selecionados, na faixa de rotação de interesse. O ensaio é realizado em um banco de testes variando a rotação, medindo empuxo e potência elétrica associada. Esse grupo de dados terá utilidade em calcular a potência máxima, média e energia gasta por voo.

Algumas condições de voo são impostas, como peso máximo de decolagem, tempo de voo para a pulverização de um tanque de insumos, tempo aproximação e retorno à base. Nesse ponto, é possível calcular a energia gasta por voo a partir de um gráfico de peso em função do tempo, associado ao gráfico anteriormente obtido de potência em função do empuxo dos motores. Note que ainda não são conhecidos todos os componentes da RPA, portanto, o gráfico de peso em função do tempo deve ser construído a partir de uma estimativa de divisão do peso total entre equipamento e carga útil. Isso levará a um processo iterativo, com um novo cálculo e nova relação de carga útil e peso total.

Nesta etapa, verifica-se a possibilidade de substituir as consolidadas baterias por outra fonte de energia. Assim, se obtém as demais características da aeronave seguindo a sequência da figura 2.

Conhecido o sistema propulsão e sua fonte de energia, elabora-se uma lista de componentes principais da RPA. Posteriormente, modela-se um quadro mecânico para abrigar os itens descritos, determinando os materiais para fabricação de cada peça.

Com os modelos dos componentes principais, seus materiais e pesos, faz-se a simulação computacional de

resistência mecânica, a fim de otimizar o formato e peso do produto final.

Por fim, é possível definir a carga útil, estabelecer condições para pousos de emergência e calcular o tempo de voo máximo. Como complemento, é desenvolvido um modelo de atomizador rotativo para o multirotor.

### 3. Resultados

A partir do estudo sobre legislação, definiu-se seguir o projeto de um multirotor de classe 3, com base na regulamentação da ANAC (2017). Esta classe permite um projeto e documentação simplificados, assim como a capacitação do operador remoto. A escolha se justifica pelo objetivo deste trabalho em propor um drone de operação prática, com capacitação simplificada do piloto.

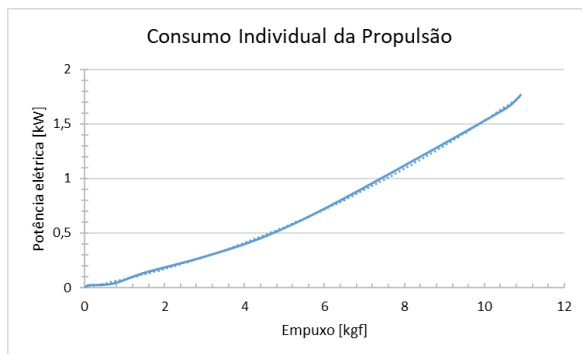
Para a adequação na classe 3 da ANAC, as principais limitações técnicas são: peso de decolagem limitado a 25kg e voo dentro do campo de visão do piloto. Não há prejuízo aqui em limitar o alcance da aeronave para o limite visual, dado que o uso agrícola necessita de trajetórias de baixa altitude. Definiu-se, assim, o peso total do equipamento em 25kg, contando a carga útil.

Para o peso de decolagem descrito, foram selecionados motores elétricos do tipo *brushless*, modelo 8020. Em conjunto com uma hélice de 30" de diâmetro, uma unidade propulsora foi ensaiada em um suporte composto de célula de carga, mostrado na figura 3.



**Figura 3.** Suporte para ensaio do conjunto propulsor  
Fonte: elaboração própria.

O consumo energético mostrado obtido se apresenta na figura 4.



**Figura 4.** Gráfico de Consumo Individual da Propulsão  
Fonte: elaboração própria.

Visando simplificar a operação do equipamento em campo, buscou-se eliminar a troca frequente de baterias. Para solucionar isto, fez-se a escolha por embarcar uma unidade auxiliar de potência (UAP), híbrida. Esta unidade possui um motor à combustão acoplado a um gerador elétrico, o qual fornece energia para os motores de propulsão. Desta forma, a energia (química) do combustível líquido será parcialmente convertida em energia elétrica (descontando-se perdas de conversão) durante o voo.

A partir desta configuração, definiu-se o número de quatro rotores, como equilíbrio entre viabilidade técnica e econômica na fabricação. Os componentes selecionados para a potência e propulsão foram os mostrados na tabela 1.

O motor à combustão adotado foi de combustível gasolina, ciclo dois tempos, com bloco fabricado em liga de alumínio. O modelo avaliado foi desenvolvido para modelismo e possui potência de 8,5 HP, portanto, capaz de suprir a demanda máxima da propulsão em voo estático, de 3,5kWe, com saldo para os picos de consumo. Considerou-se uma eficiência do gerador elétrico em 70%.

**Tabela 1.** Componentes de potência e propulsão.

Item	Quant.	Especificação
Motor de propulsão	4	Brushless 8020
Hélice	4	3090
Motor à combustão	1	85cc – 2 tempos

Fonte: elaboração própria.

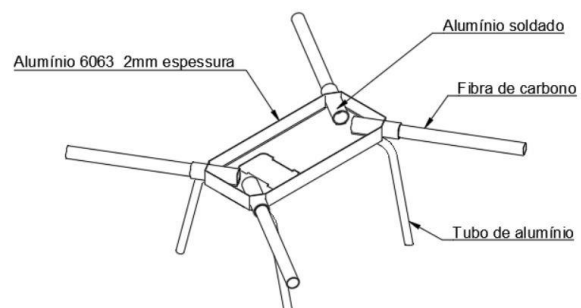
Por segurança, considerou-se ainda o uso de bateria. Neste arranjo ela não precisa ser ligada a carregador externo e deve ficar permanentemente no drone para amortecer flutuações na geração e demanda energética, além de servir como alimentação redundante em caso de falha da UAP.

Não é desejado que a bateria ocupe grande parcela do peso total do equipamento, como acontece nos modelos puramente elétricos, por isso a capacidade da bateria deve ser a mínima capaz de suprir energia durante poucos minutos e garantir um pouso de emergência. Nesta situação, a corrente elétrica de descarga será alta, e, por isso, o material selecionado para a bateria é polímero de lítio.

O voo foi previsto para operar em três fases: a primeira com carga completa (peso total de 25 kg) em aproximação do local de trabalho, a segunda fase é a operação, liberando insumos pelos pulverizadores, a terceira fase corresponde ao retorno à estação de trabalho com o tanque de insumos vazio.

A bateria LiPo selecionada possui o armazenamento de 222 Wh. Se a UAP falhar na primeira fase do voo, a etapa crítica devido ao peso máximo, essa energia é capaz de alimentar a aeronave por aproximadamente 4 minutos.

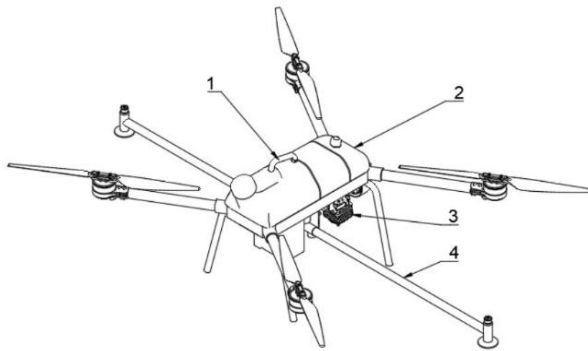
Para abrigar todos os componentes, modelou-se o quadro mecânico mostrado na figura 5, sobre o qual todos os componentes serão montados.



**Figura 5.** Quadro mecânico e seus materiais  
Fonte: elaboração própria.

O leiaute de todos os acessórios sobre o quadro é apresentado na figura 6.

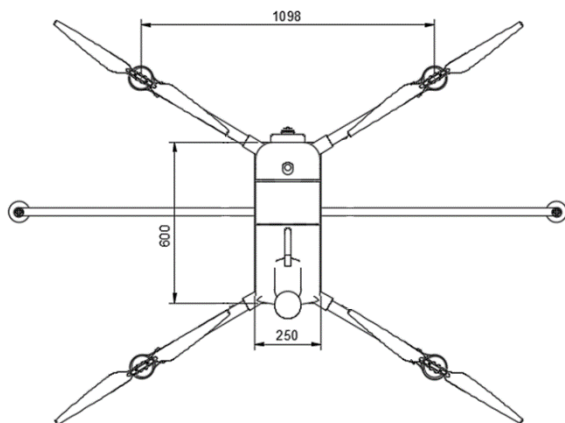
Em busca de tornar o manuseio do equipamento prático e seguro, uma plataforma de decolagem e abastecimento foi idealizada e projetada, a qual está em processo de análise da patente sob registro *BR 10 2021 025901 9*. Suas funções são permitir a operação livre do contato direto entre operador e produtos químicos, oferecer maior automatismo operacional e diminuir o tempo de abastecimento.



**Figura 6.** Multirotor agrícola híbrido – visão geral  
Fonte: elaboração própria.

Na figura 6, representam o elemento 1: tanque de fertilizantes; elemento 2: tanque de combustível; elemento 3: unidade de potência auxiliar; elemento 4: kit de pulverização.

Para tornar a aeronave estável, todos os rotores possuem distâncias adjacentes iguais. Uma melhor visualização do tamanho é obtida com a figura 7.



**Figura 7.** Dimensões principais do quadro mecânico  
Fonte: elaboração própria.

**Tabela 2. Sistemas, componentes e pesos.**

Item	Peso [kgf]
Quadro mecânico	4,27
Motores de propulsão	4,16
UAP	2,99
Bateria	1,15
Tanques	1,17
Kit pulverizador*	1,21
Eletrônica*	0,5
Combustível	0,93
Insumos	8,6
TOTAL	24,98

Fonte: elaboração própria. \*estimativa de peso

Com a geometria e materiais escolhidos da aeronave, obteve-se distribuição de peso mostrada na tabela 2.


Para garantir a resistência e segurança do modelo, foi realizada uma simulação estrutural aplicando tensões no quadro que suporta as diversas cargas durante o voo. A figura 5 mostra os elementos estruturais críticos, os quais recebem a força de sustentação dos motores e onde são alocados todos os componentes.

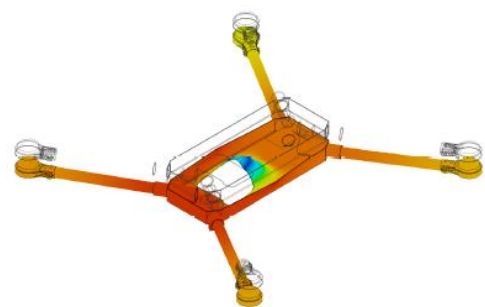
Na simulação, a chapa central, onde serão presos os diversos componentes, foi fixada e as forças inseridas são referentes ao máximo empuxo que os motores são capazes de oferecer: a situação de maior esforço estrutural possível, representada pela figura 8.



**Figura 8.** Força de sustentação aplicada no quadro  
Fonte: elaboração própria.

A partir da entrada no *software* Fusion 360 com a geometria e cargas, a resistência foi satisfatória e pequenas deformações foram obtidas, mostradas na figura 9.

[mm] 0  0.5867



**Figura 9.** Deformação do quadro em voo estático  
Fonte: elaboração própria.

M.A.S. Carvalho (2011) mostra que a eficiência global de um motor ensaiado à gasolina ciclo Otto quatro tempos fica maior que 25% para todas as faixas de rotação e variações de combustível testadas. O motor selecionado para a aeronave é de ciclo dois tempos e de pequeno porte. A fim de obter a estimativa da duração máxima de voo do multirotor, por segurança,



foi usado no cálculo o valor mínimo de eficiência global encontrado pelo M.A.S. Carvalho (2011):  $\eta_{global-motor} \cong 25\%$ .

A energia mecânica extraída do motor à combustão é igual à energia de acionamento do alternador, calculada pela equação (1).

$$e_{mec} = PCI_{gasolina} \cdot m_{combustível} \cdot \eta_{global-motor} \quad (1)$$

Onde

$e_{mec} \equiv$  energia mecânica gerada por voo [kJ]

$PCI \equiv$  poder calorífico inferior  $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$

$m_{combustível} \equiv$  massa de gasolina no tanque [kg]

$\eta_{global-motor} \equiv$  eficiência motor à combustão [-]

Dado poder calorífico inferior típico da gasolina gasolina tipo C igual a 39.331 kJ/kg (ANP, 2019), chegamos à estimativa de tempo de voo em 37 minutos pela equação (2).

$$tempo = \frac{e_{mec}}{P_{el-méd}} \eta_{global-alternador} \quad (2)$$

Onde

$tempo \equiv$  autonomia prevista por voo [s]

$P_{el-méd} \equiv$  pot. elétrica média consumida [kW]

$\eta_{global-alternador} \equiv$  eficiência do alternador [-]

A autonomia encontrada leva em conta o consumo elétrico médio estabelecido de acordo com a estimativa da duração de um voo e sua curva de potência no tempo, contemplando as três fases de voo.

Como complemento do projeto mecânico da aeronave, modelou-se um atomizador rotativo de insumos, mostrado na figura 10. Ele opera com motor sem escovas e dotado de rotores intercambiáveis.

Devem ser usadas ao menos duas unidades do atomizador no RPA, o qual recebe o fluido de uma bomba dosadora central.



**Figura 10.** Atomizador rotativo – vista explodida  
Fonte: elaboração própria.

O controle do tamanho das gotas é feito ajustando a rotação mais adequada, a qual sofre influência das propriedades físicas do insumo e da geometria do rotor.

Rotações maiores implicam em maior alcance e menores gotas, visando um equilíbrio entre essas variáveis, insumos diferentes podem requerer rotores de geometrias distintas. A figura 11 mostra algumas variações.

#### 4. Conclusões

Neste trabalho, foi desenvolvido o projeto mecânico e seleção dos elementos principais de um multirrotor pulverizador. Priorizou-se o baixo custo de fabricação e a facilidade operacional.

Por questão de simplicidade construtiva e baixo custo, o quadro mecânico foi projetado com várias peças alumínio, soldadas, ao invés de ser todo em fibra de carbono, por exemplo. Outra alternativa seria a fibra de vidro, mais leve que o alumínio ao preço de demandar um molde para possibilitar a fabricação.

O peso de decolagem foi limitado por questões legais, mas, apesar da unidade auxiliar de potência ocupar uma parte significativa desse peso, foi possível



**Figura 21.** Rotores do pulverizador – vista semiaberta.  
Fonte: elaboração própria.

continuar com uma carga útil de 8,6kg, considerada viável.

A utilização da UAP, dotada de motor à combustão acoplado a um gerador foi característica marcante do projeto. Esse diferencial destaca o modelo da grande maioria dos drones de carga, pois o conjunto embarcado dispensa o piloto de trocar baterias a cada pouso, não sendo necessário levar qualquer fonte de energia complementar para campo.

Outra vantagem obtida foi a aeronave poder voar por até 37 minutos fazendo voos em sequência sem a necessidade de reabastecimento nesse intervalo. Isso se justifica pela maior densidade energética da gasolina em comparação com as baterias de lítio. Um custo desta solução é a obrigatoriedade em levar todo o equipamento embarcado para a conversão da energia química do combustível em energia elétrica para os motores.

Houve ganho significativo comparado a modelos pulverizadores puramente elétricos, capazes de voar por 15 minutos, em média, até a carga da bateria se esgotar. Ainda se comparar o abastecimento de gasolina com a troca de bateria, o primeiro implicar em pausas mais rápidas, pois não requer o desligamento do multirotor.

Note que o mesmo equipamento pode ser usado para outras finalidades, como o monitoramento com câmeras, mapeamentos e avaliações multiespectrais; a ausência de carga aumenta ainda mais o tempo de operação, justificado pelo menor consumo de potência.

Um ponto a destacar é a utilização de bateria no modelo. Enquanto modelos totalmente elétricos possuem a bateria como única fonte de energia, o projeto atual considera a bateria uma reserva emergencial, para atender picos de potência nas decolagens e garantir o pouso em caso de falha no gerador. O tempo calculado para pouso é de 4 minutos, considerado seguro para que a aeronave chegue ao solo e evite acidentes.

O pulverizador desenvolvido possui um papel importante nos resultados. O modelo rotativo apresenta duas vantagens em relação aos bicos hidráulicos frequentemente encontrados: risco de entupimento quase nulo e fácil ajuste do tamanho de gota. Fluidos diferentes podem requerer a troca do rotor, intercambiável neste projeto, e cada um deles oferece uma grande variação no tamanho das gotas. Se, por um lado, gotas muito grandes não permitem boa penetração dos fertilizantes entre as folhas, gotas muito pequenas facilitam a evaporação e a deriva dos insumos.

O papel dos RPAs na produção no campo é uma ferramenta eficaz para implementar práticas da agricultura de precisão. Equipamentos que aplicam insumos de forma localizada e controlada implicam em rentabilidade e responsabilidade ambiental, visto que a pulverização de produtos químicos é feita somente onde há real necessidade.

O resultado deste trabalho, portanto, foi um equipamento caracterizado por satisfazer desde restrições legais até questões operacionais de simplicidade na operação. O modelo de classe 3, definida pela agência brasileira ANAC, não requer a múltiplas etapas de validação para a autorização do voo, também não exige do piloto que tenha um curso completo de operação, por ser considerado um equipamento de baixo risco.

## 5. Agradecimentos

Ao apoio do Instituto de Engenharia Mecânica da UNIFEI, à PROEX pelo suporte no projeto PJ062-2021.

## 6. Referências

- [1] NW Shop. “DJI Agras D4500i Gerador e Carregador de Bateria”. Página de anúncio online. Disponível em: <https://www.nwshop.com.br/gerador-carregador-bateria-d4500i>
- [2] L.H. Bassoi *et al.* “Agricultura de precisão e agricultura digital”. *Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*, n. 20, jul./dez. 2019, p. 17-36. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1121544/1/AgriculturaPrecisaoAgriculturaDigital.pdf>
- [3] S.S. Rodrigues; M.M. Barros. “O Uso de VANT e do Sensoriamento Remoto como Ferramenta de Melhoria das Técnicas de Agricultura de Precisão”. In: *Revista Digital Simonsen*, n°10, maio, 2019. Disponível em: [www.simonsenbr/revistasimonsen](http://www.simonsenbr/revistasimonsen). ISSN: 2446-5941.
- [4] A. Bernardi *et al.* “Agricultura de Precisão: Resultados de um Novo Olhar”. Brasília-DF: EMBRAPA, 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1002959/1/Agriculturadeprecisao2014.pdf>
- [5] R.Y. Inamasu; L.A.C. JORGE. “Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão”. *Repositório Alice*; cap.8: EMBRAPA, 2014. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1003485>

[6] F. Artuzo, C. Foguesatto, L. Silva. “Agricultura de precisão: inovação para a produção mundial de alimentos e otimização de insumos agrícolas”. In: Revista Tecnologia e Sociedade. Porto Alegre-RS: UFRGS, 2017. Disponível em: <https://revistas.utfpr.edu.br/rts/article/view/4755/4395>

[7] W.A. Pignati *et al.* “Acidente Rural Ampliado: O Caso das “Chuvas” de Agrotóxicos Sobre a Cidade de Lucas do Rio Verde-MT”. Cuiabá: UFMT/ISC, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/ZdzZ6QjTQsXXLdCqG8XH7nh/?lang=pt>

[8] A.G. Slongo, D.N. Moraes, M. S, Venturini. “Definição de Requisitos de Projeto para um Veículo Aéreo Não Tripulado (Vant) para Pulverização Agrícola”. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2018. Disponível em: [https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/428/2019/07/R elatório\\_CPIO-II.pdf](https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/428/2019/07/R elatório_CPIO-II.pdf)

[9] ANAC. “Orientações para Usuários de Drones”. Assessoria de Comunicação Social – ASCOM: 1ª Edição. Maio de 2017. Disponível em: [https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones/orientacoes\\_para\\_usuarios.pdf](https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones/orientacoes_para_usuarios.pdf)

[10] F.P.O Fonseca *et al.* “Base portátil de abastecimento autônomo para VANT híbrido pulverizador”. BR 10 2021 025901 9. Brasil: INPL, 2021.

[11] M.A.S. Carvalho. “Avaliação de um motor de combustão interna ciclo otto utilizando diferentes tipos de combustíveis”. Dissertação de Mestrado. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2011.

[12] ANP – Agência Nacional do Petróleo. “Fatores de conversão, densidades e poderes caloríficos inferiores: valores médios para o ano de 2019”. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2020/anuario-2020-fatores-conversao.pdf>