

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ  
FILIPE FERREIRA CAETANO**

**GESTÃO DE PROJETO AERONÁUTICO PARA  
APLICAÇÃO NA COMPETIÇÃO SAE BRASIL  
AERODESIGN 2017**

**Taubaté - SP  
2018**

**FILIPPE FERREIRA CAETANO**

**GESTÃO DE PROJETO AERONÁUTICO PARA  
APLICAÇÃO NA COMPETIÇÃO SAE BRASIL  
AERODESIGN 2017**

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Certificado de Bacharel em Engenharia Aeronáutica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.  
Área de Concentração: Engenharia Aeronáutica.

Orientador: Prof. Me. Pedro Marcelo Alves Ferreira Pinto

Coorientador: Prof. Pedro Augusto da Silva Alves

**Taubaté - SP  
2018**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado  
de Bibliotecas / Unitau - Biblioteca das Engenharias**

C128g Caetano, Filipe Ferreira  
Gestão de projeto aeronáutico para aplicação na  
competição SAE Brasil Aerodesign 2017. / Filipe Ferreira  
Caetano. - 2018.

37f. : il; 30 cm.

Monografia (Graduação em Engenharia Aeronáutica) –  
Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia  
Mecânica e Elétrica, 2018  
Orientação: Prof. Me. Pedro Marcelo Alves Ferreira Pinto,  
Coorientação: Prof. Pedro Augusto da Silva Alves,  
Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica.

1. Aerodesign. 2. Projeto Aeronáutico. 3. Engenharia  
Aeronáutica. 4. Gestão de pessoas. 5. VANT. I. Título.

**FILIFE FERREIRA CAETANO**

**GESTÃO DE PROJETO AERONÁUTICO PARA APLICAÇÃO NA  
COMPETIÇÃO SAE BRASIL AERODESIGN 2017**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE  
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “GRADUADO EM  
ENGENHARIA AERONÁUTICA”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



Prof. Me. Luiz Ricardo Prieto Hercos  
Coordenador de Trabalho de Graduação

**BANCA EXAMINADORA:**



Prof. Me. Pedro Marcelo Alves Ferreira Pinto  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Pedro Augusto da Silva Alves  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Me. Ivar Alves do Santos  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Taubaté, 25 de junho de 2018

## DEDICATÓRIA

À minha mãe Maria Agda Ferreira Caitano e Caetano, ao  
meu pai Paulos dos Santos Caetano, à minha irmã  
Vanessa Ferreira Caetano e minha namorada  
Erica Generoso Lima, por sem eles os meus sonhos não se  
realizariam.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pelo amor, incentivo e apoio incondicional, apesar de todas as dificuldades me incentivaram e me fortaleceram e não somente nestes anos como universitário, mas em todos os momentos da minha vida.

Ao meu orientador e aos professores que formaram essa banca examinadora, por todo o incentivo, paciência e motivação na orientação deste trabalho.

À minha companheira e namorada, Erica Generoso Lima, por te me proporcionado incentivo constante para a realização da presente obra, a minha eterna gratidão.

Tenho enorme gratidão aos meus eternos amigos que firmei laços durante minha passagem nesta instituição que continuarão ao longo da vida, meu muito obrigado a todos.

A *Universidade de Taubaté*, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje deslumbro um horizonte superior.

Agradeço a todos os professores do curso de engenharia aeronáutica por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional como Engenheiro Aeronáutico, por tanto que se dedicaram a mim, os meus agradecimentos.

E ao pessoal da secretaria, direção e biblioteca no qual sempre me ajudaram durante esses últimos anos, o meu muito obrigado.

## *EPÍGRAFE*

“ Eu não estou preocupado com a morte, mas com a vida,  
para que ela não seja banal e fútil.  
Quando você se for, o que vai deixar? ”  
(MARIO SERGIO CORTELLA)

## RESUMO

A Competição SAE BRASIL AERODESIGN ocorre anualmente a nível nacional, e na categoria Regular tem como desafio a concepção de uma aeronave rádio controlada cargueira de asas fixa com grupo motor propulsor a combustão e hélice, com objetivo de carregar mais carga paga, e com isso todo ano a associação SAE BRASIL divulga o regulamento com as restrições e com novos requisitos para a realização do projeto. Sendo um projeto de engenharia multidisciplinar no âmbito aeronáutico envolve enormes desafios a níveis de gestão de recursos humanos até conceitos aeronáuticos. As aeronaves rádio controladas possuem enormes potenciais de utilização, porém ainda inexploradas. A gestão deste tipo de projeto é fundamental e essencial para ter uma metodologia para a obtenção de um projeto sólido e competitivo, portanto existem fases macros para o delineamento, sendo assim: projeto conceitual, projeto preliminar, projeto detalhado, planejamento e execução da manufatura e testes operacionais em campo. Neste contexto, tem como objetivo a realização e aplicação de uma metodologia de projeto aplicada ao desenvolvimento de uma aeronave rádio controlada passando por todas as etapas do projeto desde a sua idealização até a sua concepção final.

**Palavras-chave:** *Aerodesign*. Projeto Aeronáutico. Engenharia Aeronáutica. Gestão de Pessoas. VANT.

## ABSTRACT

The SAE BRASIL AERODESIGN Competition takes place annually at the national level, and in the Regular category it is challenged to design a radio controlled fixed-wing aircraft with propeller and combustion propeller engines, in order to carry more load paid, and with it all year SAE BRASIL announces the regulation with the restrictions and with new requirements for the realization of the project. Being a multidisciplinary engineering project in the aeronautical scope involves enormous challenges at the levels of human resources management to aeronautical concepts. Radio controlled aircraft have enormous potential for use, but still unexplored. The management of this type of project is fundamental and essential to have a methodology to obtain a solid and competitive project, so there are macro phases to the design, such as: conceptual design, preliminary design, detailed design, manufacturing planning and execution and operational field tests. In this context, the objective is to carry out and apply a project methodology applied to the development of a controlled radio aircraft going through all the stages of the project from its idealization to its final design.

**KEYWORDS:** *Aerodesign*, Aeronautical Project, Aeronautic engineering, People Management, UAV.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Pilares para gestão.....	16
<b>Figura 2</b> – Ciclo 5S.....	18
<b>Figura 3</b> – Fases de projeto de aeronaves.....	20
<b>Figura 4</b> – Estrutura dos sprints ao longo projeto.....	21
<b>Figura 5</b> – Visão geral das organização gerencial.....	25
<b>Figura 6</b> – Gráfico de Gantt, projeto da aeronave.....	26
<b>Figura 7</b> – Gráfico de Gantt, projeto preliminar.....	27
<b>Figura 8</b> – Gráfico de Gantt, projeto detalhado.....	28
<b>Figura 9</b> – Lofting do projeto conceitual.....	29
<b>Figura 10</b> – Asa em planta, projeto preliminar.....	30
<b>Figura 11</b> – Avaliações do auditor do 5S.....	30
<b>Figura 12</b> – Kanban do laboratório Aerodesign.....	31
<b>Figura 13</b> – Voo da aeronave protótipo, projeto detalhado.....	32
<b>Figura 14</b> – Linha do tempo do projeto.....	32

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
VANT	Veículo Aero Não Tripulado
ARP	Aeronave Remotamente Pilotada
CFD	<i>Computational Fluid Dynamics</i>
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Objetivos .....	13
1.1.1	Objetivo Geral.....	13
1.1.2	Objetivo Específico.....	13
1.2	Delimitação do Estudo .....	13
1.3	Escopo do Trabalho.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1	Projeto Aeronáutico.....	14
2.2	Gestão.....	15
2.3	Instrumentos Auxiliares .....	16
2.3.1	Scrum .....	16
2.3.2	Slack Web Service .....	17
2.3.3	Conceito 5S.....	17
3	METODOLOGIA.....	19
3.1	Classificação do Método de Pesquisa .....	19
3.2	Método Aplicado na Equipe AeroTau <i>Aerodesign 2017</i> .....	19
3.2.1	Integração de Projeto .....	22
3.2.2	Aerodinâmica.....	22
3.2.3	Desempenho.....	22
3.2.4	Estabilidade e Controle .....	23
3.2.5	Cargas e Aeroelasticidade.....	23
3.2.6	Estruturas e Ensaios estruturais .....	23
3.2.7	Projeto Elétrico .....	23
4	DESENVOLVIMENTO.....	24
4.1	Fase de Anteprojeto.....	24
4.2	Fase de Projeto Conceitual .....	25
4.3	Fase de Projeto Preliminar .....	27
4.4	Fase de Projeto Detalhado.....	28

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
6	CONCLUSÃO.....	33
7	SUGESTÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS .....	34
	REFERÊNCIAS .....	35
	ANEXO .....	37

## 1 INTRODUÇÃO

Os profissionais da área de engenharia estão cada vez mais preocupados com as aplicações, na prática, dos conceitos teóricos, uma vez que alguns parâmetros são imprevisíveis e ao mesmo tempo fundamentais para o sucesso do projeto. Daí a necessidade de se compreender os princípios e fases de um projeto e de conhecer o conceito que está representado na mente do aluno, e assim avaliar o nível de compreensão sobre esses princípios.

A Competição SAE BRASIL *Aerodesign* é um programa estudantil promovida anualmente pela a associação de engenharia SAE BRASIL desde 1999 para estudantes de cursos de engenharias e tem como objetivo lançar desafios na elaboração de um projeto de uma aeronave radio controlada, assim proporcionando um envolvimento com caso real de execução de projeto aeronáutico baseados em adversidades enfrentados pela a indústria aeronáutica como otimização multidisciplinar para atendimento de requisitos conflitantes e restrições para adequações da missão da aeronave.

De acordo com o Raymer (1992), o design de aeronaves é algo que deve ser tratado separadamente das demais disciplinas da engenharia aeronáutica, sendo que, um projetista de aeronaves precisa ter experiência para realizar o “*design*” da aeronave ou do produto a ser construído em um curto espaço de tempo.

Tendo em vista o nosso objetivo, projetar e construir uma aeronave rádio controlada para Competição SAE BRASIL *Aerodesign*, na qual este tipo de veículo tem a denominação de VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado), termo inglês UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), sendo oficialmente classificado pela a autoridade de controle do espaço aéreo brasileiro como uma ARP (Aeronave Remotamente Pilotada) na subcategoria de Aeronaves Não Tripulada Automática pois transporta uma carga útil e possibilita a ação direta do piloto em solo sobre a sua condução, seu gerenciamento do voo, e sendo que a utilização desse tipo de aeronave não tem o propósito recreativo, diferentemente dos aeromodelos que tem a finalidade puramente recreativa e geralmente são réplicas ou miniatura de aeronaves já existentes (MINISTÉRIO DA DEFESA COMANDO AERONÁUTICA, 2017).

A equipe AeroTau *Aerodesign* pertence ao Projeto *Aerodesign*, um projeto acadêmico da Universidade de Taubaté no qual visa proporcionar aos participantes uma melhor absorção e compreensão de conceitos de desenvolvimento sobre o projeto de engenharia, assim envolvendo todos os cursos de engenharia da universidade.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Visa-se gerenciar a equipe para projetar, construir e voar uma aeronave, classificada como ARP, para a 19ª Competição SAE BRASIL *Aerodesign* 2017, será desenvolvido toda uma metodologia de gestão para aplicação na equipe AeroTau *Aerodesign* 2017.

### 1.1.2 Objetivo Específico

O presente estudo de caso tem como objetivo desenvolver uma gestão de projeto estratégico, para almejar uma aeronave que cumprisse sua missão na 19ª Competitiva SAE BRASIL *Aerodesign* 2017 em todas as baterias de voos, visando maximizar a pontuação.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O estudo de caso desenvolvido foi realizado no laboratório de *Aerodesign* do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté. A universidade possui uma equipe de *Aerodesign* formada por alunos de engenharia há dois anos. Visto necessário uma gestão de projeto por se tratar de uma equipe adquirindo experiência em projeto aeronáutico.

## 1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O presente trabalho está constituído em capítulos e subcapítulos. No primeiro capítulo são apresentadas as motivações do estudo, a organização do trabalho, os objetivos e a metodologia utilizada.

O segundo capítulo expõe as literaturas utilizadas para gestão e de conceitos de projeto aeronáutico. No terceiro capítulo, demonstra a metodologia empregada na equipe.

O quarto capítulo evidencia todas as etapas do desenvolvimento do projeto. No quinto capítulo são exibidos os resultados gerado com essa metodologia empregada e forma como pode ser otimizada.

Por fim, são apresentadas as considerações finais e conseqüentemente todas referências neste presente estudo de caso.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo trata a aplicação da metodologia para o desenvolvimento da elaboração do projeto, dividido em duas partes, sendo o projeto aeronáutico e a gestão.

### 2.1 PROJETO AERONÁUTICO

Para o melhor entendimento do presente estudo sobre, o que é projeto, de acordo com o Project Management Institute (2001), projeto é uma iniciativa desenvolvida a longo do tempo com data de início e data de término de execução do mesmo, na qual têm características abrangentes como: executados por pessoas e restringidos por recursos limitados. Neste contexto, fica evidenciado que o projeto é temporário e serviço/produto inédito, e também que projeto pode ser realizado por uma pessoa ou várias pessoas. Decorreu que os projetos são frequentemente componentes sensíveis de estratégia para as companhias pois pode se tratar dos seguintes fatores: de desenvolvimento de um novo produto; implementação de mudança organizacional a nível de estrutura, de pessoas ou estilo de gestão; implementar um novo processo ou procedimento organizacional. O mais relevante, contudo, é estabelecer um objetivo a ser realizado organizando as demandas necessárias.

O projeto aeronáutico trata-se de inúmeros conceitos envolvidos e nunca se atinge uma decisão concisa no início do processo do design, sendo assim, para uma nova aeronave e até mesmo um novo conceito de avião um especialista em projetar e dimensionar tem a consciência que não pode iniciar sem estimativas iniciais e requisitos. O projeto é um processo iterativo, sendo desenvolvido para atender os requisitos, que são definidos através de uma análise por estudos anteriores. E quando o projeto específico realmente começar todas as tarefas são igualmente importantes na efetuar um bom conceito da aeronave do projeto (RAYMER, 1992).

De acordo com Gudmundson (2014), PhD e professor na *Embry–Riddle Aeronautical University* (ERAU), o conceito de projeto de aeronave tem muita influência dos padrões nos quais são referências para quem irá projetar pois ocorre intervenção de parâmetros e fatores de modelos de aeroplanos já existentes, isso por causa do intelectivo automático que nosso cérebro faz inconsciente. E as normas que rege sobre a aviação geral funciona como padrão, os regulamentos, que são muitos rigorosos, para garantir a segurança da aeronave. Dessa forma, um projeto de aeronave é um subconjunto de padrões e precisa ter um objetivo preestabelecido para que as ações sejam planejadas e preparadas para o cumprimento do propósito específico.

## 2.2 GESTÃO

Pode-se dizer que a gestão dentro da organização é a associação direta com administração dos recursos disponíveis na mesma, que podem ser: recursos humanos, financeiros, materiais, tecnológico e de informações. Fica evidente que a gestão tem um papel primordial para a realização de seus objetivos e metas, assim tendo como atenção o aperfeiçoamento dos procedimentos e processo da empresa e também constituindo valores permanentes para uma aprendizagem contínuo (DICIONÁRIO FINANCEIRO, 2017).

Segundo Ávila (2015), as pessoas são mais do que engrenagens que podem ser simplesmente substituídas em suas funções nas empresas, pois cada funcionário tem suas habilidades únicas e deve ser tratado como uma pessoa importante para o bom andamento. E com esse pensamento as pessoas ganham a cada dia que passa mais atenção especial, principalmente para direcioná-las para o desenvolvimento do seu potencial, assim, atingindo as metas da corporação. Portanto, para uma gestão de pessoas deve-se ter em mente cinco conceitos essenciais: motivação, processo de comunicação, trabalho em equipe, conhecimento e competências, treinamento. A motivação, pode parecer simples, porém motivar uma pessoa pode ser não tão fácil assim, entretanto é necessário motivar as pessoas do time, pessoas motivadas são mais produtivas. O processo de comunicação, deve-se desenvolver comunicação na equipe, fazendo que a comunicação flua em todos os níveis da hierarquia, desta forma trabalhando em conjunto com todas as pessoas do time. O trabalho em equipe, desenvolver um espírito de time em um grupo de pessoas é o segredo para que a empresa tenha êxito no que faz, e é necessário um ambiente de trabalho seja orgânico onde cada pessoa atua. O conhecimento e competências, com o objetivo que as pessoas estejam na melhor função e que tenham os melhores resultados, tem que se conhecer as competências de cada um, para que sejam bem aproveitados e assim possam crescer juntas com ambiente saudável. O treinamento e desenvolvimento, ficar parado não é bom para a organização e o mesmo vale para as pessoas, devem ser constante e satisfatório a busca por desenvolvimento, sendo uma ação conjunta corporação e colaborador para que todos ganhem. A Figura 1 vem para ilustrar a explicação anterior. Assim sendo, que aplicação dessas cinco práticas bem realizada, as pessoas cumpriram com maior satisfação e atingiram as metas da organização.

**Figura 1** – Pilares para gestão

**Fonte:** Adaptado de Ávila (2015).

## 2.3 INSTRUMENTOS AUXILIARES

### 2.3.1 Scrum

O *Scrum* é uma ferramenta de projeto estruturado utilizada para gerenciamento, que tem como características possuir um fácil entendimento, mas dominar a ferramenta é algo complexo. Com o *Scrum*, a equipe pode trabalhar com soluções de problemas complexos ou desenvolvimento de produto que no decorrer o seu processo de desenvolvimento seja interativo. Indicado e muito utilizado em engenharia de criação de software pois permite a integração de outras ferramentas, principalmente serviços online, técnicas e processos no time na qual adota usar o *Scrum*. Os princípios do *Scrum* é bem clara e objetiva como definição de funções para todos da equipe, dos eventos que irão acontecer no andamento do projeto, desde modo que possa melhorar (SCHWABER e SUTHERLAND, 2016).

### 2.3.2 Slack Web Service

O *Slack Web Service* é um software com um conjunto de ferramentas e serviços baseado na computação em nuvem<sup>1</sup>. Trata-se de um aplicativo de negócios desenvolvido para empresas, funciona para direcionar o projeto e impulsiona-lo, unificando seus processos. A grande vantagem do Slack vai além de ter um bate-papo com cada membro do time, possibilitando conversas em canais (*channels*) que podem ser divididos por setores, projeto ou o que for um assunto relevante para o grupo, um *workspace* pode ter inúmeros channels conforme a necessidade e seu histórico é permanente. Outra vantagem, que o Slack integra com outros serviços da web, como armazenamento dedicado, serviços de postagem de vídeos e imagem de alta qualidade, totalizando mais de mil aplicativos compatíveis com o Slack que podem ser incorporados agilizando o foco no trabalho quando se tem outros aplicativos que são adotados na organização. As ferramentas de busca e o assistente contam com princípio de inteligência artificial pois permitem realizar pesquisas dentro de documentos e imagem em qualquer lugar do *workspace* e o assistente pode ser programa como por exemplo: lembrar de tarefas para você e/ou para o time e/ou outra pessoa, e sobre atividades no *workspace* (SLACK TECHNOLOGIES, 2009).

### 2.3.3 Conceito 5S

A filosofia do 5S, tem origem japonesa, idealizado em um país vivendo um pós guerra (segunda guerra mundial) e teve sua criação atribuída para o engenheiro químico doutor Kaoru Ishikawa, juntos com especialistas americanos (HIRANO, 1995). O conceito 5S trata-se da organização do ambiente de trabalho, tendo como cada S cinco palavras: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shisuke*. A tradução de cada palavra traz consigo uma definição: *Seiri*: Senso de Utilização, significa eliminar tudo o que não é útil no ambiente de trabalho, que não for de servi para a realização das tarefas devem ser retiradas do ambiente e deixado somente o que será empregado na execução da mesma facilitando a produção; *Seiton*: Senso de Organização, isto é, deixar o espaço arrumado com cada ferramenta e material em seu devido lugar, identificá-los para que possam ser localizados facilmente e catalogado, assim ocorre a otimização do tempo quando são procurados; *Seiso*: Senso de Limpeza, é manter o local de trabalho sempre

---

<sup>1</sup>Computação em nuvem: termo original em inglês, *cloud computing*, segue o princípio de armazenar dados e informações em servidores, possibilitando acesso de qualquer ponto com internet (ALECRIM, 2015).

limpo, conserva-se todas as ferramentas de trabalho sempre em boas condições de uso, principalmente após a sua utilização e instruir-se as pessoas a não sujar sem necessidade. *Seiketsu*: Senso de Higiene, denota também como Senso de Saúde, manter o sempre favorável para a saúde, higiene e segurança das pessoas, obrigatoriamente ter os 3S anteriormente mencionados já implantados, e respeitar os colegas de trabalho; *Shisuke*: Senso de Disciplina, consiste em autodisciplina que seja aplicado como uma filosofia de vida, afim de melhorar a comunicação entre as pessoas, é suma importância cumprir os procedimentos e padrões da organização. A seguir a Figura 2 tem o propósito de mostrar os 5S, já detalhamento. Ocorreu-se a formação do chamado como Qualidade no Estilo Japonês, ou *Total Quality Control (TQC)* (RIBEIRO, 2013).

**Figura 2 – Ciclo 5S**



**Fonte:** Elaborado pelo autor

“Se o processo estiver certo, os resultados se viram sozinhos” (OSADA, 1991)

### 3 METODOLOGIA

Uma aeronave de *aerodesign* tem como objetivo desenvolver um projeto aeronáutico com novos aspectos para a prática de conceitos da indústria aeronáutica, uma excelente oportunidade de absorção e aprendizado sobre projeto aeronáutico. Assim, o presente capítulo apresenta a metodologia utilizada na equipe AeroTau *Aerodesign* 2017 para o seu desenvolvimento.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA

Pode-se dizer que um estudo de caso na forma de uma pesquisa exploratória, tem como intuito gerar maior conhecimento sobre o cenário, tendo levantamento de dados, assim torna-se compressível para o pesquisador com vista que o mesmo pode ser abrangente levantamento literário, invocações de autores e de exemplos contribuem para a compreensão do tema. Assim, pode-se ter um panorama para uma solução que melhor se aplica, para que seja analisada, organizada e planejada com antecedência (GIL, 2002).

#### 3.2 MÉTODO APLICADO NA EQUIPE AEROTAU *AERODESIGN* 2017

A equipe AeroTau *Aerodesign* está formada há dois anos, depois de seis anos, a universidade retorna à competição e fez sua estreia no ano de 2016 no Torneio de Acesso à SAE Brasil *Aerodesign* 2017, no qual cumpriu seu objetivo de se classificar para a competição do seguinte ano na classe regular e levando a universidade de volta à competição.

A organização das etapas do projeto ficou estruturada considerando os procedimentos de projeto aeronáutico apresentados pelos autores Raymer (1992) e Gudmundson (2014), e adaptada para a concepção de uma aeronave de *aerodesign*, que tem suas próprias peculiaridades, como aspectos de uma aeronave cargueira e de porte pequeno em regime subsônica. É adequado para corresponder com as condições na qual a equipe se encontrava naquele período.

A metodologia apresentada pelo Raymer (1992) baseia-se num conceito denominado de “A Roda do Projeto” com quatro pontos de relevância que consistem em dimensões básicas, cálculos preliminares, requisitos e projeto conceitual, sendo iterativos não tendo uma sequência temporal, após esse ciclo inicia-se as atividades do projeto, e as fases de projeto de aeronaves apresentado são: Requisitos: são características que o seu futuro operador deseja ter na aeronave,

e da aspectos que a aeronave precisar ser atendido, como alcance, carga útil, velocidades, fatores de carga, capacidade de combustível e segurança de voo; Projeto conceitual: são feitas perguntas para determinar alguns premissas do projeto, perguntas como: “com que vai parecer?”, “quais as considerações financeira serão consideradas?” e “qual será o peso e custo do projeto?”, assim consolida a fase de projeto conceitual; Projeto preliminar: surge um marco importante para todo o projeto a fixação da configuração do produto, e o desenvolver-se o *lofting*<sup>2</sup> do avião, dos cálculos e ensaios; Projeto detalhado: é uma fase preocupante pois nesta etapa são dimensionada e calculada cada peça que será construída e ocorre planejamento dos processo de fabricação e ensaios de grandes conjuntos.

Segundo o método de Gudmundson (2014) para processo de projeto de aeronaves é fundamental as fases distintas e são referentes as fases: de requisitos, de projeto conceitual, de projeto preliminar, de projeto detalhado e de construção e testes da aeronave. Fase de requisitos: é semelha muito a lista de expectativas do que o novo projeto deve ter, e características para qual será sua missão e de desempenho. Essa parte dos requisitos podem aparecer simples, porém existem umas partes complexas como, por exemplo, documentação de estimativa de impacto ambiental, custos operacionais, manutenibilidade, licenças de software. Fase de projeto conceitual: estabelece a concepção da aeronave e todos os aspectos que o projeto terá, como quais ferramentas, tecnologias, o provável desempenho que a mesma terá, e também as características físicas da aeronave. O marco final do projeto conceitual é a fixação do seu esboço. Fase projeto preliminar, esta é a última fase de análise, pois será o desenvolvimento detalhado da geometria da aeronave, a exposição das partes sensíveis do mesmo e lista possíveis soluções para que caso ocorra. Para concluir essa etapa verifica se todo o projeto para dá continuidade à próxima fase caso contrário retorna-se para a fase do projeto conceitual. Fase projeto detalhado, essa etapa realiza-se detalhamento de todas as partes da aeronave, da parte de aviônica, a elaboração do planejamento de manufatura, a conclusão está fase é possível construir tudo o que foi projetado. Na Figura 3 mostra as fases do projeto conforme a explicação anterior.

**Figura 3** – Fases de projeto de aeronaves



Fonte: Elaborado pelo autor

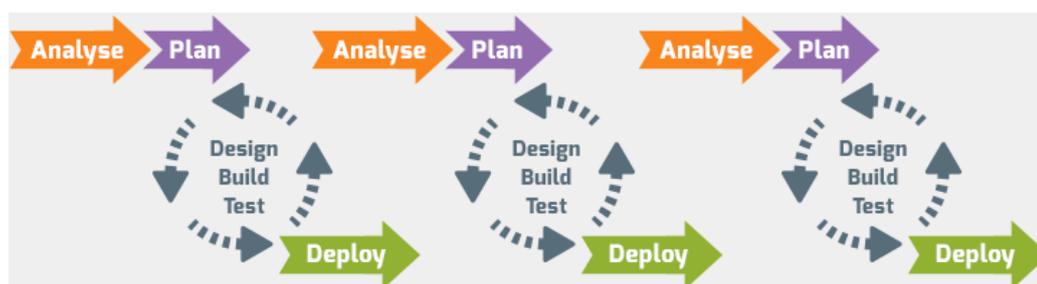
<sup>2</sup> *Lofting*: é uma técnica de desenho para gerar o contorno, no contexto, da asa, das empenagens e da fuselagem.

Para um acompanhamento próximo do projeto foi utilizada metodologia ágil do *Scrum*, tipicamente dividida em semana ou em mês, denominado de *sprints*, são tarefas para serem cumpridas de uma atividade que chamamos de “entrega”. O *sprints* representa um *time box* dentro do *Scrum*. As atividades são divididas em iterações que são os *sprints*. O *product backlog* é uma lista que contém as funcionalidades a serem implantadas no projeto. Assim, a cada início de um *sprints*, faz-se um *sprint planning meeting*, que se trata de uma reunião que no qual *product owner* se traçar as prioridades no *product backlog* e o time decidem quais atividades iram executar no *sprint* na qual começara. As tarefas em execução vão para a lista do *sprint backlog*.

Para o início de cada dia de trabalho se realiza o *daily scrum* que é uma reunião prevê que tem como objetivo difundir o que foi realizado no dia anterior, impedir necessidades e o que será priorizado no dia. Ao termino de cada *sprint*, realiza-se um balanço das funcionalidades completada em uma *sprint review meeting*.

Na Figura 4, ilustra os ciclos iterativos dos *sprints* ao decorrer do projeto, inicia na *sprint planning meeting* onde são analisadas e planejadas as tarefas distribuídas à equipe, assim os membros dignados executam com o plano e à validação da tarefa, depois implanta-se no *sprint backlog* como uma entrega realizada.

**Figura 4** – Estrutura dos sprints ao longo projeto



Fonte: Adaptado do QuickScrum Technology (2016)

Segundo Raymer (1992), para que o planejamento do projeto seja eficiente é preciso seguir o cronograma estabelecido e para isso é necessário ter um procedimento para monitorar o andamento do projeto, e em um sentido mais abrangente para engajar o time a progredir. De modo geral, eficácia para o acompanhamento gerencial do projeto é o gráfico de Gantt<sup>3</sup>. O gráfico apresenta uma visão ampla do projeto que é quase imediatamente compreensível para

<sup>3</sup> Gráfico de Gantt: também chamado de Diagrama de Gantt, trata-se de uma ferramenta de controle de tarefas visual, criando pelo engenheiro mecânico Henry Laurence Gantt em 1917.

o pessoal e até mesmo para as pessoas não relacionadas ao processo. Portanto, é de suma importância a utilização e entendimento dessa ferramenta.

Por ser um projeto interdisciplinar, serve como uma ligação entre as diversas áreas da engenharia, uma vez que tal projeto é composto por várias etapas, desde um projeto conceitual passando pelas disciplinas de Integração de Projeto, Aerodinâmica, Desempenho, Estabilidade e Controle, Cargas e Aeroelasticidade, Estruturas e Ensaios Estruturais e Projeto Elétrico até a construção e os testes finais.

A presente metodologia proposta, além de ser utilizada em todo o gerenciamento do projeto da aeronave, também se aplica em cada disciplina que se faz uso da mesma de uma forma simplificada para atender suas necessidades e que execute suas tarefas de forma orientada em conjunto com o projeto. Portanto, a seguir, uma sinopse do que cada disciplina deve ter como básico para atender o projeto.

### **3.2.1 Integração de Projeto**

A disciplina de Integração de Projeto exerce a interação com as demais disciplinas como a preparação de dados, alinhando metas e objetivos gerais para o projeto. Visa também a coordenação de planos de ações auxiliares para melhoria contínua, desde o início até a configuração final da aeronave, sempre com visão multidisciplinar. O diferencial da Integração de Projeto é a apresentação de soluções inovadoras e a utilização de ferramentas de otimização multidisciplinar no qual atenda nossas necessidades dentro das nossas condições.

### **3.2.2 Aerodinâmica**

A disciplina de Aerodinâmica aborda os estudos dos corpos em movimento no meio do fluido gasoso, sendo análises gerais de aerodinâmica. São realizados diversos julgamentos dentro dessa disciplina fundamentais para uma aeronave que são vitais para o projeto como: avaliações em CFD, projetos de perfis; projetos aerodinâmicos de geometrias de superfícies sustentadoras; e determinação de coeficientes aerodinâmicos.

### **3.2.3 Desempenho**

O estudo de Desempenho tem como base analisar o perfil de voo da aeronave em regime subsônico, com variação da altitude-densidade que ocorre nos dias da Competição SAE

BRASIL *Aerodesign*. A partir desses cálculos são desenvolvidas análises de trações, de potências, de decolagem, na subida, no cruzeiro, de planeio, de pouso, o envelope operacional de voo e o gráfico de carga útil x altitude-densidade.

### **3.2.4 Estabilidade e Controle**

A disciplina de Estabilidade e Controle trata do estudo da tendência da aeronave a retornar à sua posição de equilíbrio, como voo reto nivelado, após sofrer uma perturbação, sem precisar da ação do piloto. As análises desta disciplina podem ser divididas em: estabilidade estática, que estuda o momento inicial da tendência do movimento da aeronave retorna à sua posição de equilíbrio; e estabilidade dinâmica, consiste na tendência ao retorno.

### **3.2.5 Cargas e Aeroelasticidade**

A disciplina de Cargas e Aeroelasticidade, analisa os reforços na aeronave em voo, em solo e na transição, como na condição de aterrissagem. Para isso, deve-se avaliar os seguintes parâmetros aplicados na estrutura como: cargas aerodinâmicas, cargas dinâmicas, cargas inerciais, e estimativas de aeroelasticidade. Além de definir os carregamentos que são aplicados nas superfícies de comando.

### **3.2.6 Estruturas e Ensaio estruturais**

A disciplina de Estrutura e Ensaio Estruturais tem como finalidade dimensionar a estrutura primária presente em uma aeronave, para que seja de confiabilidade e melhor relação peso por propriedade específica. Com o desenvolvimento das avaliações a seguir: da resistência da estrutura, de elementos finitos, de fatores de segurança, de ensaios de materiais e estruturais.

### **3.2.7 Projeto Elétrico**

A disciplina de Projeto Elétrico tem a concepção de dimensionar a cablagem para fornecer energia e comando para a aeronave realizar a sua missão garantindo a segurança de voo que foi proposta pela Competição SAE BRASIL *Aerodesign*. Neste contexto, o Projeto Elétrico deve-se obter através das seguintes determinações: da arquitetura do sistema, seleção dos componentes elétricos, determinação das demandas dos circuitos e projeto de cabeamento.

## 4 DESENVOLVIMENTO

Para a aplicação da metodologia de projeto foi definido o cronograma com base no calendário oficial do departamento de engenharia mecânica da universidade e com os prazos de entregas divulgados no regulamento para 19ª Competição SAE BRASIL *Aerodesign* assim foi determinado o cronograma da equipe, dividido em suas respectivas fases, conceitual, preliminar e detalhado.

### 4.1 FASE DE ANTEPROJETO

A preparação ao projeto iniciou-se no final do ano de 2016 logo após da finalização do torneio de acesso, e com os estudos de características físicas de outras aeronaves de *aerodesign* e de instrumentos auxiliares para ser empregado no projeto, denominado de fase de anteprojeto.

Para todas as etapas, ocorreu-se o registro com objetivo de gerenciamento através do software MS Project, com a aplicação principal no gráfico de Gantt de forma para realizar o acompanhamento visual, contendo prazos, duração das tarefas e predecessores. Mesmo que a tarefa central que é o “*Projeto da Aeronave*” possua tarefas que foram complementares para o seu progresso, e ainda foram registradas para o seu devido acompanhamento que aconteceram paralelamente com a tarefa central.

Conseqüentemente, na Figura 5 mostra a visão geral da organização realizada na fase de anteprojeto, com nomes de todas as atividades possíveis e almeçadas para executarmos ao longo do ano, logo, observa-se que todas as tarefas estão contidas na atividade resumo “*Projeto Aerodesign 2017*”, dentro desta atividade resumo têm duas atividades, “*Competição Aerodesign*” e “*Logística*”, e no mesmo nível hierárquico existe mais três tarefas que são: “*Apresentação Oral*”, “*Competição de Voo*” e “*Publicação da pontuação oficial*”. A tarefa resumo “*Competição Aerodesign*” exhibe as tarefas e os marcos (demarcação), que são representados com a duração de “0 hrs” no gráfico de Gantt, que são: “*Publicação do regulamento 2017*” (marco), “*Inscrição*” (tarefas), “*Bancada de Tração – Desempenho*”, “*Termino da Bancada de Tração*” (marco), “*Construção do Cone*” (tarefas), “*Projeto Telemetria (Eletrônica Embarcada)*” (tarefas), “*Termino da Telemetria*” (marco), “*Entrega do Relatório do Projeto 2016*” (marco), “*Projeto da Aeronave*” (tarefas), “*Relatório*” (tarefas), “*Envio do Relatório Final*” (marco), “*Alterações de Projeto*” (tarefas), “*Apresentação*” (tarefas). E a tarefa resumo “*Logística*” reúne todas as tarefas realizadas com atenção voltada

para a logística operacional da equipe nos dias da competição. As tarefas “*Apresentação Oral*” e “*Competição de Voo*” representam os dias da competição, por fim a tarefa “*Publicação da pontuação oficial*” que é o prazo dado pela a organização da competição para a divulgação da pontuação conquistada pelas as equipes participantes.

**Figura 5** – Visão geral das organização gerencial

	Modo da Tarefa	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1		Projeto Aerodesign 2017	198 dias	Seg 23/01/17	Sex 15/12/17	
2		Competição Aerodesign	158 dias	Seg 23/01/17	Qui 12/10/17	
3		Publicação do Regulamento 2017	0 hrs	Ter 31/01/17	Ter 31/01/17	
4		Inscrição	68 dias	Ter 14/03/17	Qua 12/07/17	
8		Bancada de Tração - Desempenho	11 dias	Qui 09/02/17	Qui 23/02/17	
18		Término da Bancada de Tração	0 hrs	Qui 23/02/17	Qui 23/02/17	8TT
19		Construção do Cone	12 dias	Qua 08/02/17	Qui 23/02/17	
22		Projeto Telemetria (Eletrônica Embarcada)	90 dias	Seg 23/01/17	Seg 05/06/17	
27		Término Telemetria	0 hrs	Sex 02/06/17	Sex 02/06/17	26TT
28		Entrega do Relatório do Projeto 2016	0 hrs	Qui 02/03/17	Qui 02/03/17	
29		Projeto da Aeronave	137 dias	Qua 01/02/17	Sex 22/09/17	
123		Relatório	1 dia	Qua 26/07/17	Qua 26/07/17	119TT+1 dia
131		Envio do Relatório Final	0 hrs	Qua 26/07/17	Qua 26/07/17	123TT+1 dia
132		Alterações no Projeto	28 dias	Qua 26/07/17	Sex 01/09/17	
133		Apresentação	130 dias	Seg 06/03/17	Qui 12/10/17	
138		Logística	51 dias	Qui 10/08/17	Qui 26/10/17	
142		Apresentação Oral	4 hrs	Qui 26/10/17	Qui 26/10/17	141II
143		Competição de Voo	3 dias	Qui 26/10/17	Ter 31/10/17	141II;142
144		Publicação da pontuação oficial	10 dias	Ter 31/10/17	Sex 17/11/17	143

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a elaboração do gráfico de Gantt com as principais atividades para o projeto *Aerodesign* foi aplicada a metodologia de projeto de aeronaves. O projeto conceitual teve seu início logo após a divulgação do regulamento de 2017. Realizou-se o estudo do regulamento assim pautando os requisitos a serem cumpridos em todas as etapas do projeto, assim como a pontuação a ser obtida.

E para melhor comunicação interna, foi adotado o *Slack*, um aplicativo onde os membros podem discutir melhor os fatores envolvidos no projeto, e realizar a entrega de algumas tarefas.

## 4.2 FASE DE PROJETO CONCEITUAL

A partir do projeto conceitual, com toda as características da missão da aeronave e estimativas para a nova aeronave, foi efetuado um estudo com mais propriedades em cada disciplina para que gerasse uma configuração de uma aeronave de *aerodesign*.

A Figura 6, mostra o gráfico de Gantt, na organização da distribuição da atividade “*Projeto da Aeronave*”, na qual se encontra todos as etapas do projeto aeronáutico.

Na fase chamada de “*Projeto Conceitual*”, iniciou-se com o marco do denominado de “*Reunião de Publicação do Regulamento*”, este evento no cronograma fez se necessário para iniciar a junção dos dados fornecidos pelo regulamento como restrições e requisitos para a classe regular. A tarefa “*Integração de informações iniciais*” ocorreu-se em quatorze dias, com levantamento de todas as informações necessárias para todo o projeto desde documentações de regulamentação à materiais consumíveis para a realização do mesmo e, em paralelo pediu-se que todos os membros da equipe gerasse um esboço focando em características importantes para uma aeronave de *aerodesign*, assim a entrega de ambas as tarefa foi feita na “*Reunião Geral*” com a presença de todos os membros onde ocorreu um *brainstorming*, após essa reunião, com a equipe dividida em disciplinas estabeleceu-se a atividade “*Primeiras concepções do projeto*” na qual ocorreu a elaboração de requisitos de cada disciplina com o objetivo de constituir os conceitos iniciais para desenvolvimento de cada área. E para finalizar a fase de projeto conceitual, o marco “*Término do Projeto Conceitual*”.

**Figura 6** – Gráfico de Gantt, projeto da aeronave

	Modo da Tarefa	Nome da Tarefa	Duraçã	Início	Término	Predecessoras
29	✓	Projeto da Aeronave	137 dias	Qua 01/02/17	Sex 22/09/17	
30	✓	Projeto Conceitual	17,44 dias	Qua 01/02/17	Sex 24/02/17	
31	✓	Reunião de Publicação do Regulamento	0 hrs	Qua 01/02/17	Qua 01/02/17	
32	✓	Integração de informações iniciais	14 dias	Qua 01/02/17	Ter 21/02/17	31
33	✓	Reunião Geral	3,5 hrs	Qui 16/02/17	Qui 16/02/17	
34	✓	Primeiras concepções do projeto	14 dias	Seg 06/02/17	Sex 24/02/17	32II+3 dias
35	✓	Projeto e Integração	14 dias	Seg 06/02/17	Sex 24/02/17	
37	✓	Aerodinâmica	14 dias	Seg 06/02/17	Sex 24/02/17	35II
39	✓	Desempenho	14 dias	Seg 06/02/17	Sex 24/02/17	37II
41	✓	Estabilidade e Controle	14 dias	Seg 06/02/17	Sex 24/02/17	39II
43	✓	Cargas e Aeroelasticidade	14 dias	Seg 06/02/17	Sex 24/02/17	41II
45	✓	Estruturas e Ensaios Estruturais	14 dias	Seg 06/02/17	Sex 24/02/17	43II
47	✓	Projeto Elétrico	14 dias	Seg 06/02/17	Sex 24/02/17	45II
49	✓	Término do Projeto Conceitual	0 hrs	Sex 24/02/17	Sex 24/02/17	30TT;34
50	✓	Projeto Preliminar	21 dias	Seg 06/03/17	Seg 03/04/17	
73	✓	Término do Projeto Preliminar	0 hrs	Seg 03/04/17	Seg 03/04/17	50TT
74	✓	Projeto Detalhado	20 dias	Seg 20/03/17	Ter 18/04/17	
98	✓	Término do Projeto Detalhado	0 hrs	Ter 18/04/17	Ter 18/04/17	74TT
99	✓	Construção / manufatura	22 dias	Qua 10/05/17	Sex 09/06/17	74;94
100	✓	Aeronave	20 dias	Qua 10/05/17	Ter 06/06/17	
115	✓	Elétrica	5 dias	Ter 30/05/17	Seg 05/06/17	
116	✓	Montagem	2 dias	Ter 06/06/17	Qua 07/06/17	101;102;103;105;
117	✓	Entelagem	1 dia	Ter 06/06/17	Qua 07/06/17	116
118	✓	Inspeção final	0 dias	Sex 09/06/17	Sex 09/06/17	100
119	✓	Teste de voo	2 dias	Seg 08/05/17	Ter 09/05/17	99

Fonte: Elaborado pelo autor

Para um bom andamento de suas etapas e a segurança dos membros envolvidos, a equipe introduziu os conceitos em sua organização, utilizando o *Scrum*, que foi fundamental para visualizar o andamento de tarefas e assim ter uma melhor administração dos recursos humanos e, também a implantação do conceito de 5S, na qual foi realizada, primeiramente, com um dia

de treinamento teórico para a fixação dos conceitos e colocado em prática a partir dessa fase e ao longo do projeto.

### 4.3 FASE DE PROJETO PRELIMINAR

Para o início dessa fase do projeto, o esboço final da aeronave já existia, contudo ainda passivo de possíveis modificações em alguns aspectos para que possa atender os requisitos pré-determinados na fase do projeto conceitual e também evitar complexidade de construção.

As disciplinas já tinham tarefas, em que todos iriam desenvolver ao longo do projeto preliminar, entretanto, como podemos observar no gráfico as tarefas estão com a data final, na qual seria apresentado ao grupo, e assim finaliza-las com decisão de todos da equipe.

Na Figura 8, mostra todas as tarefas que cada disciplina realizou durante essa fase do projeto, todas as disciplinas tiveram um prazo máximo de 7 dias para executar suas tarefas.

**Figura 7** – Gráfico de Gantt, projeto preliminar

	Modo da	Nome da Tarefa	Durac	Início	Término	Predecesso
49	✓	Término do Projeto Conceitual	0 hrs	Sex 24/02/17	Sex 24/02/17	30TT;34
50	📄	▾ Projeto Preliminar	21 dias	Seg 06/03/17	Seg 03/04/17	
51	📄	▾ Projeto e Integração	21 dias	Seg 06/03/17	Seg 03/04/17	54;32
52	✓	Descrição de modelagens de M	8 hrs	Seg 06/03/17	Seg 06/03/17	
53	✓	Descisões das Plantas	8 hrs	Seg 06/03/17	Seg 06/03/17	
54	📄	▾ Aerodinâmica	21 dias	Seg 06/03/17	Seg 03/04/17	
55	✓	Estudo e escolha do perfil	8 hrs	Seg 06/03/17	Seg 06/03/17	
56	✓	Estudo e escolha da Asa	8 hrs	Seg 06/03/17	Seg 06/03/17	
57	✓	▾ Desempenho	21 dias	Seg 06/03/17	Seg 03/04/17	54II
58	✓	Análises de desempenho relacionados à missão das	1 dia	Seg 06/03/17	Seg 06/03/17	
59	✓	▾ Estabilidade e Controle	21 dias	Seg 06/03/17	Seg 03/04/17	57
60	✓	Metas de estabilidade e contro	1 dia	Seg 06/03/17	Seg 06/03/17	
61	✓	▾ Estudo preliminar de estabilida	5 dias	Seg 06/03/17	Sex 10/03/17	
62	✓	Estudo preliminar de estabil	5 dias	Seg 06/03/17	Sex 10/03/17	
63	✓	Estudo preliminar de estabil	5 dias	Seg 06/03/17	Sex 10/03/17	
64	✓	▾ Cargas e Aeroelasticidade	21 dias	Seg 06/03/17	Seg 03/04/17	59
65	✓	Determinação das cargas aerodinâmicas, dinâmicas,	1 dia	Seg 06/03/17	Seg 06/03/17	
66	✓	▾ Estruturas e Ensaios Estruturais	21 dias	Seg 06/03/17	Seg 03/04/17	64
67	✓	Estudos de resistência prelimin	1 dia	Seg 06/03/17	Seg 06/03/17	
68	✓	Ensaios primários de materiais	1 dia	Seg 06/03/17	Seg 06/03/17	
69	✓	Avaliações preliminares em Ele	1 dia	Seg 06/03/17	Seg 06/03/17	
70	✓	▾ Projeto Elétrico	21 dias	Seg 06/03/17	Seg 03/04/17	66
71	✓	Projeto da arquitetura do sister	1 dia	Seg 06/03/17	Seg 06/03/17	
72	✓	Projeto da cabagem	1 dia	Seg 06/03/17	Seg 06/03/17	
73	✓	Término do Projeto Preliminar	0 hrs	Seg 03/04/17	Seg 03/04/17	50TT

Fonte: Elaborado pelo autor

No decorrer dessa fase foi realizado uma auditoria do programa 5S por um grupo de alunos que não participam da equipe para averiguar se a metodologia estava sendo aplicada corretamente no ambiente de trabalho.

Com os *sprints* do *Scrum*, pequenas tarefas foram sendo entregues, sendo mantido o cronograma de cada disciplina.

#### 4.4 FASE DE PROJETO DETALHADO

Nesta fase a equipe estava com o projeto da aeronave bem definido, com os sistemas e principais características consolidada para a aeronave final, e se encaminhava para a construção de um protótipo para a obtenção da validação do projeto. Sabendo-se que para a utilização da aeronave na competição é necessário a certidão de cadastro de aeronave não tripulada homologada pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil). Esta fase começou antes do “*Término do Projeto Preliminar*”.

Sendo assim, a parte destacada em vermelho na Figura 9, notou-se que era fundamental a implementação de um plano de manufatura, na qual foi incluída no cronograma dentro dessa fase. E também foi incrementado o planejamento dos testes para a realização dos mesmos.

**Figura 8** – Gráfico de Gantt, projeto detalhado

	i	Modo da	Nome da Tarefa	Duras	Início	Término	Predecesso
73	✓	✈	Término do Projeto Preliminar	0 hrs	Seg 03/04/17	Seg 03/04/17	50TT
74	✓	✈	▾ Projeto Detalhado	20 dias	Seg 20/03/17	Ter 18/04/17	
75	✓	✈	▾ Projeto e Integração	20 dias	Seg 20/03/17	Ter 18/04/17	
76	✓	✈	Detalhamento das Plantas Finais	1 dia	Seg 20/03/17	Seg 20/03/17	
77	✓	✈	Finalização do MDO	1 dia	Seg 20/03/17	Seg 20/03/17	
78	✓	✈	▾ Aerodinâmica	20 dias	Seg 20/03/17	Ter 18/04/17	75II
79	✓	✈	Análises de aerodinâmica em geral	1 dia	Seg 20/03/17	Seg 20/03/17	
80	✓	✈	Avaliações em CFD	1 dia	Seg 20/03/17	Seg 20/03/17	
81	✓	✈	▾ Desempenho	20 dias	Seg 20/03/17	Ter 18/04/17	78II
82	✓	✈	Apresentação de outros resultados relacionados à missão da aeronave	1 dia	Seg 20/03/17	Seg 20/03/17	
83	✓	✈	▾ Estabilidade e Controle	20 dias	Seg 20/03/17	Ter 18/04/17	81II
84	✓	✈	Dimensionamento dos comandos (tamanho e deflexões)	1 dia	Seg 20/03/17	Seg 20/03/17	
85	✓	✈	Simulações finais de Estabilidade	1 dia	Seg 20/03/17	Seg 20/03/17	
86	✓	✈	▾ Cargas e Aeroelasticidade	20 dias	Seg 20/03/17	Ter 18/04/17	83II
87	✓	✈	Avaliações aeroelásticas	1 dia	Seg 20/03/17	Seg 20/03/17	
88	✓	✈	▾ Estruturas e Ensaios Estruturais	20 dias	Seg 20/03/17	Ter 18/04/17	86II
89	✓	✈	Avaliações de deflexões das estruturas	1 dia	Seg 20/03/17	Seg 20/03/17	
90	✓	✈	Realizações de ensaios estruturais;	1 dia	Seg 20/03/17	Seg 20/03/17	
91	✓	✈	▾ Projeto Elétrico	20 dias	Seg 20/03/17	Ter 18/04/17	88II
92	✓	✈	Projeto e Arquitetura final da cablagem	1 dia	Seg 20/03/17	Seg 20/03/17	
93	✓	✈	Dimensionamento dos servos motores	1 dia	Seg 20/03/17	Seg 20/03/17	
94	✓	✈	▾ Planejamento da Manufatura	20 dias	Seg 20/03/17	Ter 18/04/17	91II
98	✓	✈	Término do Projeto Detalhado	0 hrs	Ter 18/04/17	Ter 18/04/17	74TT
99	✓	✈	▾ Construção / manufatura	22 dias	Qua 10/05/17	Sex 09/06/17	74;94
119	✓	✈	▾ Teste de voo	2 dias	Seg 08/05/17	Ter 09/05/17	99

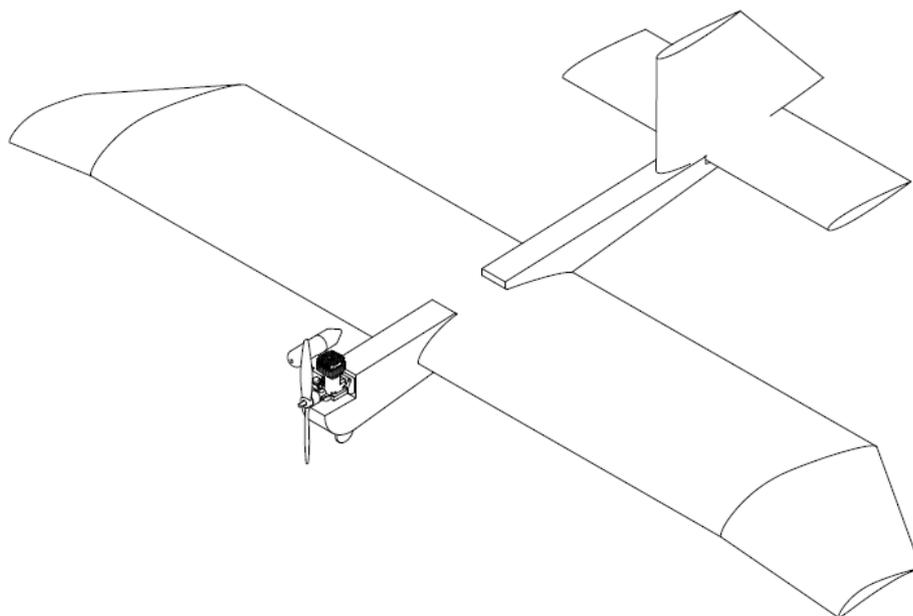
Fonte: Elaborado pelo autor

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o desenvolvimento do projeto da aeronave devidamente gerenciado com a aplicação da metodologia já apresentada ao longo desse trabalho, foi possível o cumprimento de todos os objetivos desejados pela a equipe AeroTau *Aerodesign* 2017.

Assim pode-se observar que no projeto conceitual foi realizado as características típicas de uma aeronave radio controlada voltada para a Competição SAE BRASIL *Aerodesign* 2017, respeitou-se todos os requisitos e restrições que foram divulgados no regulamento da competição. E cumpriu-se com os requisitos que a própria equipe tinha almejado, podemos então observar o *lofting* gerado no projeto conceitual, marcando o seu término.

**Figura 9** – *Lofting* do projeto conceitual

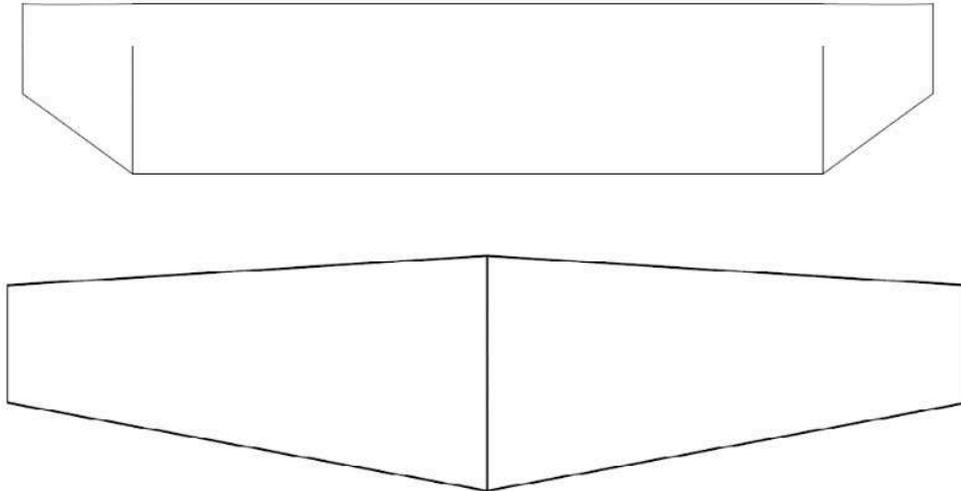


**Fonte:** Equipe AeroTau Aerodesign 2017

O aprimoramento dos conceitos aeronáuticos e de gestão foram utilizados por toda a equipe a partir do projeto preliminar, onde ocorreu uma fixação melhor da metodologia de projetos.

Desta forma, constatou-se que a partir de análises das disciplinas otimizou-se algumas características da aeronave, como por exemplo a geometria em planta da superfície sustentadora principal da aeronave, conforme representação na Figura 10.

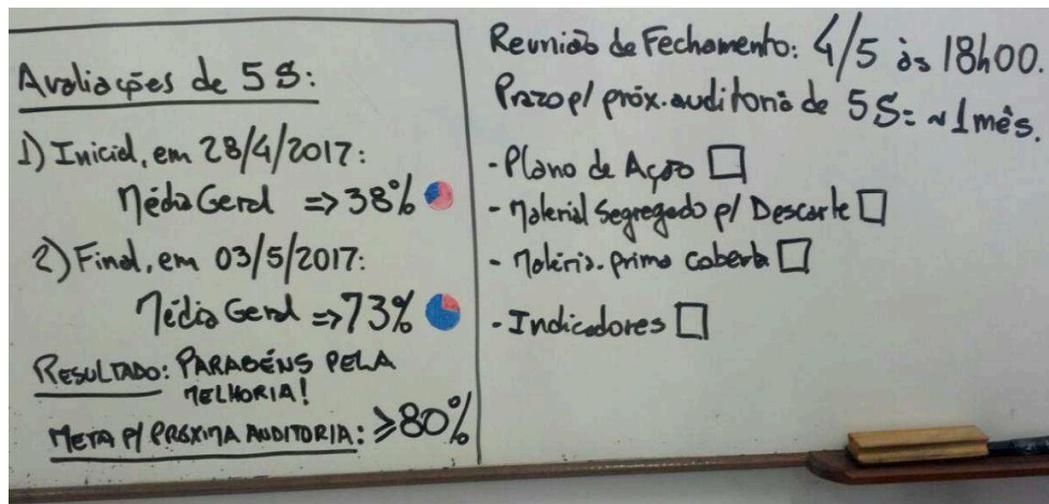
**Figura 10** – Asa em planta, projeto preliminar



Fonte: Equipe AeroTau Aerodesign 2017

Ainda no projeto preliminar, a equipe AeroTau *Aerodesign* obteve um resultado apresentado com uma média geral inicial muito baixa pela auditoria do 5S, após a implantação do programa 5S no laboratório *Aerodesign* da equipe, obteve-se uma média geral surpreendente para todos, segundo a Figura 11, que exhibe o quadro com o balanço dos resultados das duas primeiras auditorias.

**Figura 11** – Avaliações do auditor do 5S

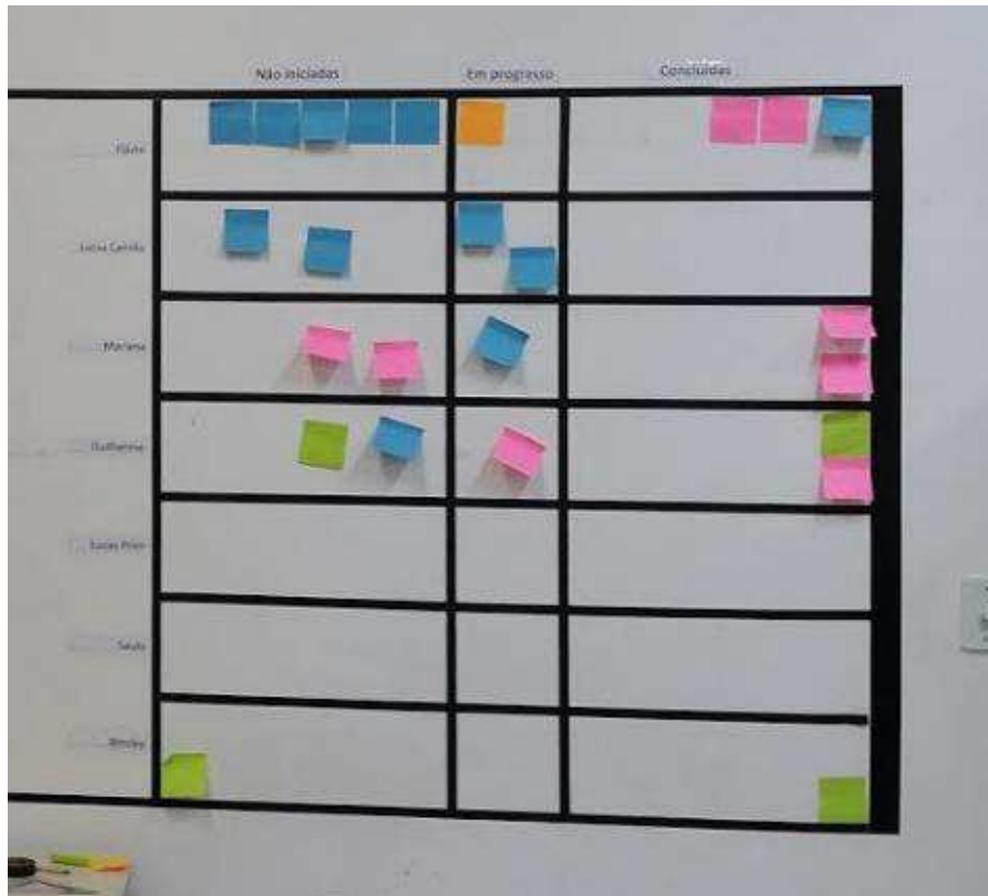


Fonte: Elaborado pelo autor

O programa 5S contribuiu significativamente para que o projeto e os membros da equipe adquirissem uma filosofia que envolva a utilização, a limpeza, a higiene mantendo uma disciplina organizacional. Desde modo, fez-se ser essencial para a harmonia e segurança dos membros do projeto principalmente durante a construção da aeronave.

Convergindo para a mesma linha de raciocínio, a metodologia do *Scrum* veio para agregar ao projeto com bons resultados. Trouxe-se uma gestão visual das tarefas chamados de *sprints* com a ferramenta *kanban* na qual se localiza em uma parte do ambiente do laboratório Aerodesign que possibilita a sua visualização rápida por qualquer pessoa que venha a entrar no recinto. A Figura 12 retrata a utilização do *kanban* logo na sua implantação.

**Figura 12** – *Kanban* do laboratório Aerodesign



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A etapa do projeto referente ao detalhamento de toda a aeronave teve como resultado o aperfeiçoamento do projeto. Nesta fase, onde foi incluído a atividade planejamento de manufatura, foram fundamentais para a equipe atingir o sucesso nessa etapa. Foi possível realizar otimizações em diversos processos na fabricação do protótipo e assim a manufatura das aeronaves oficiais ocorreram na metade do tempo em comparação da manufatura da aeronave protótipo.

A finalização do projeto detalhado foi marcada com a aeronave protótipo voando conforme o almejado pelo o projeto (Figura 13).

**Figura 13** – Voo da aeronave protótipo, projeto detalhado



Fonte: Equipe AeroTau Aerodesign 2017

A Figura 14 ilustra o resumo do projeto e de cada fase demonstrada pela metodologia de projeto da aeronave com datas, composto pelas as fases Projeto Conceitual, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado, com as demarcações de seus respectivos términos.

**Figura 14** – Linha do tempo do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor

Após a finalização da construção da aeronave oficial foi gerado a certidão de cadastro de aeronave não tripulada conforme Anexo, para a participação na 19ª Competição SAE BRASIL Aerodesign 2017.

De acordo com as ferramentas e conhecimento adquirido ao longo do projeto, a equipe apresentou-se uma grande evolução com relação ao seu último projeto, notou-se um desenvolvimento significativo tanto pessoal quanto profissional de cada um.

O gerenciamento desempenhou ganhos relevantes para a gestão de recursos, tendo uma boa administração dos materiais, assim como teve uma grande vantagem no empenho motivacional dos membros da equipe.

## 6 CONCLUSÃO

Para uma equipe inexperiente, apresentou-se ótimas iniciativas no que tange a organização administrativa, aplicação de conceitos de projetos aeronáuticos, organização de tarefas pelo MS Project, inserção do método *Scrum*, centralização da comunicação e troca de dados pelo Slack, e outras iniciativas não previstas como o conceito 5S e a utilização do *kanban*, mas que se somaram ao projeto.

Essa oportunidade de fazer parte da Equipe AeroTau *Aerodesign* do projeto acadêmico *Aerodesign* da Universidade de Taubaté, proporcionou um inestimável desenvolvimento e aprendizado, não somente, em caráter de conceitos técnicos e familiarização de projeto de aeronaves, mas também na formação em engenharia, ocasionou a compreensão e a importância de analisar, identificando partes sensíveis no gerenciamento de processos.

Comprovou-se que o procedimento abordado neste trabalho foi atendido com as técnicas e ferramentas nas quais tinha-se disponíveis, e conhecimento sobre elas durante o projeto. Com a aplicação de uma metodologia consistente de projeto, foi capaz de realizar todos os objetivos propostos e o desenvolvimento de uma excelente aeronave.

Pode-se concluir que o bom planejamento e aplicação dos conceitos de gestão foram fundamentais para o sucesso da equipe no decorrer do projeto de 2017 e com superior grau de aprendizagem para todos. Com finalidade de melhorias para o próximo ano, será realizado um acompanhamento de pontos críticos e uma reorganização do cronograma anual para que possa ter um rendimento com maior aproveitamento e uma distribuição homogênea das tarefas ao longo do calendário anual da universidade.

## 7 SUGESTÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS

A gestão de projeto aeronáutica com aplicação na equipe AeroTau 2017 demonstrou a execução de uma metodologia que precisa ser praticada e aprimorada para que seja gerada uma cultura de gestão no projeto *Aerodesign*.

Tendo esses motivos, principalmente para a equipe é extremamente importante que seja aplicada uma gestão de projeto, entretanto é relativamente difícil sugerir uma linha de metodologia para gerir um projeto com diversos fatores internos e externos, pois a metodologia desenvolvida neste trabalho pode ser modificada e/ou reorganizada para atender as necessidades relativos à equipe, à competição e/ou da universidade, e utilizar outras ferramentas de gestão para alcançar os objetivos.

Portanto, foi documentada todos a metodologia e procedimento que foram aplicados no projeto acadêmico e na equipe AeroTau com a visão da gestão, assim pode servi como base para próximo trabalhos de gerenciamento.

## REFERÊNCIAS

ALECRIM, E. O que é cloud computing? **InfoWester**, 2015. Disponível em: <<http://www.infowester.com/cloudcomputing.php>>. Acesso em: 18 Novembro 2017.

ÁVILA, R. Os 5 Pilares da Gestão de Pessoas. **LUZ - Planilhas Empresariais**, 2015. Disponível em: <<https://blog.luz.vc/o-que-e/os-5-pilares-da-gestao-de-pessoas/>>. Acesso em: 24 Outubro 2017.

BALDISSERA, A. Pesquisa-Ação. **Uma Metodologia do "Conhecer" e do "Agir" Coletivo**, Pelotas, 25 Agosto 2001. 5-25.

DICIONÁRIO FINANCEIRO. O que é gestão? **Dicionário Financeiro**, 2017. Disponível em: <<https://www.dicionariofinanceiro.com/gestao/>>. Acesso em: 30 Agosto 2017.

FAA - FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. eCFR - Code of Federal Regulations. **eCFR - Electronic Code of Federal Regulations**, 2017. Disponível em: <<https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=685dc1ae97ae3f5e5569e47880fab01e&mc=true&node=pt14.1.23>>. Acesso em: 2017 Fevereiro 11.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projeto de Pesquisa**. 4ª. ed. São Paulo: Atlas S. A., v. I, 2002.

GUDMUNDSON, S. **General Aviation Aircraft Design: Applied Methods and Procedures**. 1. ed. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2014.

HIRANO, H. **5 Pillars of the Visual Workplace: The Sourcebook for 5S Implementation**. Tradução de Productivity Inc. 1ª. ed. Portland: Productivity Inc., v. I, 1995.

LACOMBE, F. J. M.; HEILBORN, G. L. J. **Administração: Princípios e Tendências**. 1ª. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

MINISTÉRIO DA DEFESA COMANDO AERONÁUTICA. Publicações DECEA. **ICA 100-40**, 2017. Disponível em: <<https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id4510>>. Acesso em: 19 Fevereiro 2018.

OLÍMPIO, F. J. et al. Implantação da Metodologia 5S no Ambiente de Trabalho de Uma Equipe Universitária Participante da Competição SAE BRASIL Aerodesign. **VI Congresso Internacional de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento (CICTED)**, Taubaté, 20 Setembro 2017.

OSADA, T. **The 5S's: Five Keys to a Total Quality Environment**. 1ª. ed. Tokyo: Asian Productivity Organization, 1991.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide**. 2. ed. Pennsylvania: Project Management Institute, 2001.

QUICKSCRUM TECHNOLOGY. Best Scrum Software Tools, Agile Project Management Tools Free Online | QuickScrum. **QuickScrum**, 2016. Disponível em: <<https://www.quickscrum.com/>>. Acesso em: 25 Janeiro 2018.

RAYMER, D. P. **Aircraft Design: A Conceptual Approach**. 2ª. ed. California: Education Series, 1992.

RIBEIRO, H. **A Certificação 5S. Como Formar a Cultura e Atingir a Excelência do 5S na Empresa**. 1ª. ed. São Caetano do Sul: PDCA, 2013.

RODRIGUES, L. E. M. J. **Fundamentos Da Engenharia Aeronáutica**. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

ROSA, E. D. **Introdução ao Projeto Aeronáutico: Uma Contribuição a Competição SAE Aerodesign**. 1ª. ed. Florianópolis: Editora tribo da ilha, v. I, 2006.

ROSKAN, J. **Airplane Design**. 1ª. ed. Ottawa: Roskan Aviation and Engineering Corporation, 1985.

SADRAEY, M. H. **Aircraft Design: A Systems Engineering Approach**. 1º. ed. New York: John Wiley & Sons, 2013.

SAE BRASIL. V Competição SAE BRASIL AeroDesign. **19ª COMPETIÇÃO SAE BRASIL AERODESIGN 2017**, 2017. ISSN 128. Disponível em: <[http://portal.saebrasil.org.br/Portals/0/PE/AERODESIGN/AERO%202017/Regulamento\\_SAE\\_BRASIL\\_AeroDesign\\_2017\\_Rev00.pdf](http://portal.saebrasil.org.br/Portals/0/PE/AERODESIGN/AERO%202017/Regulamento_SAE_BRASIL_AeroDesign_2017_Rev00.pdf)>. Acesso em: 31 Janeiro 2017.

SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. The Scrum Guide. **The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum**, Julho 2016. Disponível em: <<http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2016/2016-Scrum-Guide-US.pdf>>. Acesso em: 05 Março 2017.

SLACK TECHNOLOGIES. Features | Slack. **Slack**, 2009. Disponível em: <<https://slack.com/features>>. Acesso em: 11 Novembro 2016.

TAVARES, D. V. G. **Metodologia Lean Aplicada a Um Ambiente MRO**. Dissertação (Dissertação em Eng. Aeronáutica) Universidade de Beira Interior. Covilhã, p. 99. 2011.

WHY Slack is worth \$1bn: it's trying to change how we work | Technology | The Guardian. **The Guardian**, 2014. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/technology/2014/nov/03/why-slack-is-worth-1bn-work-chat-app>>. Acesso em: 29 Agosto 2017.

## ANEXO

	REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL	
	AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL NATIONAL CIVIL AVIATION AGENCY	

**CERTIDÃO DE CADASTRO DE AERONAVE NÃO TRIPULADA – USO RECREATIVO**  
**UNMANNED AIRCRAFT REGISTER CERTIFICATE - RECREATIONAL**

Esta certidão de cadastro, emitida de acordo com o RBAC-E nº 94, é válida até **25/09/2019**, salvo em caso de cancelamento, suspensão ou revogação pela Autoridade de Aviação Civil Brasileira.

*This Register Certificate, issued in accordance with RBAC-E nr. 94, shall remain valid until **09/25/2019**, unless it is cancelled, suspended or revoked by the Brazilian Civil Aviation Authority.*

Operador (Operator)

**FILIFE FERREIRA CAETANO**

CPF (document):  
362.414.958-01

Nº do cadastro (Register Number):

**PR-020170920**

Uso (Purpose): recreativo (recreational)

Fabricante (Maker): Fabricação própria

Modelo (Model): Aerodesign

Nº de série (Serial Number): 002

Peso máximo de decolagem (MTOW): 17,00 kg

Foto (Picture):



**O descumprimento da regulamentação aplicável pode ensejar consequências administrativas, civis e/ou criminais para o infrator.**

Informações adicionais (additional information):

Aeronave radio controlada desenvolvida, projetada e construída pela a equipe AeroTau Aerodesign com finalidade de competir na SAE BRASIL AERODESIGN 2017.

O detentor desta certidão de cadastro (o operador) é considerado apto pela ANAC a realizar voos **recreativos** no Brasil, com a aeronave não tripulada acima identificada, em conformidade com os regulamentos aplicáveis da ANAC. É responsabilidade do operador tomar as providências necessárias para a operação segura da aeronave, assim como conhecer e cumprir os regulamentos do DECEA, da Anatel, e de outras autoridades competentes.

*The holder of this register certificate (the operator) is considered apt by Brazilian Civil Aviation Authority to perform **recreational** flights in Brazil, using the above identified unmanned aircraft, in conformity with the applicable regulations of Brazilian Civil Aviation Authority. It's the operator's responsibility to take the necessary actions to ensure a safe operation, as well as know and comply with the regulations of air traffic control (ATC), telecommunications, and other competent authorities.*

A validade desta certidão pode ser verificada pelo link  
<https://sistemas.anac.gov.br/SISANT/Aeronave/ConsultarAeronave>

Local e data da emissão (Place and date of issue)

**Brasília, 16 de outubro de 2017**  
**Brasília, October 16th, 2017**