

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

LUCAS EDUARDO DOS SANTOS PRIOR

**GESTÃO DE PROJETOS EM INDÚSTRIA
AERONÁUTICA COM APLICAÇÕES AO
AERODESIGN**

**Taubaté - SP
2019**

LUCAS EDUARDO DOS SANTOS PRIOR

**GESTÃO DE PROJETOS EM INDÚSTRIA
AERONÁUTICA COM APLICAÇÕES AO
AERODESIGN**

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Certificado de Graduação do curso de Engenharia Aeronáutica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Me. Pedro Augusto

**Taubaté – SP
2019**

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

P958g	<p>Prior, Lucas Eduardo dos Santos Gestão de projetos em indústria aeronáutica com aplicações ao aerodesign / Lucas Eduardo dos Santos Prior. -- 2019. 44 f. : il. Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2019. Orientação: Prof. Me. Pedro Augusto Alves da Silva, Departamento de Engenharia Mecânica.</p> <p>1. Gerenciamento de Projeto. 2. Projeto de Aeronaves. 3. Integração de Projeto. 4. Desenvolvimento Integrado de Produto. 5. Corrente Crítica. I. Graduação em Engenharia Aeronáutica. II. Título.</p> <p>CDD – 629.13</p>
-------	--

Ficha catalográfica elaborada por **Shirlei Righeti – CRB-8/6995**

LUCAS EDUARDO DOS SANTOS PRIOR

GESTÃO DE PROJETOS EM INDÚSTRIA AERONÁUTICA COM
APLICAÇÕES AO AERODESIGN

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Certificado de Graduação do curso de Engenharia Aeronáutica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

DATA: 25/11/2019

RESULTADO: APROVADO

BANCA EXAMINADORA:

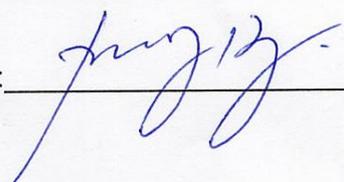
Prof. Me. Pedro Augusto Alves da Silva UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura:  _____

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

Assinatura:  _____

Prof. (Dr. ou Me. Paulo de Tarso M. Lobo UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura:  _____

Dedico este trabalho aos meus pais Eduardo Prior e Rosemeire Gonzales Prior, ao meu irmão, Matheus, a minha avó Adelaide e a minha tia Maria Aparecida, que me apoiaram estes anos todos, e a minha namorada, Thaissa, que me apoiou e suportou nos dias mais difíceis desta minha fase.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, fonte da vida e da graça, sem Ele não suportaria este mundo. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos.

À Universidade de Taubaté – UNITAU, que ofereceu um excelente ambiente educacional com profissionais qualificados e propiciou tempos maravilhosos a mim.

Ao meu orientador, Prof. Msc Pedro Augusto Alves da Silva por todo o incentivo e motivação na orientação deste trabalho.

Aos meus professores, Pedro Augusto Alves da Silva, Pedro Marcelo Pinto Ferreira e Paulo de Tarso M. Lobo, que me inspiraram durante todos estes anos de curso, me incentivaram, me aconselharam e me mostraram o caminho para um mundo totalmente novo. Também por aceitarem compor a banca examinadora.

Aos meus pais Eduardo e Rosemeire, e meu irmão, Matheus, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram meus estudos. Jamais desistiram de mim e foram meu e me apoiaram a vida toda.

Aos meus amigos e colegas e à Equipe AeroTau Aerodesign, que me acompanharam todos estes anos e que me proporcionaram e vivenciaram histórias incríveis junto a mim.

” As invenções são, sobretudo, o resultado de um
trabalho teimoso”
(SANTOS DUMONT)

RESUMO

A gestão de projetos vem sendo usada há muito tempo para a construção de grandes obras, assim também como é usada na indústria aeronáutica em larga escala para atender os requisitos e ter competitividade no mercado nos dias atuais. Por isso, neste trabalho de dissertação, pretende-se uma nova proposta para a gestão e integração de projeto para a Equipe AeroTau *Aerodesign* da Universidade de Taubaté, a fim de melhorar seu desempenho na competição. Então, esta monografia tem como objetivo usar métodos de gerenciamento de projetos utilizados nas indústrias aeronáuticas e aplicá-los à equipe AeroTau de *AeroDesign* da Universidade de Taubaté mostrando os benefícios ou malefícios destes conceitos. Buscando meios modernos e mais simples que possam se adaptar a pequenos projetos, mas de alto grau de complexidade, ajudando a integrar melhor as disciplinas envolvidas, pessoas, gerir prazos, custos, riscos e o conhecimento. A metodologia escolhida para a realização do trabalho foi do tipo de pesquisa exploratória, com método de pesquisa de estudo de casos e a técnica de coleta de dados de observação extensiva. Depois da aplicação dos conceitos aqui apresentados, pôde-se reduzir gradativamente os ciclos de atividades envolvidos no projeto, e atender as datas especificadas pela competição, sem perder a competitividade, promovendo a melhor integração possível do projeto e uma boa gestão.

Palavras-chave: Gerenciamento de Projeto; Projeto de Aeronaves; Integração de Projeto; Desenvolvimento Integrado de Produto; Gerenciamento de Projeto por Corrente Crítica

ABSTRACT

Project management has long been used to build major works, as well as being used in the large-scale aeronautics industry to meet requirements and access markets today. Therefore, in this dissertation work, he proposes a new project management and integration proposal for the AeroTau Aerodesign Team of the University of Taubaté, the need for to better performance in the competition. So, this monograph aims to use project management methods used in the aeronautical industries and apply to the AeroTau AeroDesign team of the University of Taubaté showing the benefits or harms used. Seeking modern, simpler means that can adapt small projects, but with a high degree of complexity, making better integrate the project disciplines, people, plans, costs, risks and expertise. The methodology chosen for the work was the type of exploratory research, with the case research method and an extensive observation data collection technique. After applying the concepts presented here, use the gradual levels of activities involved in the project and receive the competition-specified data without losing competition, promoting the best possible project integration and good management.

KEYWORDS: Project Management; Aircraft Design; Project Integration; Integrated Product Development; Critical Chain Project Management;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - As pirâmides de <i>Gizé</i>	15
Figura 2 - Torre <i>Eiffel</i>	16
Figura 3 – Pegada na lua, ida do homem à lua	16
Figura 4 – Tabela de pontuação SAE <i>AeroDesign</i> Brasil ano 2017 da equipe AeroTau	23
Figura 5 - Tabela de pontuação SAE <i>AeroDesign</i> Brasil ano de 2018 da equipe AeroTau.....	23
Figura 6 - Tabela de pontuação SAE <i>AeroDesign</i> Brasil ano de 2019 da equipe Aerotau.....	24
Figura 7 - Tabela de pontuação SAE <i>AeroDesign</i> Brasil ano de 2017 das 5 melhores colocadas	24
Figura 8 - Tabela de pontuação SAE <i>AeroDesign</i> Brasil ano de 2018 das 5 melhores colocadas	24
Figura 9 - Tabela de pontuação SAE <i>AeroDesign</i> Brasil ano de 2019 das 5 melhores colocadas	24
Figura 10 – Gráfico comparativo com as notas do relatório de integração do Projeto das equipes durante os anos de 2017,2018 e 2019	25
Figura 11 – Ciclo de atividades	27
Figura 12 - Ciclo de atividades com processão e sucessão	27
Figura 13 – Caminho crítico do sistema	28
Figura 14 – Primeira fase do <i>Workshop</i> de Escopo realizado com a equipe Aerotau AeroDesign.....	29
Figura 15 – <i>Project</i> com as tarefas recolhidas no <i>workshop</i> de escopo para a disciplina de Estabilidade & Controle antes do cálculo do <i>buffer</i> intermediário deste projeto.....	30
Figura 16 –Arquivo <i>Project</i> com o cronograma de cada pacote de trabalho e o cronograma consolidado	35
Figura 17 – Arquivo <i>Project</i> validado com a tecnologia, contemplando os recursos de	

Cada atividade.....	35
Figura 18 – Arquivo <i>Project</i> validado com a tecnologia, contemplando os links entre atividades corretamente, os recursos em cada atividade e a duração das atividades corrigidas para o uso correto do <i>buffer</i>	36
Figura 19 – Arquivo <i>Project</i> validado com a tecnologia, contemplando os links entre atividades corretamente, os recursos em cada atividade e a duração das atividades corrigidas para o uso correto do <i>buffer</i>	37
Figura 20 – Arquivo <i>Project</i> Mestre consolidado, contemplando os <i>links</i> entre as tecnologias corretamente, os recursos em cada atividade, a duração das atividades corrigidas para o uso correto do <i>buffer</i> e o <i>buffer</i> do projeto total devidamente alocado.....	37
Figura 21 – Arquivo <i>Project</i> da Tecnologia de Estabilidade & Controle, evidenciando seu caminho crítico.....	38
Figura 22 – Arquivos Excel com as calculadoras dos <i>buffers</i> do projeto total e de cada pacote ou trabalho, respectivamente.....	39
Figura 23 – <i>Fever chart</i> para o consumo de <i>buffer</i> de cada pacote de trabalho, respectivamente.....	39
Figura 24 – <i>Fever Chart</i> para o consumo de <i>buffer</i> do projeto como um todo, ou seja, a somatória de consumo de <i>buffer</i> de todas as tecnologias.....	40
Figura 25 – Tabela para preenchimento do consumo do <i>buffer</i> do projeto em cada semana do projeto, com valores em semanas – valores simulados para fins demonstrativos.....	41
Figura 26 – <i>Fever Chart</i> para o consumo de <i>buffer</i> do projeto como um todo, com valores em semanas – valores simulados para fins demonstrativos	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tabela comparativa com as notas do relatório de Integração do Projeto das equipes durante os anos de 2017, 2018 e 2019.....	23
Tabela 2- Tabela base para construção do <i>Fever Chart</i> do projeto total.....	29
Tabela 3- Tabela com os pontos do gráfico para o <i>Fever chart</i> do projeto total.....	29
Tabela 4- Tabela base para construção do <i>Fever Chart</i> do consumo de buffer de cada pacote de trabalho.....	29
Tabela 5- Tabela com os pontos do gráfico para o <i>Fever chart</i> do consumo de <i>buffer</i> de cada pacote de trabalho.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SAE	Sociedade de Engenheiros da Mobilidade
PMI	Project Management Institute
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
DIP	Desenvolvimento Integrado de Produto
CAD	Computer-Aided Design
CCPM	Critical Chain Project Management

SUMÁRIO

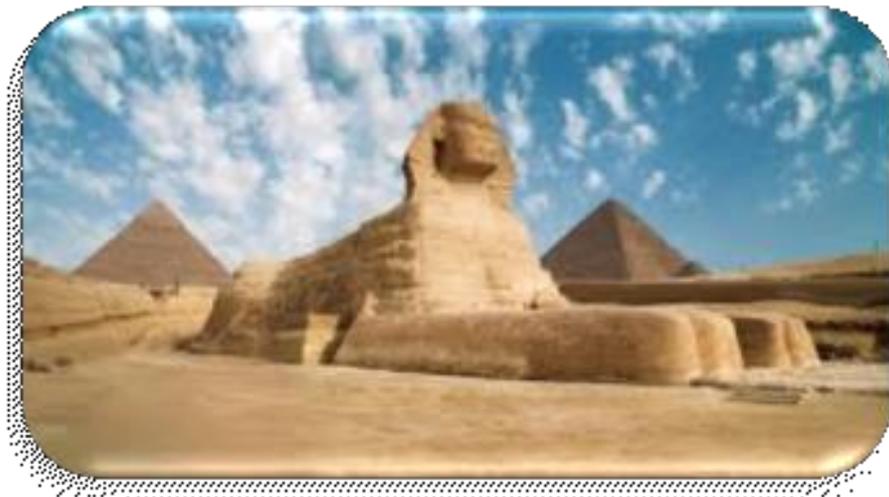
1- INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivo	17
1.1.1 - Geral.....	17
1.1.2 - Específico.....	17
1.2 Delimitação do trabalho	18
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3- METODOLOGIA	22
4- DESENVOLVIMENTO	23
5- RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
6- CONCLUSÃO	42
7- REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A prática de gerenciar projetos não é algo novo no mundo. Pelo contrário, vem sendo usado há centenas de anos em diversos projetos dos mais variados tipos, sejam sociais, produção de livros e filmes, desenvolvimento de *softwares* e no âmbito da engenharia com construções de cidades planejadas, edifícios, usinas, carros, navios, aviões. Pode-se citar alguns exemplos dos resultados de um projeto:

- Vacina contra poliomielite;
- Missões espaciais;
- Canal do Panamá;
- Torre Eiffel;
- Muralha da China;
- Jogos Olímpicos;
- As Pirâmides de Gizé;
- O desenvolvimento de aviões.

Figura 1 - As Pirâmides de Gizé



Fonte: <https://viagemeturismo.abril.com.br/atracao/piramides-de-gize/>

Figura 2 - Torre Eiffel



Fonte: <https://www.viator.com/pt-BR/tours/Paris/Summit-Eiffel-Tower-Priority-Access-with-Host/d479-7845P10>

Figura 3 - Pegada na Lua, ida do homem à Lua



Fonte: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-48916172>

Com a indústria aeronáutica não é diferente. Há a necessidade de aplicar conceitos de gerenciamento de projetos para garantir o andamento do fluxo de processos a serem executados, garantir prazos, mitigar riscos, gerir indicadores, e fazer reuso do conhecimento consolidado até então. Assim, um novo avião estará sempre inovando, evitando erros do passado, aprendendo com erros do presente e projetando o futuro.

Ora, se algo grande e complexo necessita de habilidades chaves e conhecimento aplicados para satisfazer seus clientes e a todos aqueles afetados pelo projeto, aplicar a projetos menores garantirá a repercussão dos mesmos efeitos.

O Projeto *AeroDesign* é um ótimo exemplo em que se pode aplicar os princípios da Gestão de Projetos em escala reduzida. Possuindo as mesmas divisões encontradas nas grandes empresas do ramo aeronáutico, o *AeroDesign* também precisa da devida atenção quanto à gestão.

Aplicando os conceitos do PMI (*Project Management Institute*), os conhecimentos do PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), da Corrente Crítica e entre outros, pode-se criar uma metodologia simplificada e direta para atuar-se em pequenos projetos, mas de grande complexidade.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Geral

Esta monografia tem como objetivo usar métodos de gerenciamento de projetos utilizados nas indústrias aeronáuticas à equipe AeroTau de *AeroDesign* da Universidade de Taubaté mostrando os benefícios ou malefícios destes conceitos. Buscando meios modernos e mais simples que possam se adaptar a pequenos projetos, mas de alto grau de complexidade, ajudando a integrar melhor as disciplinas envolvidas, pessoas, gerir prazos, custos, riscos e o conhecimento.

1.1.2 Específico

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Aplicar conceitos aprendidos em sala de aula;
- Aplicar conceitos de Gestão de Projetos;
- Agregar conhecimento, valor e aprendizagem à Equipe AeroTau *AeroDesign*;
- Tornar a Equipe AeroTau *AeroDesign* mais competitiva entre as outras equipes;
- Melhorar a fundamentalização das decisões de projeto tomadas pela Equipe AeroTau *AeroDesign*;

- Projetar aeronaves mais competitivas nas Competições SAE *AeroDesign* Brasil;
- Formular soluções para possíveis problemas que possam surgir no Projeto *AeroDesign*, com embasamento e confiabilidade;
- Realizar um trabalho coeso de forma a repassar esse conhecimento à Equipe AeroTau *AeroDesign*, e às demais pessoas que desejam obter conhecimento sobre o assunto.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Como foco, este trabalho visa mostrar alguns conceitos pontuais sobre Gestão de Projetos e suas vantagens à Equipe AeroTau *AeroDesign* da Universidade de Taubaté, agregando valor e conhecimento. Demonstrar uma metodologia confiável e validada, não só pela indústria aeronáutica, mas por muitas outras, para a gestão e a integração de projeto.

Os conceitos abordados centralizam-se, mas não se limitam, na Teoria das Restrições, Corrente Crítica, pacotes de trabalho, entre outros que são contemplados pelo PMBOK.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Competição SAE *AeroDesign* Brasil é uma competição onde alunos estudantes de engenharia, e algumas áreas de exatas, desenvolvem um projeto de uma aeronave radiocontrolada com requisitos pré-determinados pelo regulamento da competição em seu ano de vigência. De acordo com o Regulamento SAE BRASIL *AeroDesign* 2019, a competição acontece nos Estados Unidos desde 1986 e foi fundada pela SAE International, que também deu origem à SAE BRASIL em 1991. A competição está no calendário de eventos estudantis da SAE BRASIL desde 1999. O *AeroDesign* no Brasil, ao longo de sua existência, tornou-se um evento com crescente quantidade e qualidade dos projetos participantes.

As edições precedentes do SAE *Aerodesign* sempre tiveram como um dos seus principais objetivos um aporte para a formação profissional de todos os participantes. Não apenas um incentivo à formação na área técnica, mas também nos aspectos organizacionais, através do fundamental e muito importante “trabalho em equipe”, algo importante, atualmente, no mundo da engenharia (Regulamento SAE BRASIL *Aerodesign*, 2019).

O regulamento da competição ainda trata de seus objetivos, alguns como:

- Promover a oportunidade de aprendizado em aeronáutica através de um projeto multidisciplinar cheio de desafios;
- Despertar o interesse na área aeronáutica;
- Propiciar permuta técnico e de conhecimento entre as equipes;
- Desenvolver competência de liderança e planejamento;
- Desenvolver aptidão de vender opiniões e projetos;
- Promover a ética profissional;
- Desenvolver trabalho em equipe.

Entendido sobre o contexto da competição SAE *AeroDesign* Brasil, se faz necessário abordar um pouco o assunto “projeto de aeronaves”, pois, é neste no qual o assunto deste trabalho está contido. A finalidade é entender no que consiste o trabalho da Equipe AeroTau *Aerodesign* dentro da competição, para que por fim, se

possa explanar a gestão de um projeto de aeronaves com base no que a indústria aeronáutica utiliza nos dias de hoje.

Segundo RAYMER (1992), em seu livro *Aircraft Design - A Conceptual Approach*, o projeto de aeronaves é uma disciplina separada dentro da engenharia aeronáutica, diferenciando-se das disciplinas analíticas como aerodinâmica, estruturas, propulsão e entre outras. O projetista de aeronaves precisa ter versatilidade nessas especialidades e em outras, mas gastará pouco tempo realizando análises durante seu trabalho dentro das empresas aeronáuticas.

Para SCHOLZ (2013), o objetivo do projeto de aeronaves é criar algo novo, e isso contrasta com a análise da aeronave por um número grande de disciplinas especializadas em sua construção, como a mecânica de voo, que utiliza a geometria da aeronave para determinar seu desempenho e características de voo.

Tratando do setor aeronáutico, as empresas sustentam-se de forma bastante elevada com desenvolvimento constante de modelos e serviços novos, já que a concorrência no ramo é extremamente alta. Comumente, os requisitos de mercado são delimitados pelos clientes ou futuro cliente (em potencial). Tais requisitos precisam ser aperfeiçoados através dos anos para que haja manutenção das vantagens competitivas (MARTÍNEZ-JURADO et al., 2014).

De acordo com CADDEN e JOHN DOWNES (2013), para garantir que todos os requisitos de mercado sejam desenvolvidos de forma conjunta com as necessidades do mercado, as empresas do setor aeronáutico usam dos métodos e técnicas de gestão para identificar e melhorar os processos deficientes durante todo o ciclo do desenvolvimento do produto ou serviço, a fim de potencializar seus resultados e inovar em seus produtos, incremental ou radicalmente.

Um dos métodos de gestão é a DIP (Desenvolvimento Integrado de Produto), que usa o paralelismo entre as atividades a serem desenvolvidas, portanto, há o desconflito entre as atividades que antes só se iniciavam após o término de *milestones* (tópicos pré-definidos). A essência da DIP é desenvolver novos produtos mantendo alto grau de qualidade com custo baixo utilizando a integração de todas as etapas para se fabricar o produto, no caso de aviões, desde sua concepção no anteprojeto, passando pelo desenvolvimento, até a entrada em serviço (LIU et al., 2013). Busca-se, deste modo, interligar todas as atividades desenvolvidas no projeto

por todas as áreas em um único escopo, ampliando a possibilidade para se utilizar de diretrizes de Gerenciamento de Projetos.

Segundo o PMBOK, as organizações executam trabalho, e o trabalho envolve serviços continuados e/ou projetos. Estes, apesar da diferença, possuem características comuns, por exemplo: executados por pessoas; restringidos por recursos limitados; planejados, executados e controlados.

Podemos definir gerenciamento de projetos como a aplicação de habilidades, técnicas, ferramentas e conhecimento para arrojadas atividades visando alcançar os requisitos do projeto, com o desígnio de facilitar tal gerenciamento, pode-se dividi-lo em várias fases, definindo o início e o fim do projeto (DINSMORE e CAVALIERE 2007, PINTO 2013 e PMI 2013).

É importante lembrar que o PMBOK é um conjunto de processos e conhecimentos recebidos como boas práticas na área de gestão de projetos. É um padrão internacionalmente reconhecido e utilizado em diversos projetos empresariais (ILIES et al., 2010).

3 METODOLOGIA

Para este trabalho, foi usado o tipo de pesquisa exploratória, que visa levantar as informações necessárias sobre problemas encontrados na Equipe AeroTau *Aerodesign*: não gerenciamento e integração do projeto. Tal fato gera perda de informações durante todo o processo do projeto aeronáutico, além do atraso do projeto e penalidades para a equipe dentro da competição. A intenção é aumentar a familiaridade com este tipo de situação e formular hipóteses mais precisas para a solução deste tipo de problema, gerar conhecimento mais sólido nesta área, propiciando um legado à Equipe AeroTau *Aerodesign*.

Ao selecionar o método da pesquisa, optou-se pelo estudo de casos, onde o estudo das disciplinas envolvidas no projeto *Aerodesign* (integração do projeto, aerodinâmica, estabilidade e controle, cargas e aeroelasticidade, projeto elétrico, estruturas e desempenho), proporcionou a investigação de um fenômeno dentro da gestão e integração de projetos, motivando a melhora e otimização do tempo levado para se projetar, fabricar, testar e fazer relatórios para a Competição SAE *Aerodesign* Brasil.

Quanto às técnicas de coleta de dados, utilizou-se da observação extensiva, pois necessitou de questionamentos sobre o histórico de procedimentos para a geração de dados de cada disciplina do projeto, citadas anteriormente. Fez-se um *workshop* de escopo a fim de coletar todos os dados corretamente e de forma cronológica.

Após, analisou-se o conteúdo extraído da coleta de dados de forma qualitativa, procurando os meios para a abordagem mais eficiente da integração e gestão do projeto. Para isso, foi utilizado alguns instrumentos como *MS Project* para se criar cronogramas.

4 DESENVOLVIMENTO

A Equipe AeroTau *Aerodesign* se restabeleceu como equipe em 2015 depois de ficar anos inativa, passando por um processo de reestruturação. Todos os integrantes eram novos e não eram familiarizados uns com os outros. Assim, em 2016, a primeira participação na Competição SAE *Aerodesign* Brasil ocorreu através do Torneio de Acesso, dando elegibilidade à Equipe AeroTau através de uma vaga na classe regular da Competição.

Para fundamentar a necessidade deste trabalho, utilizou-se dados estatísticos de três competições consecutivas, ou seja, três anos consecutivos em que a Equipe AeroTau competiu. Os dados são referentes às pontuações dos relatórios obtidas pela equipe em questão em cada uma das disciplinas avaliadas pela SAE *Aerodesign* nos anos de 2017, 2018 e 2019, e são identificados nas imagens abaixo.

Figura 4 - Tabela de pontuação SAE *AeroDesign* Brasil ano de 2017 da equipe AeroTau

Competição SAE BRASIL de Aerodesign RELATÓRIO E APRESENTAÇÃO												
Nº	Nome Equipe	Nome Universidade	UF	Classe	Integração do Projeto Relatório	Integração do Projeto Plantas	Aerodinâmica	Desempenho	Estabilidade e Controle	Cargas e Aeroelasticidade	Estruturas e Ensaios Estruturais	Projeto Elétrico
047	AeroTau	Universidade de Taubaté	SP	REGULAR	9,66	4,88	8,63	10,90	14,44	2,70	12,96	9,88

Fonte: Site SAE Brasil.

Figura 5 - Tabela de pontuação SAE *AeroDesign* Brasil ano de 2018 da Equipe AeroTau

20ª Competição SAE BRASIL de Aerodesign - 2018 - Relatório, Apresentação Oral e Vídeo de Voo - FINAL													
Nº	Classe	Nome Equipe	Escola	UF	Integração do Projeto Relatório (20)	Integração do Projeto Plantas (10)	Aerodinâmica (25)	Desempenho (25)	Estabilidade e Controle (25)	Cargas e Aeroelasticidade (25)	Estruturas Relatório (20)	Estruturas Plantas (10)	Projeto Elétrico (25)
42	REGULAR	AeroTau	Universidade de Taubaté	SP	7,80	6,86	15,63	13,88	11,45	9,77	4,29	5,02	8,89

Fonte: Site SAE Brasil.

Figura 6 - Tabela de pontuação SAE *AeroDesign* Brasil ano de 2019 da Equipe AeroTau

21ª Competição SAE BRASIL de Aerodesign - 2019 - Relatório, Apresentação Oral e Vídeo de Voo													
Nº	Classe	Nome Equipe	Escola	UF	Integração do Projeto Relatório (20)	Integração do Projeto Plantas (10)	Aerodinâmica (25)	Desempenho (25)	Estabilidade e Controle (25)	Cargas e Aeroelasticidade (25)	Estruturas Relatório (20)	Estruturas Plantas (10)	Projeto Elétrico (25)
33	REGULAR	AeroTau	Universidade de Taubaté (UNITAU)	SP	7,64	5,80	13,19	8,43	16,40	6,12	6,99	5,32	6,51

Fonte: Site SAE Brasil.

Figura 7 - Tabela de pontuação SAE AeroDesign Brasil ano de 2017 das 5 melhores colocadas

Competição SAE BRASIL de Aerodesign RELATÓRIO E APRESENTAÇÃO											
Nº	Nome Equipe	Nome Universidade	Classe	Integração do Projeto Relatorio	Integração do Projeto Plantas	Aerodinâmica	Desempenho	Estabilidade e Controle	Cargas e Aeroelasticidade	Estruturas e Ensaios Estruturais	Projeto Elétrico
001	EESC-USP ALPHA	Escola de Engenharia de São Carlos	REGULAR	16.81	9.57	24.71	23.71	20.80	12.64	18.33	11.63
002	URUBUS AERODESIGN	Universidade Estadual de Campinas	REGULAR	16.29	8.57	20.50	23.14	18.32	12.37	21.02	14.00
003	UAI, SÓ! FLY!!!	Universidade Federal de Minas Gerais	REGULAR	16.16	7.74	23.36	22.88	22.22	12.88	20.96	13.75
004	TUCANO	Universidade Federal de Uberlândia - UFU	REGULAR	16.93	8.76	22.56	22.04	21.24	15.80	17.58	13.88
005	AEROFEG	UNESP GUARATINGUETA	REGULAR	13.74	7.35	23.40	22.29	16.62	10.62	21.91	14.13

Fonte: Site SAE Brasil.

Figura 8 - Tabela de pontuação SAE AeroDesign Brasil ano de 2018 das 5 melhores colocadas

20ª Competição SAE BRASIL de Aerodesign - 2018 - Relatório, Apresentação Oral e Vídeo de Voo - FINAL													
Nº	Classe	Nome Equipe	Escola	UF	Integração do Projeto Relatorio (20)	Integração do Projeto Plantas (10)	Aerodinâmica (25)	Desempenho (25)	Estabilidade e Controle (25)	Cargas e Aeroelasticidade (25)	Estruturas Relatorio (20)	Estruturas Plantas (10)	Projeto Elétrico (25)
1	REGULAR	EESC-USP ALPHA	EESC-USP	SP	17,05	8,63	24,02	21,92	23,12	16,31	16,83	9,25	11,66
2	REGULAR	AEROFEG	UNESP - Guaratinguetá	SP	15,47	9,34	19,51	20,66	18,86	14,69	14,81	8,13	16,18
3	REGULAR	UAI, SÓ! FLY!!!	Universidade Federal de Minas Gerais	MG	17,27	7,97	24,48	22,69	20,42	21,99	18,74	8,04	15,33
4	REGULAR	Axé Fly	Universidade Federal da Bahia	BA	14,17	5,46	19,91	20,08	11,57	13,78	10,44	7,29	14,10
5	REGULAR	DRACO VOLANS	Universidade de Brasília	DF	15,03	6,66	19,71	16,28	16,61	6,63	11,98	4,77	11,20

Fonte: Site SAE Brasil.

Figura 9 - Tabela de pontuação SAE AeroDesign Brasil ano de 2019 das 5 melhores

21ª Competição SAE BRASIL de Aerodesign - 2019 - Relatório, Apresentação Oral e Vídeo de Voo													
Nº	Classe	Nome Equipe	Escola	UF	Integração do Projeto Relatorio (20)	Integração do Projeto Plantas (10)	Aerodinâmica (25)	Desempenho (25)	Estabilidade e Controle (25)	Cargas e Aeroelasticidade (25)	Estruturas Relatorio (20)	Estruturas Plantas (10)	Projeto Elétrico (25)
1	REGULAR	EESC-USP ALPHA	Escola de Engenharia de São Carlos - EESC-USP	SP	17,66	9,29	22,48	22,65	22,42	19,39	12,28	7,38	12,88
2	REGULAR	KEEP FLYING	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo	SP	16,40	8,36	22,30	17,22	19,91	12,33	17,46	8,53	19,48
3	REGULAR	UAI, SÓ! FLY!!!	Universidade Federal de Minas Gerais	MG	15,02	9,02	20,24	21,04	20,99	21,23	15,12	8,24	15,08
4	REGULAR	F-CARRANCA	UNIVASF	BA	17,14	8,74	22,81	21,79	18,16	17,50	13,75	7,95	16,44
5	REGULAR	CEFAST AERODESIGN	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais	MG	16,29	7,82	21,17	13,19	21,07	16,28	14,73	6,65	20,78

Fonte: Site SAE Brasil.

Além dos resultados da própria Equipe AeroTau, utilizou-se dos relatórios das cinco primeiras colocadas na competição durante os mesmos 2 anos de participação, identificadas nas imagens abaixo.

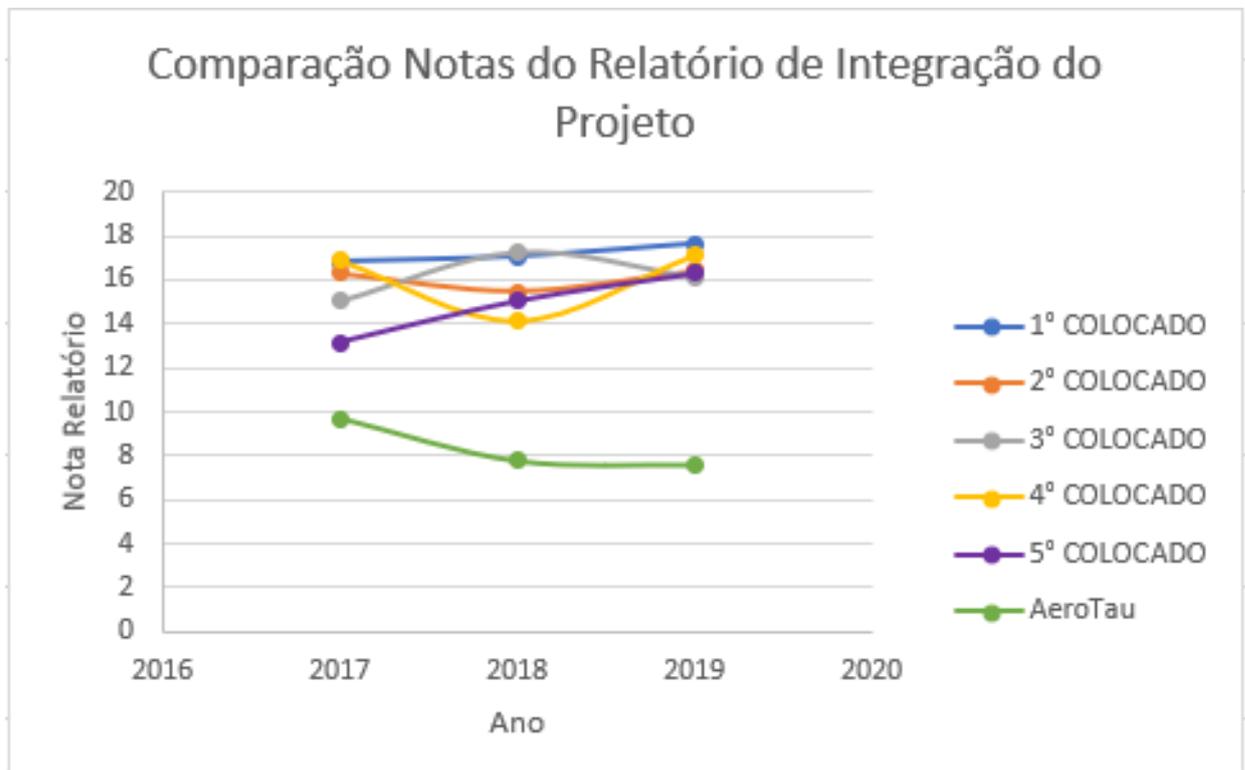
Com isso, pôde-se construir a tabela 1, que compara as pontuações dos relatórios de outras equipes que ficaram bem colocadas na competição, com os relatórios obtidos pela Equipe AeroTau, na disciplina de Integração do Projeto, durante os dois anos de competição (2017 e 2018).

Tabela 1- Tabela comparativa com as notas do relatório de Integração do Projeto das equipes durante os anos de 2017, 2018 e 2019.

Nota Relatório de Integração do Projeto								
Ano de 2017			Ano de 2018			Ano de 2018		
Classif.	Eq.	N.	Classif.	Eq.	N.	Classif.	Eq.	N.
001	EESC-USP ALPHA	16,81	001	EESC-USP ALPHA	17,05	001	EESC-USP ALPHA	17,66
002	URUBUS AERODESING	16,29	002	AEROFEG	15,47	002	KEEP FLYING	16,40
003	UAI, SÔ! FLY!!!	16,16	003	UAI, SÔ! FLY!!!	17,27	003	UAI, SÔ! FLY!!!	15,02
004	TUCANO	16,93	004	Axé Fly	14,17	004	F-CARRANCA	17,14
005	AEROFEG	13,14	005	DRACO VOLANS	15,03	005	CEFAST AERODESIGN	16,29
047	AeroTau	9,66	042	AeroTau	7,8	033	AeroTau	7,62

Fonte: O autor.

Figura 10- Gráfico comparativo das notas do relatório de Integração do Projeto das equipes durante os anos de 2017, 2018 e 2019.



Fonte: O autor.

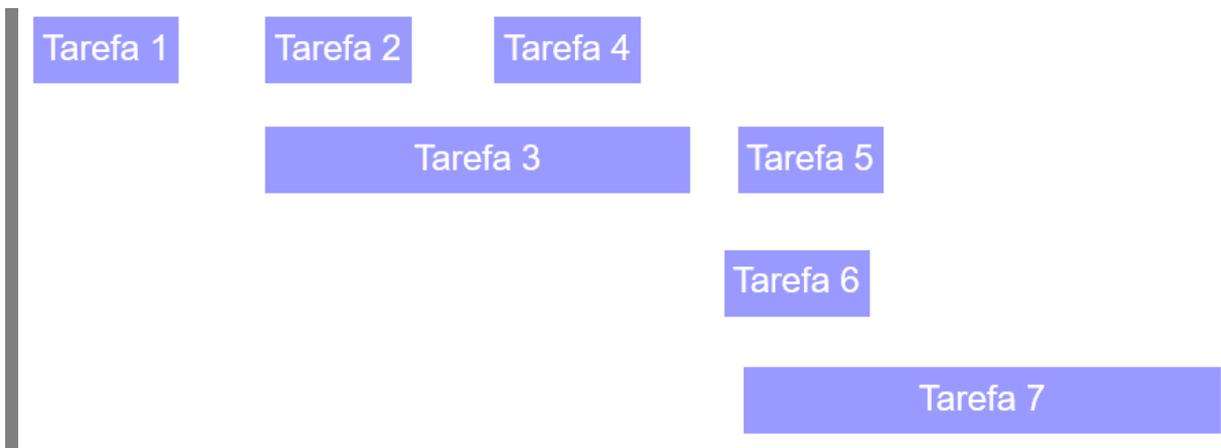
Com os dados em mãos fica evidente a necessidade do aprofundamento na área de integração e uma nova forma de gerir que seja conceituada e efetiva. No primeiro ano de competição, a Equipe AeroTau ficou cerca de sete pontos atrás da primeira colocada, e no ano seguinte decaiu, ficando quase dez pontos atrás da primeira colocada.

Buscando novas técnicas de abordagem metodológica para a integração das disciplinas do projeto e a gestão das mesmas, recorreu-se à formas utilizadas e comprovadas pela própria indústria aeronáutica, a DIP (Desenvolvimento Integrado de Produto), que integra todas as áreas de um projeto de aeronave, desde o projeto (desenho em CAD – *Computer-Aided Design*) até a manufatura e a produção, e acompanha o produto (avião) desde a sua concepção no anteprojeto, até a entrega do produto ao cliente (no caso da Equipe AeroTau, até a data da Competição SAE *Aerodesign* Brasil).

A DIP se utiliza de conceitos aprovados pelo PMI e publicados no PMBOK. Esses conceitos foram originados do físico GOLDRATT (2003, 2005), que buscou determinar expressões como o conceito de corrente crítica (CCPM – *Critical Chain Project Management*), caminho crítico e gargalo, que consistem em analisar a linha do tempo das tarefas, colocá-las em ordem de sucessão e precessão, para determinar o maior caminho para o final de todo o ciclo das atividades, além das atividades que são restritivas, e se tornam o gargalo de todo o sistema. Assim, podendo realizar o desconflito de recursos e otimizar o processo de acordo com as restrições e limitações da equipe.

Para a aplicação dos conceitos de Goldratt, o primeiro passo era obter o que seria todo o caminho de atividades de cada disciplina do projeto, isso é, o que representa um ano de projeto, em outras palavras, todo o ciclo de atividade necessárias para a execução do projeto durante um ano.

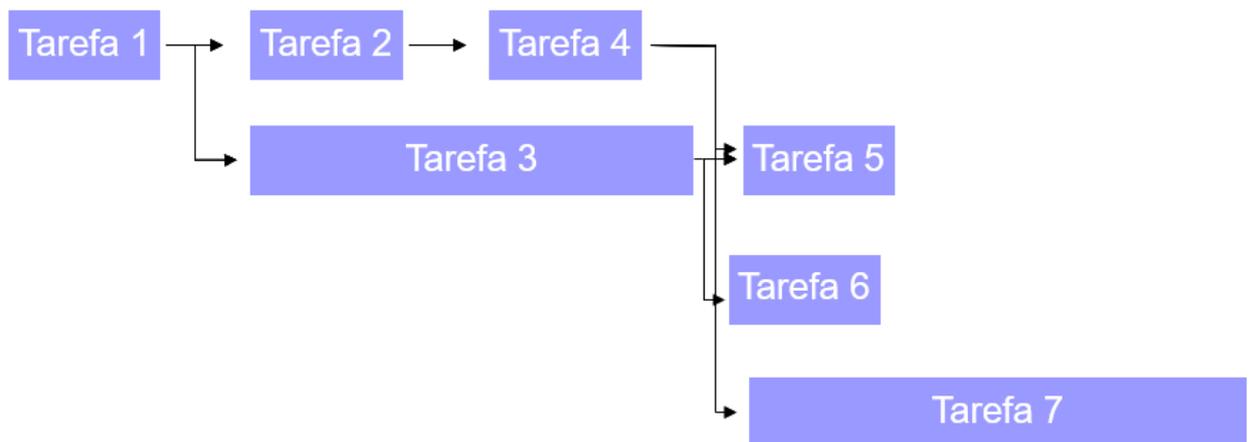
Figura 11 - Ciclo de atividades



Fonte: O autor.

Então, com as atividades já determinadas, é necessário descobrir a relação entre cada atividades, ou seja, qual a relação de sucessão de precessão entre as atividades, assim teremos o caminho completo do projeto.

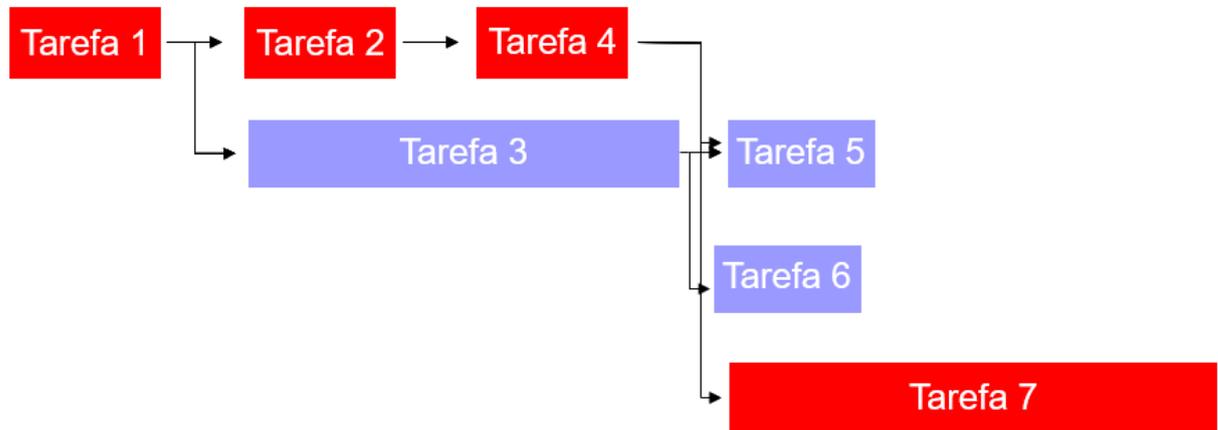
Figura 12 - Ciclo de atividades com precessão e sucessão



Fonte: O autor.

Por fim, é possível encontrar o caminho crítico, maior ciclo de atividades até a entrega final, e a corrente crítica, o cliço de atividade que, se atrasar, afeta diretamente a entrega final, do projeto e de cada pacote de trabalho. Assim pode-se definir quem são os gargalos de nosso sistema.

Figura 13 - Caminho crítico do sistema

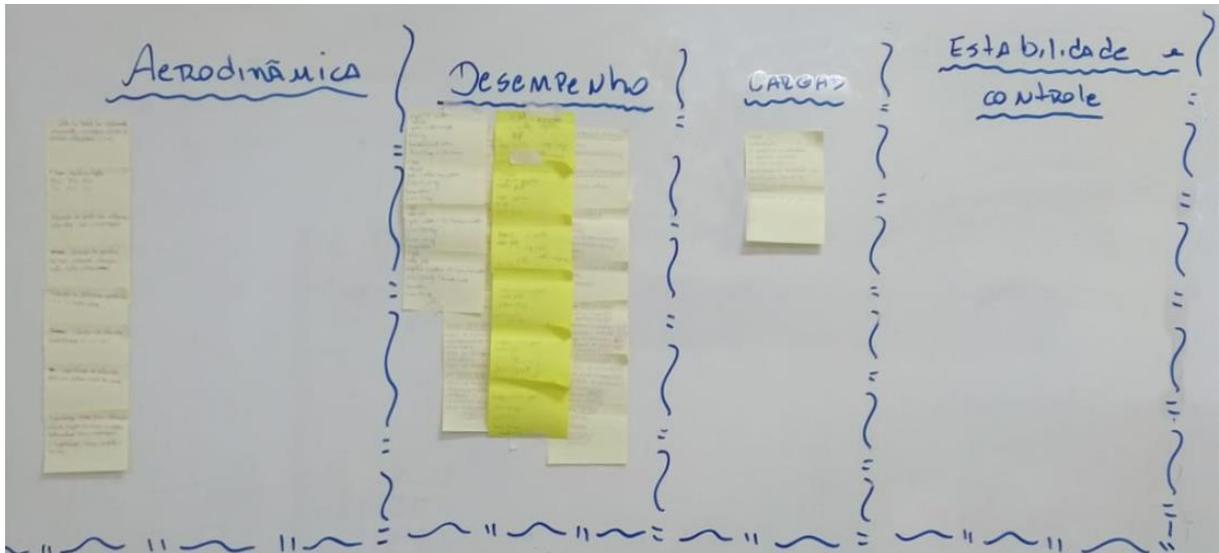


Fonte: O autor.

A partir deste conceito, foi construído a partir de um *workshop* de escopo com cada disciplina, e pôde-se definir as principais macrotarefas (grandes tarefas) a serem executadas para a constituição do projeto. Tudo isso com base no histórico que a Equipe AeroTau possui e desenvolveu desde 2016 para a geração de uma aeronave competitiva.

O *workshop* de escopo foi realizado com blocos de folhas adesivas (*Post-it*) e uma tabela construída numa lousa de quadro branco, que continha todas as disciplinas, e embaixo de cada disciplina espaço para se colocar as folhas adesivas, que continham as atividades escritas e de forma cronológica, além das premissas e dificuldades que cada disciplina atribuiu para si mesma. A foto a seguir exemplifica isto.

Figura 14 – Primeira fase do *Workshop* de Escopo realizado com a Equipe AeroTau Aerodesign

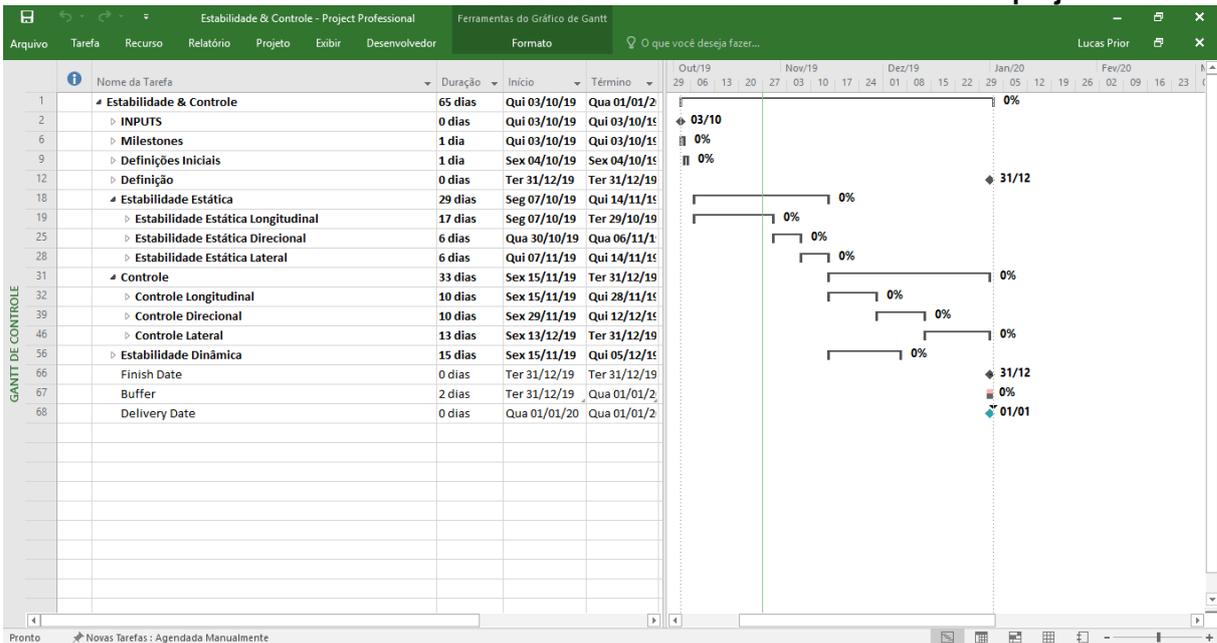


Fonte: O autor.

O planejamento, então, está completo, com as entregas finais e intermediárias, e já é possível integrar as disciplinas e gerar *loops* de trabalho, onde as informações vão e voltam entre as disciplinas, proporcionando o refinamento dos dados e a otimização do projeto.

Para garantir que cada entrega intermediária esteja no prazo sem afetar as entregas posteriores a ela, e que dependem das informações geradas por ela mesma, usou-se o conceito de *buffer* – também introduzido por GOLDRATT (2003, 2005) - ou seja, pulmões que permitem que certas entregas intermediárias atrasem, ao mesmo tempo que protegem as tarefas sucessoras a elas de ficarem em atraso antes mesmo de serem iniciadas. Esses *buffers* são reflexos das incertezas nas durações das atividades, são margens de segurança que garantem a entrega final.

Figura 15 – Project com as tarefas recolhidas no *workshop* de escopo para a disciplina de Estabilidade e Controle antes do cálculo do *buffer* intermediário deste projeto.



Fonte: O autor.

Vemos que na figura anterior, o *buffer* consta como zero por cento (0%), pois refere-se ao planejamento puro, com a duração real das atividades extraídas no *workshop* de escopo.

Para a aplicação correta dos conceitos de GOLDRATT (2003, 2005) e usar o *buffer* corretamente, deve-se reduzir todas as atividades do projeto pela metade, e usar a metade da metade de duração restante de dias no *buffer* ao final do projeto.

Portanto, utilizando a figura anterior, tem-se o tempo total de sessenta e cinco dias de duração do projeto todo. A seguir, diminui-se a duração de todas as tarefas pela metade, trinta e dois dias e meio, e adiciona-se a metade da metade restantes ao *buffer*, ficando com dezesseis dias de duração. O projeto inteiro passou de sessenta e cinco dias, para quarenta e nove dias totais, incluindo o pulmão.

A última etapa envolvendo o escopo do projeto é encontrar o caminho crítico de atividades que contempla o pacote de trabalho em questão. Este é o maior ciclo de atividades que afetam a entrega (última atividade) do pacote de trabalho.

Com o escopo de todas as disciplinas de projeto (pacotes de trabalho) em mãos e já organizados dentro de um *Project* nomeado “Mestre Consolidado” com os recursos alocados, parte-se para a integração do projeto como um todo, unindo as tarefas entre os cronogramas e gerando os *loops* de trabalho. Esta integração permite observar o caminho crítico de todo o projeto e encontrar os gargalos e as

restrições do sistema, permitindo atuar os esforços no elo mais fraco da corrente, pois é ele quem determina o desempenho global deste sistema.

Segundo GOLDRATT (2003, 2005), a falta de uma visão sistêmica é o que resulta em ineficiência e grandes desperdícios, por isso deve-se encontrar o gargalo do sistema e submeter todos os demais processos a este gargalo.

Para concluir o ciclo da Teoria das Restrições, é necessário se basear com a premissa de que ao menos uma restrição é necessária para limitar o atingimento das metas, dentro de um sistema baseado em metas. Portanto, GOLDRATT (2003, 2005) definiu cinco etapas para o processo de melhoria contínua: identificar, definir, subordinar, elevar e retornar.

1. Identificação das restrições do sistema que supostamente impedem de atingir a meta;
2. Definição do modo como as restrições serão exploradas a fim de obter o máximo proveito delas;
3. Subordinar todo o sistema com base nas decisões tomadas no passo anterior, para que o sistema fique alinhado;
4. Elevar o desempenho das restrições, melhorando a capacidade de incrementação da restrição;
5. Retornar ao passo 1 de modo e encontrar novas restrições, para que o sistema não entre em inércia, gerando a melhoria contínua.

Partindo agora para o gerenciamento de projetos, é necessário um método de visualização mais macro que possibilita uma rápida leitura, ao gestor de projeto, do significado do consumo de *buffer*, tanto de cada pacote de trabalho, como de todo o projeto, ou seja, a gestão de prazo. Isto indica se os prazos estão dentro dos conformes, ou se o projeto está atrasando, ou impactando outras entregas (no caso de pacotes de trabalho).

Para isto, ainda dentro dos preceitos de CCPM, construiu-se um gráfico de consumo de *buffer* baseado no conceito de *fever chart*. Tal gráfico mostra o consumo e a penetração do *buffer* considerando o projeto como um todo, e o consumo de cada pacote de trabalho (nomeado, também, de tecnologias) separadamente. Com isso, tem-se o consumo de *buffer* por tecnologia, e o consumo de *buffer* do projeto como um todo.

Escolheu-se, por conveniência, adotar a data de entrega dos relatórios à SAE Aerodesign Brasil como sendo o *marketing date* do *buffer* do projeto total, visto que é o primeiro *milestone* (marco do projeto) a ser cumprido, e que compreende todo o trabalho do projeto, levando em conta que se há algum dado que não constará nos relatórios enviados à SAE, não há sentido executar a tarefa.

Como o *fever chart* não possui um padrão para a sua construção, cada projeto pode adaptar-se conforme sua necessidade, ou conforme o gestor de projeto achar melhor. Para este caso, em específico, preferiu-se utilizar o consumo de *buffer* máximo com o valor de dez (10) pontos percentuais, que se referem às semanas do projeto (eixo das abcissas). O eixo das ordenadas foi baseado no total de semanas do projeto, com a última data sendo a entrega dos relatórios à SAE Aerodesign Brasil. Para a construção do restante do gráfico, foram necessários dois tipos de tabelas, que seguem respectivamente, uma para determinar os pontos iniciais, finais e a variação entre as linhas do gráfico, e a segunda tabela para montar o gráfico com todos os pontos. Também seguem, respectivamente, as tabelas para a construção do *fever chart* do projeto total, e do *fever chart* de cada tecnologia.

Tabela 2 – Tabela base para construção do *Fever Chart* do projeto total

Ponto inicial linha verde	0
Ponto final linha verde	10
Ponto inicial linha amarela	2,1
Ponto final linha amarela	10
Linha vermelha	14
Espaçamento amarelo	0,263333333
Espaçamento verde	0,333333333

Fonte: O autor.

Tabela 2- Tabela com os pontos do gráfico para o *Fever Chart* do projeto total

Current date	Red border	Yellow border	Green border	Buffer zone
1-jan-19	14	2,1	0,6	0
8-jan-19	14	2,363333333	0,8633333	0
15-jan-19	14	2,626666667	1,1266667	0
22-jan-19	14	2,89	1,39	0
29-jan-19	14	3,153333333	1,6533333	0
5-fev-19	14	3,416666667	1,9166667	0
12-fev-19	14	3,68	2,18	0
19-fev-19	14	3,943333333	2,4433333	0
26-fev-19	14	4,206666667	2,7066667	0
5-mar-19	14	4,47	2,97	0
12-mar-19	14	4,733333333	3,2333333	0
19-mar-19	14	4,996666667	3,4966667	0
26-mar-19	14	5,26	3,76	0
2-abr-19	14	5,523333333	4,0233333	0
9-abr-19	14	5,786666667	4,2866667	0
16-abr-19	14	6,05	4,55	0
23-abr-19	14	6,313333333	4,8133333	0
30-abr-19	14	6,576666667	5,0766667	0
7-mai-19	14	6,84	5,34	0
14-mai-19	14	7,103333333	5,6033333	0,83
21-mai-19	14	7,366666667	5,8666667	1,67
28-mai-19	14	7,63	6,13	2,50
4-jun-19	14	7,893333333	6,3933333	3,33
11-jun-19	14	8,156666667	6,6566667	4,17
18-jun-19	14	8,42	6,92	5,00
25-jun-19	14	8,683333333	7,1833333	5,83
2-jul-19	14	8,946666667	7,4466667	6,67
9-jul-19	14	9,21	7,71	7,50
16-jul-19	14	9,473333333	7,9733333	8,33
23-jul-19	14	9,736666667	8,2366667	9,17
30-jul-19	14	10	8,5	10,00
6-ago-19	14	10		10
13-ago-19	14	10		10
20-ago-19	14	10		10

Fonte: o autor.

Tabela 4- Tabela base para construção do *Fever Chart* do consumo de buffer de cada pacote de trabalho

Ponto inicial linha verde	0
Ponto final linha verde	60%
Ponto inicial linha amarela	15%
Ponto final linha amarela	90%
Linha vermelha	14
Espaçamento amarelo	0,02
Espaçamento verde	0,02

Fonte: o autor.

Tabela 5- Tabela com os pontos do gráfico para o *Fever Chart* do consumo de *buffer* de cada pacote de trabalho

Current date	Red border	Yellow border	Green border	Buffer zone
1-jan-19	14	30%	15%	0
8-jan-19	14	32%	17%	0
15-jan-19	14	34%	19%	0
22-jan-19	14	36%	21%	0
29-jan-19	14	38%	23%	0
5-fev-19	14	40%	25%	0
12-fev-19	14	42%	27%	0
19-fev-19	14	44%	29%	0
26-fev-19	14	46%	31%	0
5-mar-19	14	48%	33%	0
12-mar-19	14	50%	35%	0
19-mar-19	14	52%	37%	0
26-mar-19	14	54%	39%	0
2-abr-19	14	56%	41%	0
9-abr-19	14	58%	43%	0
16-abr-19	14	60%	45%	0
23-abr-19	14	62%	47%	0
30-abr-19	14	64%	49%	0
7-mai-19	14	66%	51%	0
14-mai-19	14	68%	53%	8%
21-mai-19	14	70%	55%	17%
28-mai-19	14	72%	57%	25%
4-jun-19	14	74%	59%	33%
11-jun-19	14	76%	61%	42%
18-jun-19	14	78%	63%	50%
25-jun-19	14	80%	65%	58%
2-jul-19	14	82%	67%	66%
9-jul-19	14	84%	69%	75%
16-jul-19	14	86%	71%	83%
23-jul-19	14	88%	73%	91%
30-jul-19	14	90%	75%	100%
6-ago-19	14	105%		100%
13-ago-19	14	105%		100%
20-ago-19	14	105%		100%

Fonte: o autor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

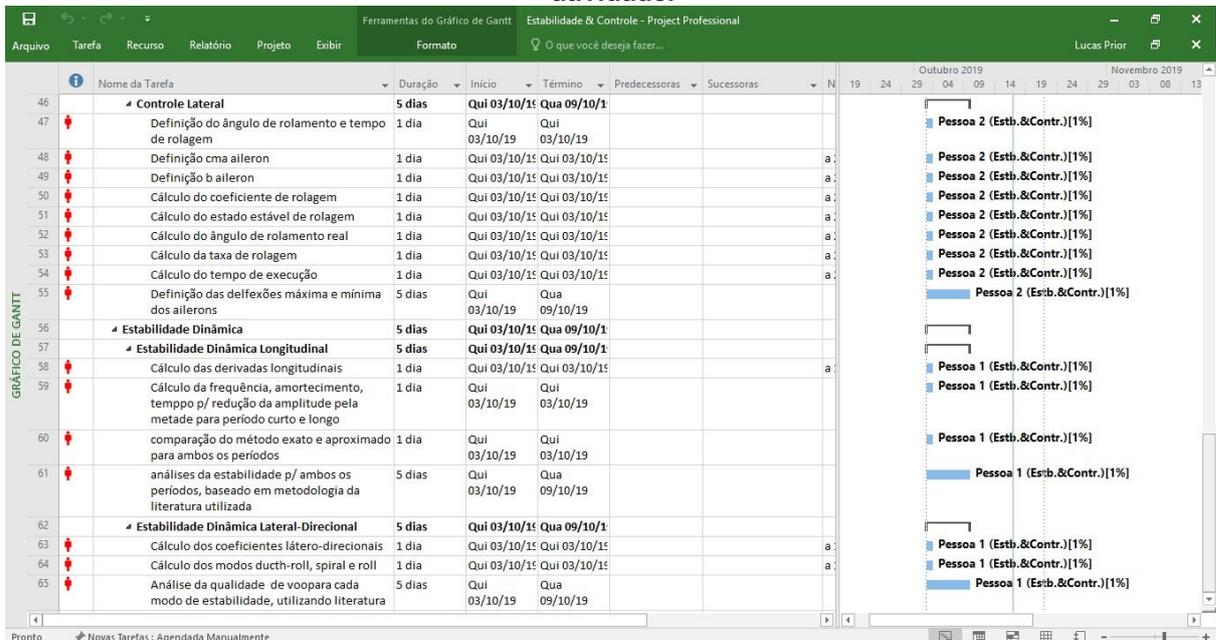
O *workshop* de escopo permitiu a obtenção do primeiro resultado, os cronogramas em arquivos do *MS Project*, com as macros tarefas definidas. Foi necessária uma rodada extra do *workshop* com cada tecnologia separadamente, a fim de refinar os dados, validar os modelos obtidos e corrigir os erros nos arquivos, adicionando os recursos em cada cronograma.

Figura 16 – Arquivo *Project* com o cronograma de cada pacote de trabalho e o cronograma consolidado.



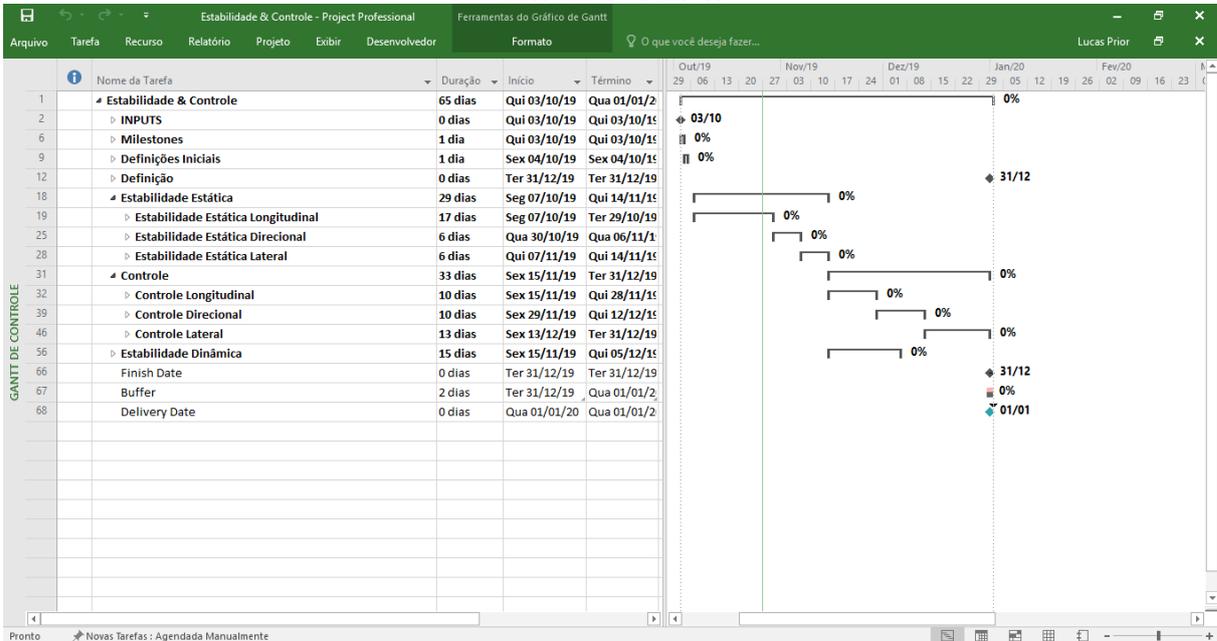
Fonte: o autor.

Figura 17 – Arquivo *Project* validado com a tecnologia, contemplando os recursos de cada atividade.



Fonte: o autor.

Figura 18 – Arquivo *Project* validado com a tecnologia, contemplando os links entre atividades corretamente, os recursos em cada atividade e a duração das atividades corrigidas para o uso correto do *buffer*.



Fonte: o autor.

Com os arquivos *Project* concluídos, próximo passo foi a determinação dos *buffers* intermediários em cada pacote de trabalho. Foi necessário avaliar e corrigir as durações das tarefas, além de adicionar uma fórmula dentro do *MS Project* para que o *buffer* se mova de forma automática, conforme as tarefas atrasarem.

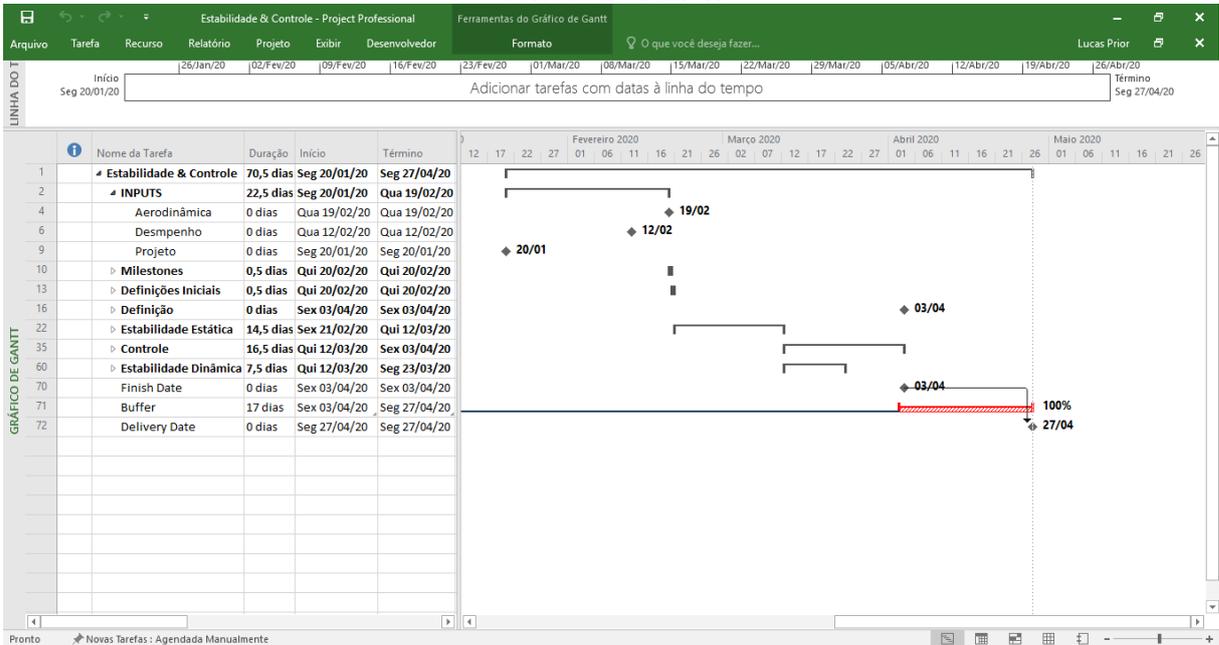
Então, foi possível integrar os arquivos de acordo com as necessidades das informações de cada pacote de trabalho. Portanto, todos os cronogramas integrados entre si, e um cronograma mestre que contempla todos os outros, permitindo o controle de todos os pacotes de trabalho.

A necessidade de controlar os pacotes separadamente é para que encontrar os gargalos e restrições no sistema, mostrando o caminho crítico das ações. Desta forma pode-se atuar com foco e não desperdiçar energia em tarefas que não afetam a entrega daquele pacote em questão.

A necessidade de um compilado de todos os pacotes de trabalho, o cronograma Mestre Consolidado, é para que a visão completa do sistema fique clara, e que o impacto final do projeto seja evidente, ou seja, o quanto o atraso está

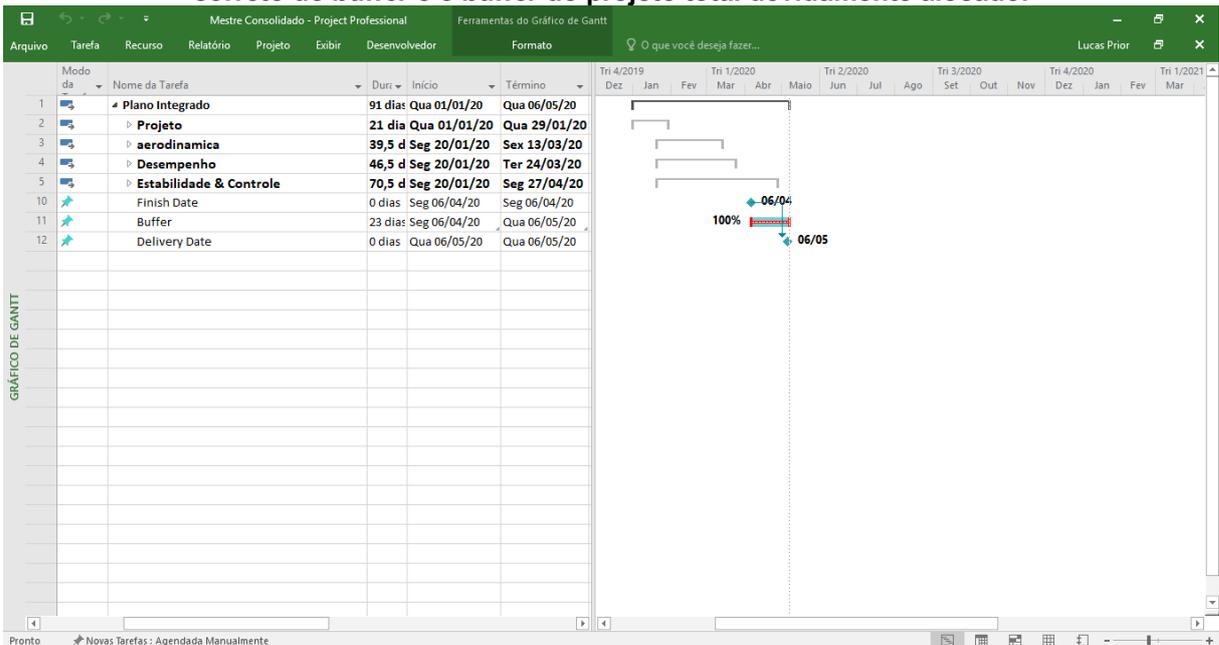
impactando a entrega final do projeto, ou o quanto de energia se está gastando em tarefas que não afetam a entrega final do projeto.

Figura 19 – Arquivo *Project* validado com a tecnologia, contemplando os links entre atividades corretamente, os recursos em cada atividade e a duração das atividades corrigidas para o uso correto do *buffer*.



Fonte: o autor.

Figura 20 – Arquivo *Project* Mestre Consolidado, contemplando os *links* entre as tecnologias corretamente, os recursos em cada atividade, a duração das atividades corrigidas para o uso correto do *buffer* e o *buffer* do projeto total devidamente alocado.

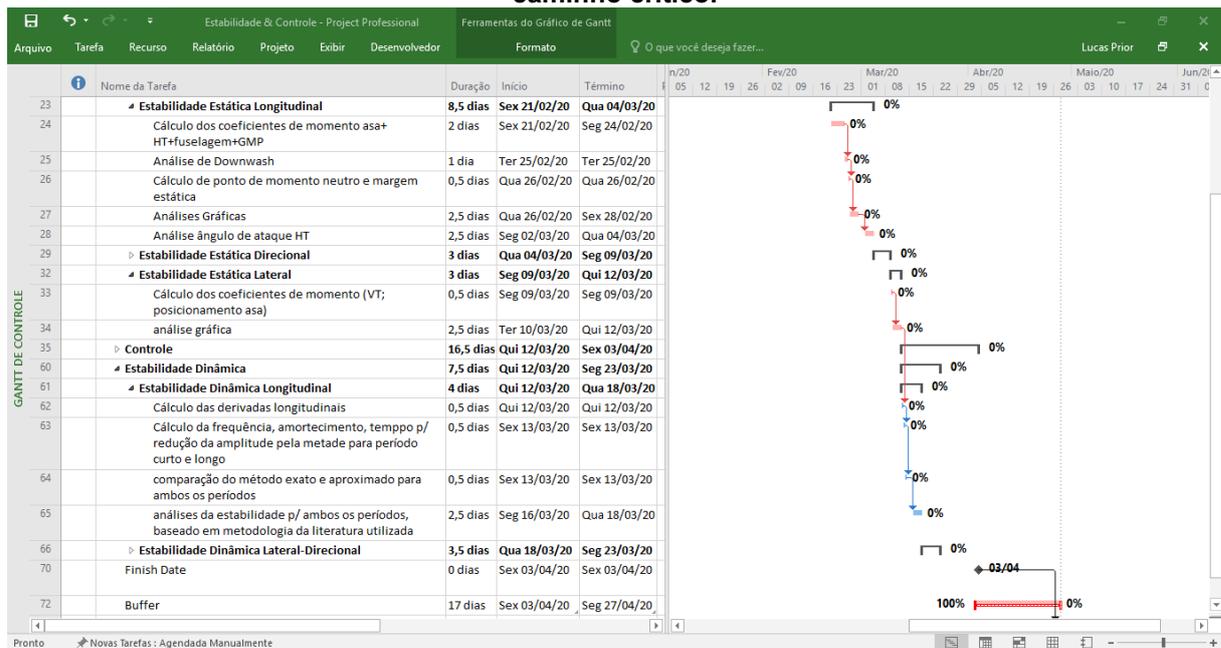


Fonte: o autor.

Há muitos fatores que podem influenciar para que o caminho seja crítico, mas para este caso detectou-se dois: a duração das atividades (ciclo muito longo de algumas tarefas) e o recurso (falta de pessoas) para execução das tarefas.

O caminho crítico é o ciclo de atividades interligadas mais longo de todo o sistema, ou no caso, subsistema (cada pacote de trabalho), e foi obtido através dos cronogramas com as atividades devidamente interligadas entre si e entre as outras tecnologias, e com o recursos devidamente alocados e desconflictados (fazer com que cada recurso não execute mais que uma tarefa ao mesmo tempo, em outras palavras não haver recursos multitarefas). O caminho crítico é evidenciado pelas tarefas em vermelho, as tarefas em azul não afetam a entrega final e não necessitam de energia gasta para finalizá-las antecipadamente.

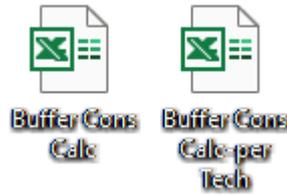
Figura 21 – Arquivo *Project* da tecnologia de Estabilidade & Controle, evidenciando seu caminho crítico.



Fonte: o autor.

O valor do consumo de *buffer* por si só não demonstra o impacto do atraso das atividades, por isso construiu-se uma calculadora de *buffer* para demonstrar esses impactos. Esta calculadora avalia a penetração do atraso no pulmão e o representa em forma de gráfico, chamado de *fever chart* (tem esse nome por causa de suas cores e seu estilo, por representar um termômetro). Foram necessárias duas calculadoras e dois *fever charts*, uma para o consumo de cada tecnologia, e outra para o consumo do projeto como um todo.

Figura 22 – Arquivos Excel com as calculadoras dos *buffers* do projeto total e de cada pacote de trabalho, respectivamente.

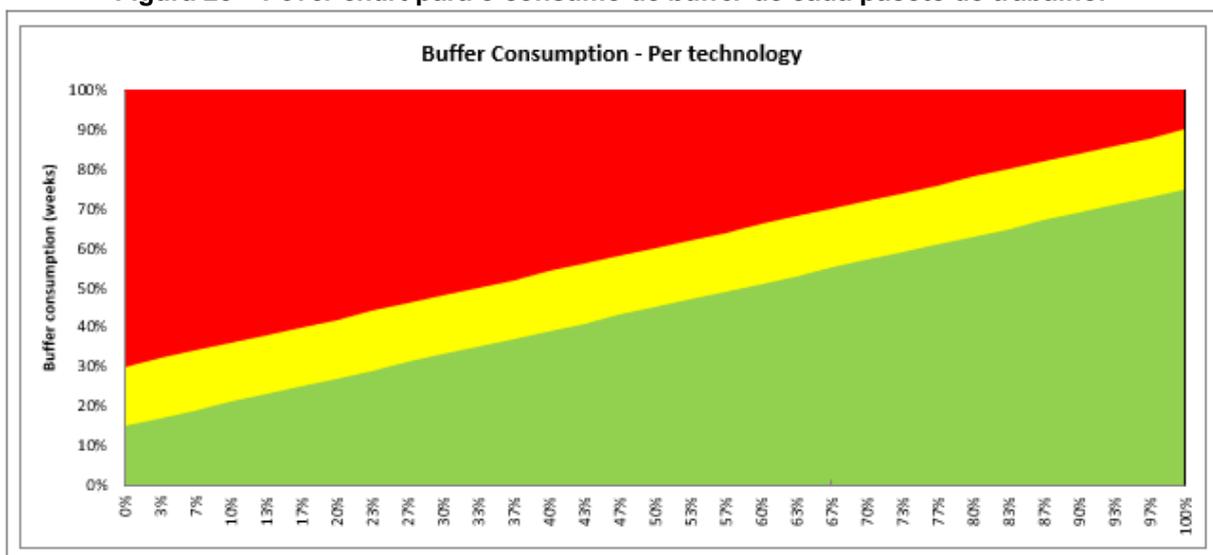


Fonte: o autor.

O *fever chart* de cada tecnologia se baseia apenas em porcentagens. Quando o consumo de *buffer* do pacote de trabalho estiver na faixa verde, não requer ações ainda. Quando o consumo de *buffer* do pacote de trabalho estiver na faixa amarela, é necessário tomar medidas para que as atividades não atrasem, pois elas estão indicando impacto nas atividades seguintes a ela. Quando o consumo de *buffer* do pacote de trabalho estiver na faixa vermelha significa que o pacote de trabalho está em atraso real, e a data da entrega final está comprometida.

Optou-se que a faixa verde iniciasse em quinze por cento (15%) e terminasse em sessenta e cinco por cento (65%). Assim também como optou-se que a faixa amarela iniciasse em quinze por cento (15%) e terminasse em noventa por cento (90%), possuindo uma espessura de quinze por cento (15%).

Figura 23 – *Fever chart* para o consumo de *buffer* de cada pacote de trabalho.



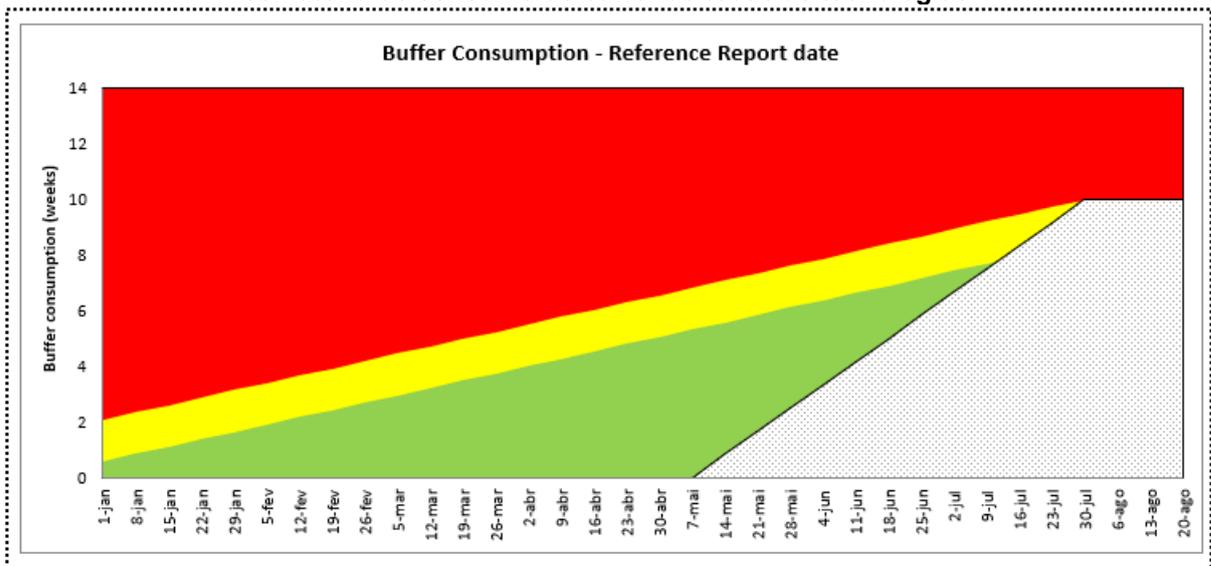
Fonte: o autor.

Para a construção do *fever chart* do projeto total, optou-se para que o eixo das abcissas fosse numérico, com o valor de dez (10) sendo o consumo total do *buffer*,

note que o eixo se estende até o valor de quatorze (14) por questões optativas. Optou-se para que o eixo das ordenadas fosse temporal, contendo as semanas desde o início do projeto (janeiro) até a entrega dos relatórios das disciplinas para a SAE Aerodesign Brasil (agosto), note que foi considerado o final do *buffer* como a data de entrega dos relatórios sem a penalidade por atraso (final de julho), mas que o gráfico contempla até a última data permitida pela competição para entrega dos relatórios (final de agosto).

Ressalta, ainda, que o gráfico contempla uma região hachurada em cinza. Essa parte do gráfico estaria errada se permitisse o consumo de *buffer* do projeto estar nessa região, pois a quantidade de tempo restante do projeto não permite que o cálculo o coloque nessa região, seja ela verde ou amarela.

Figura 24 – Fever chart para o consumo de *buffer* do projeto como um todo, ou seja, a somatória de consumo de *buffer* de todas as tecnologias.



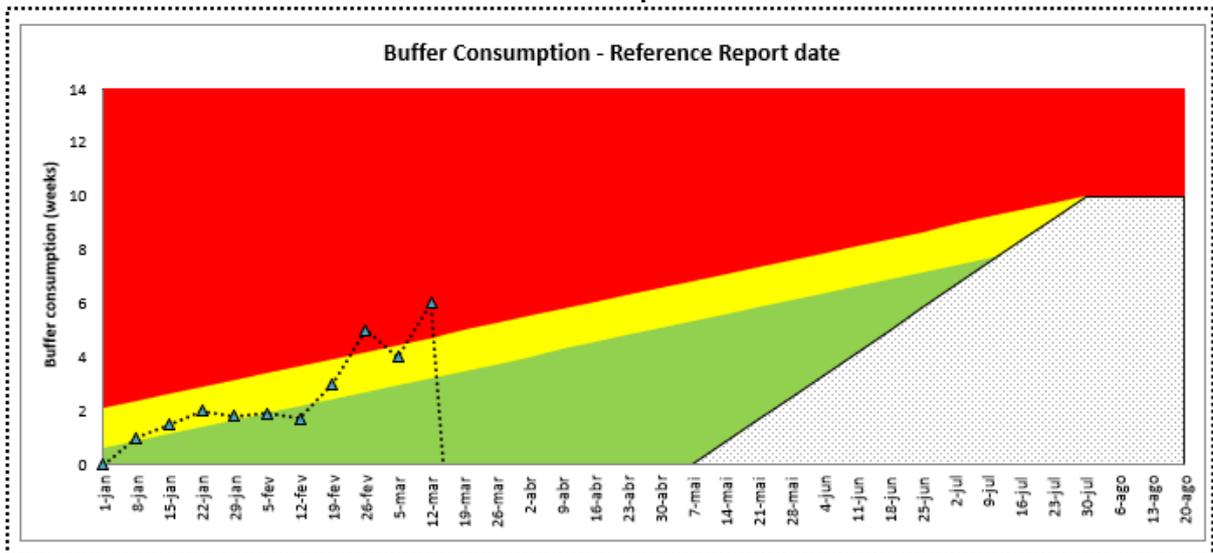
Fonte: o autor.

Figura 25 – Tabela para preenchimento do consumo do *buffer* do projeto em cada semana do projeto, com valores em semanas – valores simulados para fins demonstrativos.

Current date	Buffer Consumption (Weeks)
1-jan	0
8-jan	1
15-jan	1,5
22-jan	2
29-jan	1,8
5-fev	1,9
12-fev	1,7
19-fev	3
26-fev	5
5-mar	4
12-mar	6
19-mar	
26-mar	
2-abr	
9-abr	
16-abr	

Fonte: o autor.

Figura 26 – *Fever Chart* para o consumo de *buffer* do projeto como um todo, com valores em semanas – valores simulados para fins demonstrativos.



Fonte: o autor.

6 CONCLUSÃO

Tendo em vista a necessidade de um conhecimento sólido perante ao desenvolvimento integrado de um produto, promovendo principalmente a geração de conhecimento para a Equipe AeroTau *Aerodesign* e promovendo o desenvolvimento de novos métodos para gestão e integração de projeto, o objetivo é alcançado pela geração de uma nova metodologia proposta nesta obra.

Foi constituído ainda, de forma simples e adaptativa, modelos através de *software* para que a metodologia seja remodelada a cada ano de competição, permitindo assim o reuso do conhecimento a cada geração da equipe.

O objetivo se concretiza com a produção dos arquivos em MS *Project*, das calculadoras de *buffers* e dos *fever charts*, que demonstram o funcionamento completo do estudo aqui abordado, de forma bem simples. Estes recursos, são ainda, simplistas de modo a permitir facilmente o seu reuso, tanto em qualquer projeto que se queira aplicar, como ao logo dos anos de competição *Aerodesign*.

Conclui-se que o conjunto da obra aqui apresentada atendeu todas as expectativas, pois melhora a integração no projeto *Aerodesign*, melhora a gestão e apresenta de forma concreta métodos para isso, além de elevar o grau de conhecimento da Equipe AeroTau e melhorar seu desempenho na competição com aeronaves mais competitivas, sem penalidades por atraso no projeto e com melhores notas no relatório na disciplina de Integração de Projeto.

O desenvolvimento da obra permite que haja a novas pesquisas associadas, observando novas oportunidades de aplicação em situações similares. A experiência adquirida na composição da obra sugere novas pesquisas visando a sua complementação, com por exemplo: aplicação em novos projetos como o baja ou o mini baja; aplicar a metodologia focando em cada pacote de trabalho, visando o aproveitamento nas micros tarefas; aplicar a metodologia para a construção, ou manutenção, do túnel de vento da Universidade de Taubaté; Aplicar a metodologia visando o mercado, buscando atingir menores valores gastos para a construção da aeronave.

REFERÊNCIAS

- 1 CADDEN, T. DOWNES, S.J. **Developing a business process for product development. Business Process Management Journal**, v. 19 n.4, 2013.
- 2 DINSMORE, P, C, CAVALIERI, A. **Como se Tornar um Profissional em Gerenciamento de Projetos**, Rio de Janeiro, Qualitymark, 2007.
- 3 GOLDRATT, Eliyahu M.. **Corrente Crítica**. Nobel, 2005. 3a edição. 272p.
- 4 GOLDRATT, Eliyahu M e COX, Jeff. **A Meta**. Nobel, 2003, 2a edição. 366p.
- 5 ILIES, L., CRISAN, E., MURESAN, I.N. **Best practices in Project Management**. Review of International Comparative Management, 2010.v.11, n.1, p. 43-51.
- 6 LIU, B. CAMPBELL, R.I. PEI, E. **Real-time integration of prototypes in the product development process. Assembly Automation**, v. 33, n. 1, 2013
- 7 MARTÍNEZ-JURADO, P.J. MOYANO-FUENTESA, J. JEREZ-GÓMEZB, P. **Human resource management in Lean Production adoption and implementation processes: Success factors in the aeronautics industry**. BRQ Business Research Quarterly v. 17, n. 1, Jan-Mar. pgs 47-68, 2014.
- 8 PINTO J.S. **Variáveis dos Atributos Complexidade e Incerteza em Projetos: proposta de criação de Escala de Mensuração**. Tese de doutorado. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2013.
- 9 PMI. Project Management Institute. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge - PMBok**. 5. ed. PMI Publishing Division. Newtown Square, Pennsylvania, 2013.
- 10 RAYMER, Daniel P. **Aircraft design: a conceptual approach**. 2 ed. United States of America: AAIA Education Series, 1992.
- 11 SCHOLZ, Dieter, **Aircraft Design**. 2013. 285 f. Short Course for Embraer - Hamburg University of Applied Sciences, Hamburg, 2013.

12 SOCIEDADE DE ENGENHEIROS DA MOBILIDADE. **21ª Competição SAE Brasil Aero Design 2019: Classes Regular, Advanced e micro**. Regulamento da Competição ed. rev. São Paulo, n. 2, julho. 2019. 171 p. Disponível em: <http://portal.saebrasil.org.br/Portals/0/Users/223/39/28639/Regulamento_SAE_BRA_SIL_AeroDesign_2019_Rev02.pdf> Acesso em: 22 out. 2019 às 22h.