

**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
CAMPUS ARCOS**

**GERALDO MAGELA GONZAGA
JOÃO VICTOR COSTA
LEONARDO SIMÕES NASCIMENTO
LUCAS DE SOUZA LEMOS**

DESENVOLVIMENTO DE UM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO

**ARCOS
2016**

**GERALDO MAGELA GONZAGA
JOÃO VICTOR COSTA
LEONARDO SIMÕES NASCIMENTO
LUCAS DE SOUZA LEMOS**

RELATÓRIO DE TAI

Relatório apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, do Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG como requisito à aprovação parcial de todas as disciplinas.

Professor: Dr. Nilton Junior.

**ARCOS
2016**

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus! Sem Ele jamais teria sido possível a conclusão deste trabalho.

Ao nosso amigo Kennedy Junior Vieira, e Rogério Sousa, por terem ajudado no desenvolvimento do projeto, com dedicação e paciência.

EPÍGRAFE

“Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre os ombros de gigantes.”

Isaac Newton.

RESUMO

No presente projeto foi construído um VANT movido a um motor elétrico mantido por uma bateria e controlado por meio de servos-motores, receptores, rádio controle e demais acessórios que serão detalhados mais adiante nesse relatório. O projeto foi idealizado pelo grupo e pretende-se com ele alcançar nota suficiente para a aprovação na disciplina de TAI e nas demais disciplinas que também avaliarão o projeto. Construir um VANT requer um esforço especial de cada membro do grupo quando se trata de trabalho em conjunto e trabalho individual. Ademais, quando se realiza tal intento, a saber, a elaboração desse projeto é agregado, para cada um dos membros, muito conhecimento sobre aerodinâmica, motores-propulsores, e parte de aeronaves, além da forma com a qual as disciplinas estudadas podem ser aplicadas no mesmo.

Palavras-chave: VANT, aerodinâmica.

Lista de Imagens

Figura 1 – VANT.....	10
Figura 2 – Esboço VANT.....	16
Figura 3 – Montagem da estrutura.....	16
Figura 4 – Estrutura pronta.....	17
Figura 5 – Asa	17
Figura 6 – Servos Motores.....	18
Figura 7 – Problema servo motor	19
Figura 8 – Servo motor do Leme.....	19
Figura 9 – Leme conectado	20
Figura 10 – Entelagem e montagem	20
Figura 11 – Servo estabilizador	21
Figura 12 – Servo direcionador	21
Figura 13 – Aperfeiçoamento trem de pouso	22
Figura 14 – Servos da asa.....	22
Figura 15 – Parte elétrica.....	23
Figura 16 – Componentes elétricos	23
Figura 17 – CG	24
Figura 18 – Asa fixada	24
Figura 19 – Trem de pouso danificado	25
Figura 20 – Novo trem de pouso	26
Figura 21 – VANT FINALIZADO	26
Figura 22 – Planos COCKPIT - GA.....	28
Figura 23 – Planos LEME, ESTABILIZADOR - GA.....	28
Figura 24 – Áreas não definidas - GA.....	44

Figura 25 – Figura 24: Elipses VANT - Cálculo.....	45
Figura 26 – Elipse 1 – 20 pontos	46
Figura 27 – Elipse 1 – 40 pontos	47
Figura 28 – Elipse 2 – 19 pontos	49
Figura 29 – Elipse 2 – 37 pontos	50
Figura 30 – Elipse 3 – 15 pontos	52
Figura 31 – Elipse 3 – 29 pontos	53
Figura 32 – Elipse 4 – 10 pontos	55
Figura 33 – Elipse 4 – 20 pontos	56
Figura 34 – Efeito da asa	59
Figura 35 – Forças Aeromodelo	60
Figura 36 – Medidor de Poluição	64
Figura 37 – Vistas do VANT.....	65
Figura 38 – Visão Frontal.....	66
Figura 39 – Visão Superior.....	67
Figura 40 – Lateral Esquerda.....	68
Figura 41 – VANT 3D.....	69

Lista de Quadros

Quadro 1 – Cronograma de execução.....	27
Quadro 2 - Velocidade Média	58
Quadro 3 - Aceleração Média.....	58
Quadro 4 – Energia Cinética	61
Quadro 5 – Força Resultante	61
Quadro 6 – Velocidade nos Eixos 1	61
Quadro 7 – Velocidade nos Eixos 2	62
Quadro 8 – Velocidade nos Eixos 3	62

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	II
EPIGRAFE	III
RESUMO	IV
LISTA DE IMAGENS	V
LISTA DE QUADROS	VII
1 - INTRODUÇÃO	10
1.1 – Pequeno histórico sobre o VANT.....	10
1.2 - O conceito VANT desse projeto	11
2 - JUSTIFICATIVA.....	12
3 - REFERENCIAL TEÓRICO	12
4 - OBJETIVO GERAL	12
5 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
5.1 - Metas	13
6 - MATERIAL UTILIZADO.....	13
7 - METODOLOGIA	14
7.1 - Metodologia utilizada na fabricação do projeto.....	15
7.1.1 - Abordagem de Pesquisa	15
7.1.2 – Fabricação do projeto	15
8 - CRONOGRAMA	27
9 – APLICAÇÃO DAS DISCIPLINAS	28
9.1 - Aplicação de Geometria Analítica no projeto VANT.....	28
9.2 - Aplicação de Cálculo 1 no projeto VANT.....	45
9.3 - Aplicação de Física 1 no projeto VANT.....	58
9.4 - Aplicação de CTS no projeto VANT	63
9.5 - Aplicação de Desenho técnico no projeto VANT.....	65

10 - CONCLUSÕES.....	70
REFERÊNCIAS	71

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Pequeno histórico sobre o VANT.

A sigla VANT significa Veículo Aéreo Não Tripulado, também chamado de *Drone* pelos americanos. *Drone* significa Zangão e faz alusão ao barulho que tal exerce quando suas hélices estão em funcionamento. O uso do VANT nas mais diversas aplicações tem aumentado, devido à evolução tecnológica dos últimos anos o que permitiu que tais veículos fossem fabricados a um baixo custo. Entretanto o uso desses veículos data de períodos bastante anteriores aos dias atuais. Segundo Ubiratan (2015), o uso de tais veículos “remonta ao século XIX, quando os austríacos carregavam com explosivos balões sem tripulantes para atacar alvos em Veneza”. De acordo com Nikola Tesla: “seria enorme o potencial militar de uma frota de veículos de combate aéreos não tripulados” (apud UBIRATAN, 2015).

Figura 1: VANT



Fonte: Agência Força Aérea Brasileira (2016).

Atualmente os VANT'S são usados para diversas finalidades que não somente a militar. Eles monitoram a atividade social de uma cidade, ajudando no combate ao crime e no socorro de acidentes ocorridos, também auxiliam na agricultura, quando, por meio de voos autônomos distribuem fertilizantes pelas grandes plantações. Outra utilidade dos VANT'S é o monitoramento do ar quando buscam previsões atmosféricas e índices de poluição. São também usados no mapeamento de áreas geográficas, usando de tecnológicas fotográficas bastante avançadas. Ademais existem espalhados por todo o mundo admiradores dessa tecnologia que, como *hobby*, a produzem e a utilizam como forma de diversão e entretenimento.

Em um viés ético-moral, discute-se a presença desses VANT'S nos espaços aéreos onde se localizam cidades, sejam elas, de pequeno, médio ou grande porte. A discussão baseia-se na garantia constitucional da privacidade. Tais veículos sobrevoam áreas onde estão situados os limites privativos dos cidadãos e tais limites são garantia da carta magna brasileira. É comum encontrar imagens no *Face book*, *Youtube* e em outras redes sociais capturadas pelas VANT's e principalmente pelos *drones* que expõe situações constrangedoras das pessoas. Essa é uma discussão ético-moral bastante relevante ao se pensar em utilizar os VANT'S ou os *drones* como meio de monitoramento cotidiano, seja para auxílio policial, ou para auxílio de primeiros socorros.

1.2 - O conceito VANT desse projeto.

Não se trata, para o grupo, de uma simples construção técnica de uma aeronave aos moldes do aeromodelismo. Pretende-se com esse projeto algo maior que se concretizará a médio e longo prazo. Várias etapas estão ainda previstas na execução completa do projeto. Essa é simplesmente a primeira etapa, a saber, a construção técnica da aeronave (VANT), utilizando-se apenas da *expertise* do aeromodelismo. Deixa-se claro que após essa modelagem da VANT, o grupo pretende buscar informações mais aprofundadas, a saber, aerodinâmica de aeronaves, melhor desempenho do grupo motor-propulsor, dentre outras tecnologias, que serão usadas para o aprimoramento do projeto, fazendo com que o mesmo seja útil para a sociedade. A adequação de números, cálculos, programas e tecnologias existentes para aperfeiçoar essa primeira tentativa será o desafio principal da construção desse projeto.

2 - JUSTIFICATIVA

Um VANT obtém-se várias utilidades em diversos aspectos. Seja para fiscalização, militar, *hobby*, ou na agricultura. A criação de um VANT, é um projeto desafiador, trazendo assim a aquisição de conhecimentos relativos as disciplinas estudadas e outras excedentes, tais como os componentes de uma aeronave, princípios de corrente contínua e motor *brushless* (motor elétrico de corrente contínua), princípios de aerodelismo e suas técnicas rudimentares.

Em uma perspectiva mais ampla, o projeto como todo, tem suma relevância no aprendizado e no desenvolvimento dos membros do grupo no tocante a diversas tecnologias, já que o mesmo será estudado e trabalhado ao decorrer dos períodos.

3 - REFERENCIAL TEÓRICO

O projeto partiu através de estudos a livros como Introdução ao Projeto Aeronáutico, Fundamentos da Engenharia Aeronáutica com Aplicações ao Projeto SAE – Aero Design. Onde foi feito um estudo do grupo motor propulsor, força de sustentação e centro de gravidade, arrasto, decolagem, estabilidade durante o voo e perfis de asa. Dentre outros livros e *sites*, relacionados a aerodinâmica, as componentes de um aerodelo e técnicas para sua construção.

4 - OBJETIVO GERAL

A construção de um veículo aéreo não tripulado aos moldes do aerodelismo, movido a um motor elétrico mantido por uma bateria, controlado por meio de servos-motores, receptores, rádio controle e demais acessórios específicos, além da obtenção de métodos de pilotagem.

5 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aquisição de conhecimento técnico na fabricação de um aeromodelo;
- Aplicação do referencial teórico no modelo terminado;
- Utilização do projeto na sociedade;

5.1 - Metas

- Aprimoramento do VANT para uma possível participação do SAE-Aero-designer.

6 - MATERIAL UTILIZADO

- Duas chapas de isopor P3 de 1000x1000x100 mm;
- Uma chapa de *Depron* de 1000x1000x5 mm;
- Um tubo de fibra de carbono de 12mm diam.x750mm;
- Motor EMAX 320W e 920 rpm/v;
- Um servo-motor de 9g com engrenagem de metal;
- Quatro servo-motores de 9g com engrenagem de plásticos;
- Links (arame para movimentação dos servos motores);
- Cinco extensões para servos motores;
- Uma hélice de 11x7;
- Uma bateria LiPo 3s 2200mha, 11.1V, 20C;
- ESC 30A;
- Rádio Controle e receptor *Turnigy 5x 2.4GHz*. Tensão: 6v;
- Duas colas do tipo epóxi;
- Cola para isopor;
- Cola quente;
- Recortes de Madeira do tipo Balsa para reforço;
- Recortes de PVC para a produção dos trens de pouso;

- Três Rebites de alumínio POP 522 4,80x22mm;
- Dois Parafusos máquina fenda 1/8" x1.1/2";
- Quatro Porcas sextavadas zincadas a 1/8";
- Quatro arruelas lisa zincada 1/8";
- Fio de Aço rígido nº 24, modelo de pesca;
- Rodas de espuma cubo de nylon;
- Raio de roda de bicicleta;
- Terminal conector de chuveiro;
- Adesivo Vinil *plotter* de recorte;
- Tinta Spray preto fosco;
- Curva metal 3mm;
- 450g de chumbo;
- Elástico modelo corte e costura;
- Mola de tração;
- Tubos de metal.

7 - METODOLOGIA

A pesquisa científica requer inúmeras técnicas para obtenção de informações que irão dar sustentação ao resultado final. Isto quer dizer que o levantamento de dados de variadas fontes é de extrema importância em qualquer dos métodos ou técnicas a serem utilizados no estudo. O levantamento de dados inicial é a primeira etapa de qualquer pesquisa científica, podendo ser feito de duas formas: pesquisa de fontes primárias (ou documental) e pesquisa de fontes secundárias (bibliográfica). (LAKATOS, MARCONI; 2001).

Para Lakatos e Marconi (2001), a pesquisa,

[...]é um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais[...] (LAKATOS, MARCONI; 2001, p. 155)

Em qualquer pesquisa científica, a pesquisa documental deverá ser feita antes da pesquisa de campo. Todos os dados devem ser exaustivamente investigados para que as informações possam oferecer suporte à investigação pleiteada (LAKATOS, MARCONI; 2001).

7.1 - Metodologia utilizada na fabricação do projeto

7.1.1 - Abordagem de Pesquisa

O estudo foi realizado através de livros e *sites* sobre aeronáutica, e aeromodelos que foram a base desse projeto. O ponto de partida para a criação de um VANT é a análise minuciosa de todos componentes de uma aeronave. Para a determinação da configuração inicial do projeto, a equipe deve definir alguns pontos fundamentais. Tais como: a configuração da aeronave (convencional ou *cannard*); o modelo a ser empregado na construção da fuselagem; determinação da forma geométrica, e posição da asa; tipo de trem de pouso; motor; e esboçar a aeronave com as dimensões escolhidas. Com a configuração básica definida, já se pode iniciar a realização do projeto.

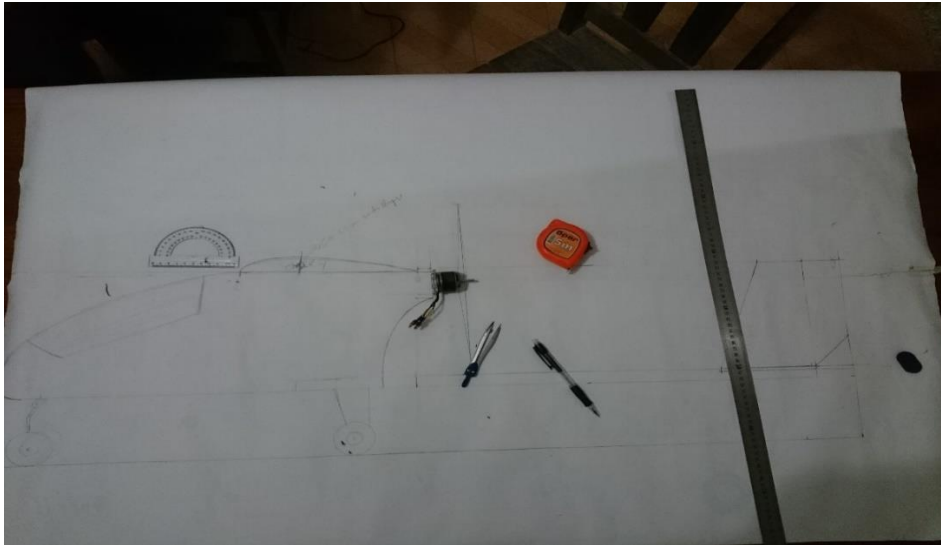
7.1.2 – Fabricação do projeto

Para a fabricação do projeto, primeiramente foi esboçado o aeromodelo com as dimensões calculadas e o design pré-definido. De acordo com Rosa (2006), “A construção de um protótipo pode ser feita de diferentes formas, usando diferentes materiais, dependendo do tipo e finalidade do protótipo” (ROSA, 2006). As chapas de *depron* formaram a estrutura *cockpit* do VANT, usando cola, pedaços de isopor e madeira, junto com o tubo de carbono que é conectado ao conjunto de empenagem. Segundo Fujiwara (2011, p. 4),

A empenagem é um conjunto de superfícies aerodinâmicas responsável por estabilizar e controlar a aeronave longitudinal e direcionalmente. A empenagem vertical é composta por uma parte fixa (estabilizador vertical) e uma parte móvel (leme) que controla a guinada. A empenagem horizontal é composta por uma parte fixa (estabilizador horizontal) e outra móvel (profundor) que controla a arfagem.

A Figura 2 mostra o esboço do VANT. As Figuras 3 e 4 apresentam a empenagem montada na estrutura do mesmo.

Figura 2: Esboço VANT



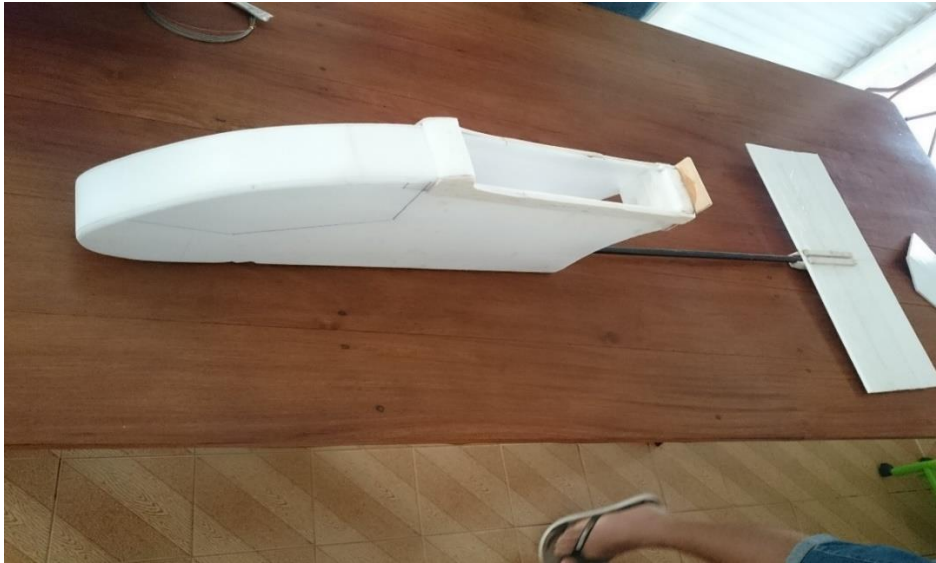
Fonte: Próprios autores (2016).

Figura 3: Montagem da estrutura



Fonte: Próprios autores (2016).

Figura 4: Estrutura pronta



Fonte: Próprios autores (2016).

A definição do perfil da asa é escolhida de acordo com as especificações do aeromodelo. A asa foi cortada em um CNC próprio para isopor, e colada formando um diedro de $1,5^\circ$ graus em relação a horizontal de cada asa. Segundo José Rodrigues (2014, p.14), para as asas, “cada modelo é produzido para atender as necessidades de desempenho previsto para o avião desejado” (JOSÉ RODRIGUES, 2014, p.14). O perfil escolhido e o diedro formado pela asa representado na Figura 5 são para que o VANT plane por um percurso maior.

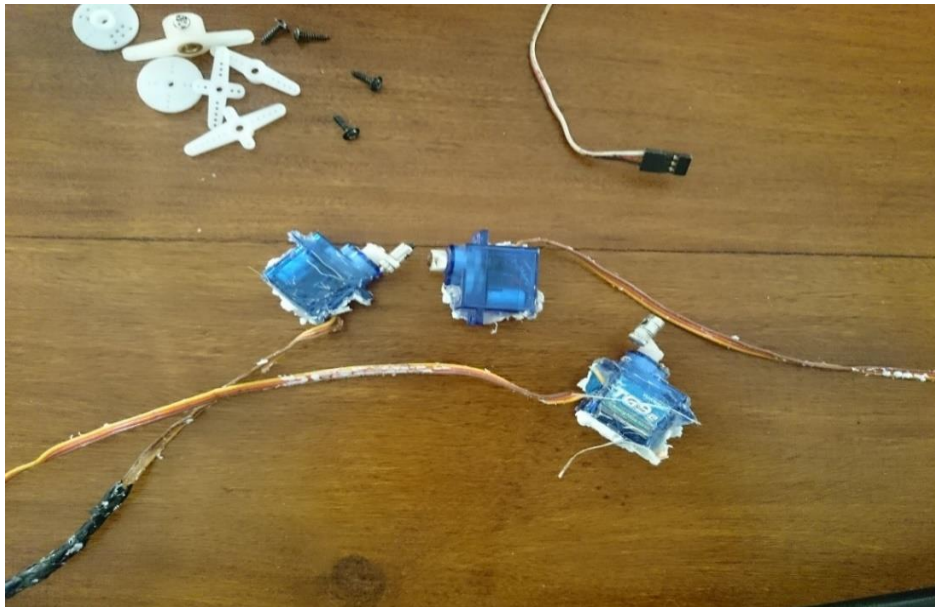
Figura 5: Asa



Fonte: Próprios autores (2016).

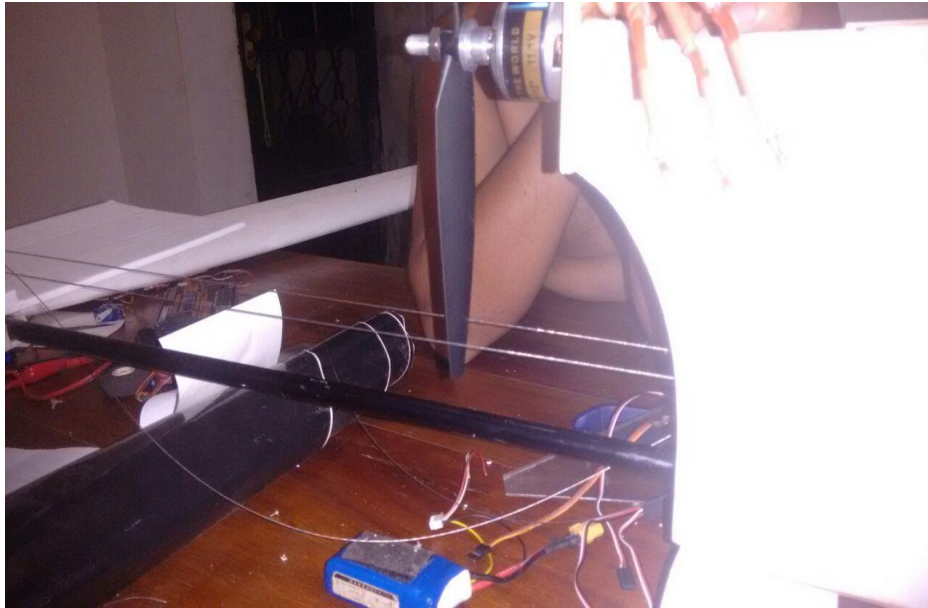
Em seguida foi feito um reforço no suporte do motor e da asa com um pequeno pedaço de madeira e cola, além da fixação do servo motor do leme. E-vo0 (2016), “Os servos são pequenos motores com circuito eletrônico que, comandados pelo receptor de rádio, movem pequenos braços que acionam varetas (*links*) que comandam as superfícies moveis do avião” (E-VOO, 2016). Durante a fixação do servo motor do leme ocorreu um problema. A hélice do motor pegou nos cabos de aço que conectam o servo ao leme, representado na Figura 7. Diante disso, teve de ser feito um desvio usando pequenos tubos de metal, mostrado nas Figuras 8 e 9. Também foi feita a entelagem do VANT, e montagem do trem de pouso, usando vinil, pvc, cabo de aço, cola, rodas, raio da roda de bicicleta e parafusos.

Figura 6: Servos Motores



Fonte: Próprios autores (2016).

Figura 7: Problema servo motor



Fonte: Próprios autores (2016).

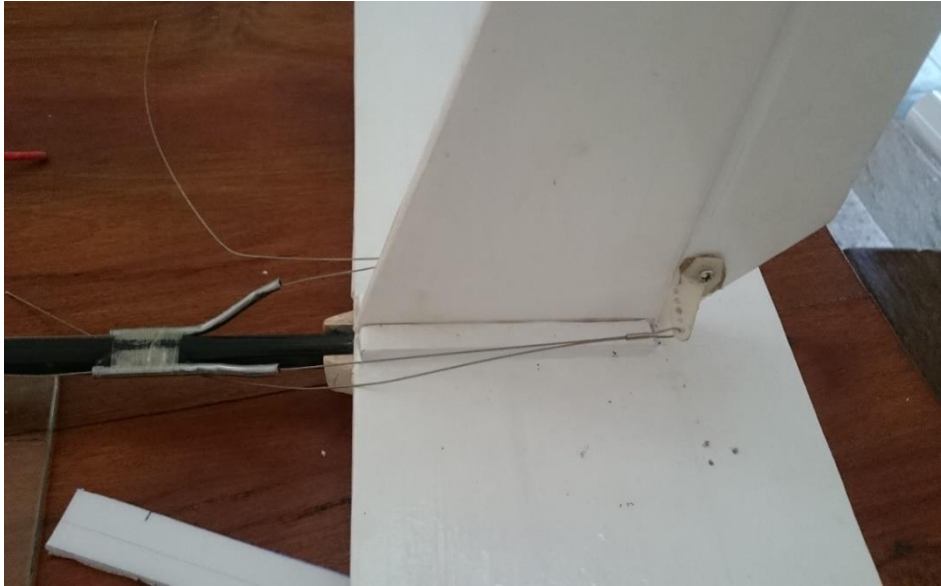
Figura 8: Servo motor do leme



Fonte: Próprios autores (2016).

As Figuras 9 e 10 mostram o Leme conectado por cabos de aço ligados ao servo motor localizado na lateral do *cockpit*, além de sua entelagem usando o vinil, e a montagem do trem de pouso com o uso de pvc, rodas de aeromodelo, e demais materiais já citados anteriormente.

Figura 9: Leme conectado



Fonte: Próprios autores (2016).

Figura 10: Entelagem e montagem



Fonte: Próprios autores (2016).

Usando servos motores, *links* (cabo conector do servo motor), cabo de aço, mola de tração, e parafusos, foi feita a montagem do servo motor do estabilizador, do servo direcionador da roda dianteira, o sistema de amortecimento do trem de pouso, como mostra as Figuras 11, 12 e 13. A fixação do motor foi feita com um ângulo de 3° graus em relação ao eixo Y. Essa angulação é necessária para que o motor impulse o aeromodelo.

Figura 11: Servo estabilizador



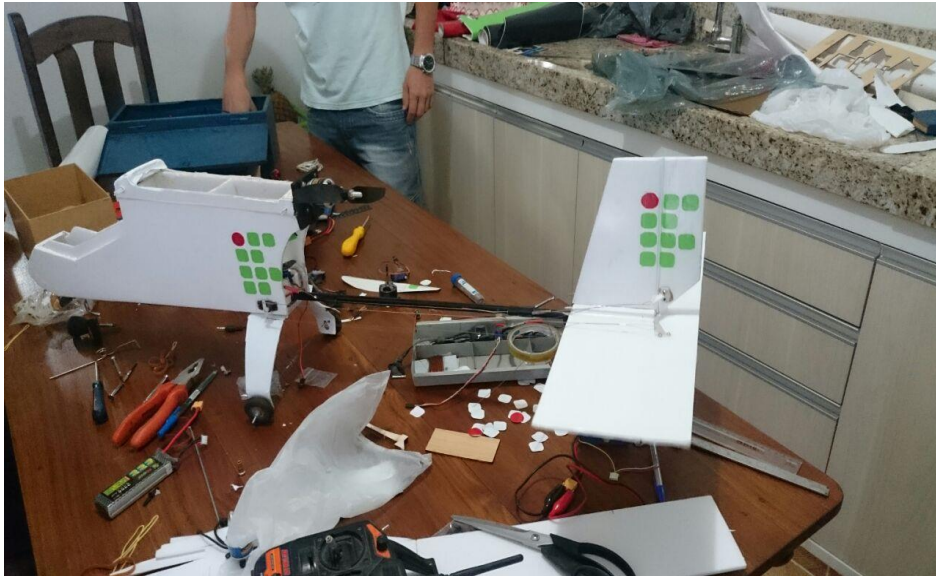
Fonte: Próprios autores (2016).

Figura 12: Servo direcionador



Fonte: Próprios autores (2016).

Figura 13: Aperfeiçoamento trem de pouso



Fonte: Próprios autores (2016).

Os servos motores, *links*, e extensões, foram instalados na asa, para a movimentação dos *aileron*s (partes móveis da asa), representado na Figura 14. Ao mesmo tempo o ESC 30^a (receptor controlador de velocidade e energia) ligado a bateria, transmite a energia para o motor e para os servos. As extensões da asa, dos servos e do ESC 30^a são conectados a um receptor instalado no interior do VANT. Assim usando o rádio controle, são feitos os comandos que o mesmo receptor distribui pelos servos e pelo ESC 30^a.

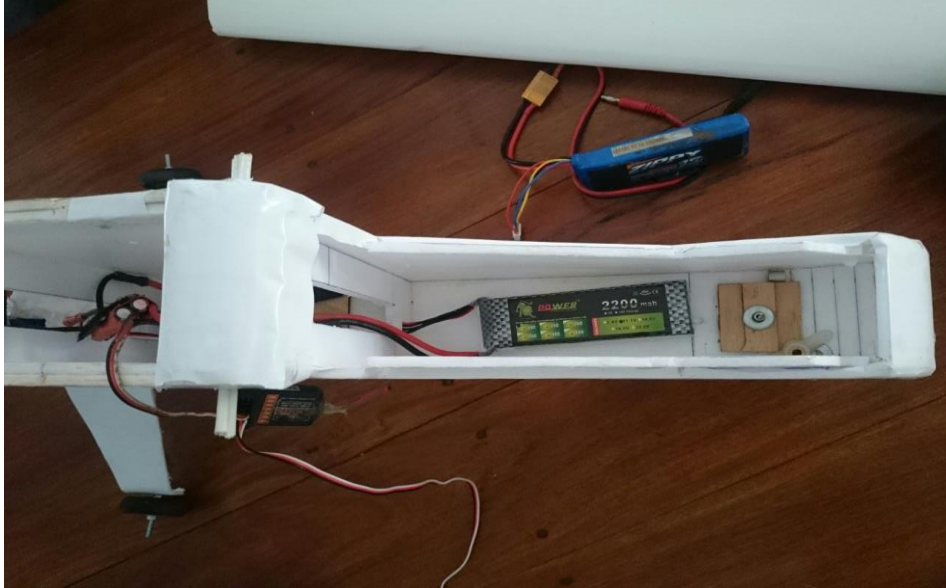
Figura 14: Servos da asa



Fonte: Próprios autores (2016).

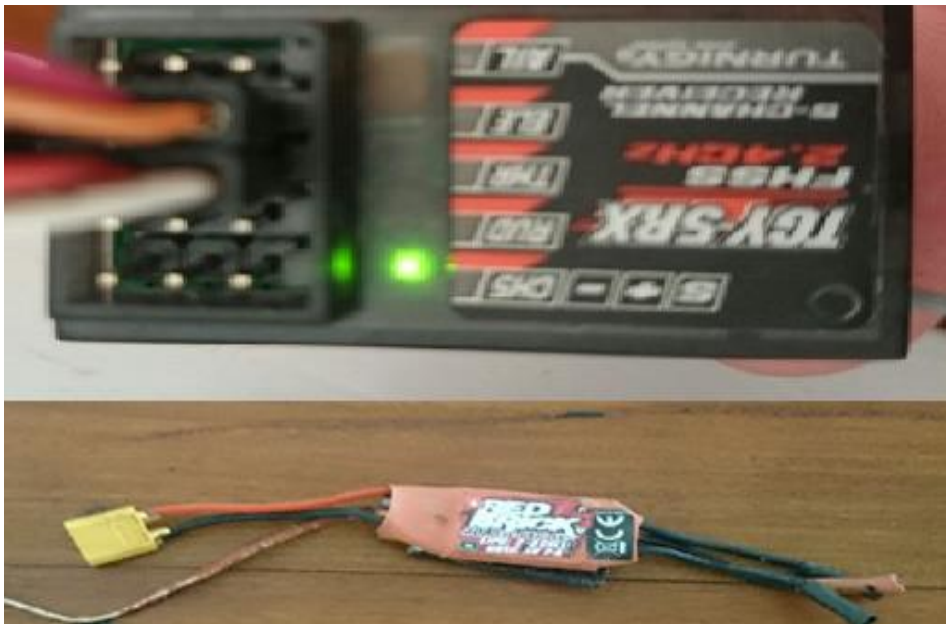
Os componentes elétricos, e o interior do VANT podem ser vistos nas Figuras 15 e 16.

Figura 15: Parte elétrica



Fonte: Próprios autores (2016).

Figura 16: Componentes elétricos



Fonte: Próprios autores (2016).

Com a asa fixada, foi adicionado aproximadamente 430g de chumbo no interior do aeromodelo para descobrir o CG (Centro de Gravidade) do VANT. A asa foi fixada por elásticos, finalizando assim a montagem, e partindo para os testes de voo.

Figura 17: CG



Fonte: Próprios autores (2016).

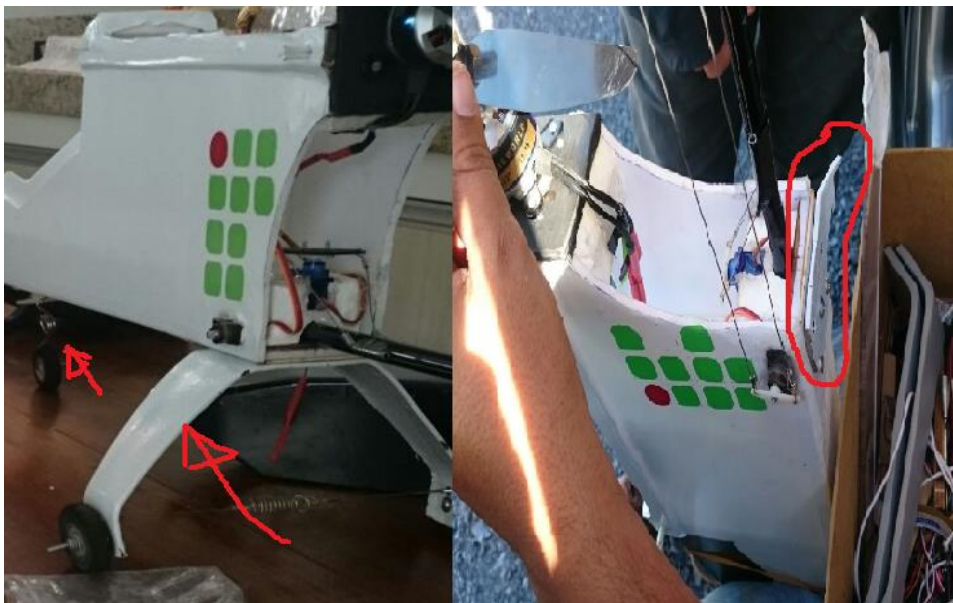
Figura 18: Asa fixada



Fonte: Próprios autores (2016).

O primeiro teste de voo foi sem sucesso. O VANT não decolou no tempo esperado, vindo a se colidir com a guia da calçada. O sistema inteiro do trem de pouso foi danificado, mostrado na Figura 19, impossibilitando novos testes. Porém, assim foi verificado que a angulação do motor em relação a parede de fogo (suporte do motor) era insuficiente para uma decolagem rápida. O motor deve obter uma angulação em relação ao eixo Y, para que possa ser impulsionado no momento da decolagem, o que se chama de propulsão *pusher*. O motor do aeromodelo possuía uma angulação de aproximadamente 3° graus, diante do ocorrido, a angulação foi ajustada para 12° graus, onde em novos testes o motor conseguiu impulsionar o VANT fazendo uma decolagem mais rápida.

Figura 19: Trem de pouso danificado

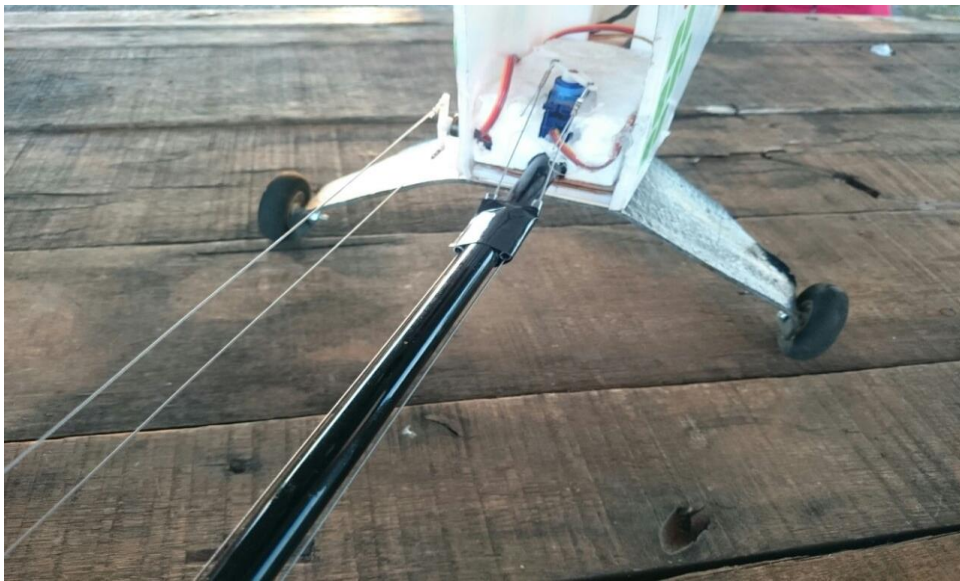


Fonte: Próprios autores (2016).

Logo após também foi feita a construção de um novo sistema de trem de pouso. Em voo, verificamos que mesmo desligando o motor, o VANT ainda percorria um longo trajeto devido a sua ótima capacidade de planar, e no pouso o mesmo se saiu bem. Feito vários voos o VANT está finalizado, alcançando uma velocidade aproximada de 57km/h, o mesmo superou as expectativas, e segundo nosso piloto Kennedy não obteve complicações durante a pilotagem.

Na Figura 20 pode-se ver o novo trem de pouso instalado, usando o pvc e rodas de aeromodelos, e logo abaixo na Figura 21 o VANT totalmente finalizado. A bateria recarrega em aproximadamente 24 minutos, e a autonomia de voo do VANT é de 15 a 30 minutos, varia de acordo com a pilotagem. Em voo acelerado, o tempo de bateria é menor, já com o voo mais regulado, e fazendo com que o aeromodelo planeje por longos percursos, a bateria permanece por mais tempo.

Figura 20: Novo trem de pouso



Fonte: Próprios autores (2016).

Figura 21: VANT FINALIZADO



Fonte: Próprios autores (2016).

8 - Cronograma

O cronograma de execução do projeto está apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Cronograma de execução

02/09/16	Decisão da construção do VANT.
15/09/16	Orçamento dos materiais.
17/09/16	Compra dos primeiros materiais na cidade de Formiga.
19/09/16	Iniciou-se a montagem do VANT.
24/09/16	Reunião para continuação da montagem.
01/10/16	Busca da asa e motor na cidade de formiga e continuação da montagem.
05/10/16	Iniciou-se o projeto no CAD.
13/10/16	Reunião sobre a elaboração do relatório.
15/10/16	Reunião para a continuação da montagem.
20/10/16	Reunião sobre a elaboração do relatório.
22/10/16	Busca de peças em Formiga.
23/10/16	Compra do rádio controle pela Internet.
26/10/16	Reunião sobre o relatório.
29/10/16	Reunião para a montagem do avião.
02/11/16	Reunião sobre a montagem do avião e relatório final.
05/11/16	Reunião sobre o acabamento final VANT.
07/11/16	Reunião sobre o relatório final.
08/11/16	Reunião sobre relatório final.
12/11/16	Testes do VANT.
13/11/16	Testes do VANT.
15/11/16	Ajustes finais do VANT.
16/11/16	Reunião sobre relatório final.
19/11/16	Reunião sobre o relatório final e testes do VANT.
20/11/16	Testes do VANT.
26/11/16	Teste final do VANT.
03/12/16	Revisão final do relatório.

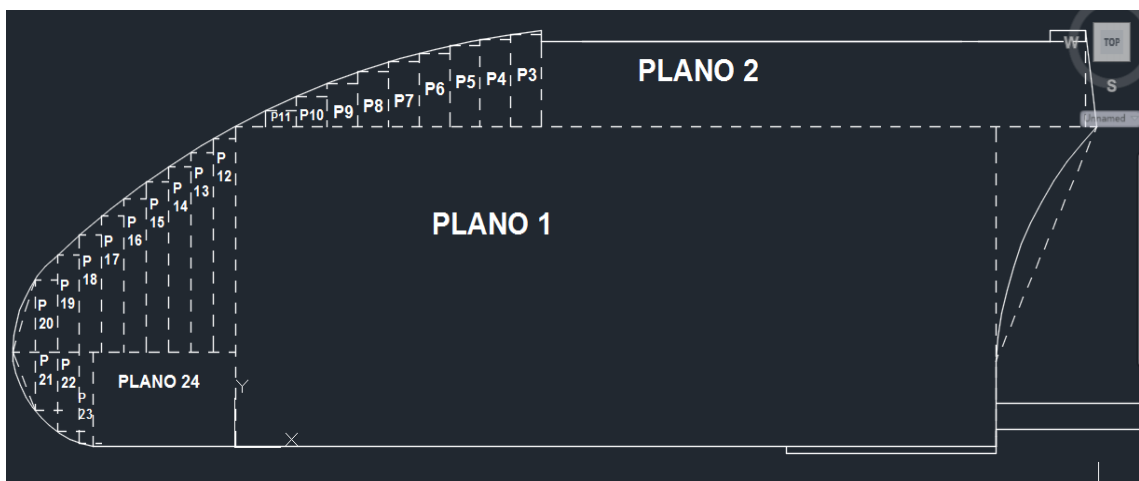
Fonte: Próprios autores (2016)

9 – APLICAÇÃO DAS DISCIPLINAS

9.1 - APLICAÇÃO DE GEOMETRIA ANALÍTICA no projeto VANT

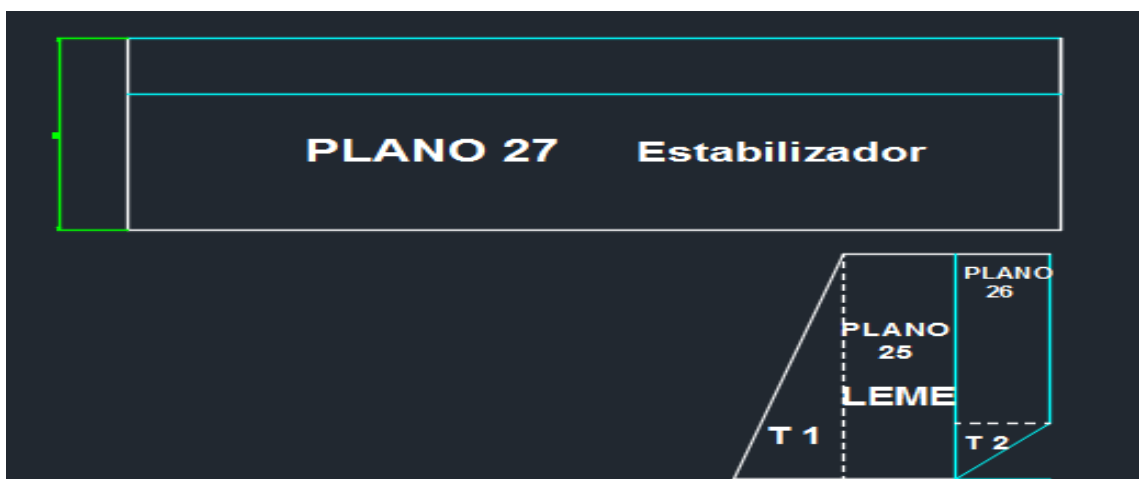
Dentre vários tópicos estudados da disciplina de Geometria Analítica foram utilizados: Produtos vetoriais e escalares para o cálculo de área de diferentes partes do VANT, e ao mesmo tempo, produto misto para cálculo do volume dos mesmos. Além da decomposição de vetores em conjunto com a aplicação da disciplina de Física, para o cálculo de velocidade nos eixos X e Y. Os desenhos foram feitos no Auto Cad, representando na Figura 22, o *cockpit* do VANT, e na Figura 23, o estabilizador e leme. O VANT foi dividido em planos, assim usando o sistema de coordenadas x, y e z foi possível realizar os cálculos necessários.

Figura 22: Planos COCKPIT - GA



Fonte: Próprios autores (2016).

Figura 23: Planos LEME, ESTABILIZADOR - GA



Fonte: Próprios autores (2016).

O produto vetorial é uma operação com vetores que fornece um novo vetor perpendicular aos utilizados na operação. Com o uso do produto vetorial é possível calcular a área do paralelogramo formado por dois vetores, considerando dois vetores $A_1 (x_1, y_1, z_1)$ e $A_2 (x_2, y_2, z_2)$, o produto vetorial é encontrado por:

$A_1 \times A_2 = \text{Área formada}$

$$\begin{vmatrix} i & j & k \\ x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} i & j \\ x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \end{vmatrix} = i y_1 z_2 + j z_1 x_2 + k x_1 y_2 - j z_2 x_1 - i y_2 z_1 - k x_2 y_1$$

$$i y_1 z_2 + j z_1 x_2 + k x_1 y_2 - j z_2 x_1 - i y_2 z_1 - k x_2 y_1 = \text{Área Formada}$$

O produto vetorial foi usado para calcular a área do VANT, e o produto misto o volume do mesmo.

Cálculos:

Plano 1.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} I & j & k \\ 381,56 & 0 & 0 \\ 0 & 149,37 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} i & j \\ 381,56 & 0 \\ 0 & 149,37 \end{vmatrix} = 56993,61 \text{mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 1} = 56993,61 \text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 381,56 \times 149,37 = 3989552,700 \text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 3989552,700 \text{mm}^3$$

Plano 2.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} i & j & k \\ 273 & 0 & 0 \\ 0 & 39,63 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} i & j \\ 273 & 0 \\ 0 & 39,63 \end{vmatrix} = 10818,99\text{mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 2} = 10818,99\text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 273 \times 39,63 = 757329,3\text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 757329,3\text{mm}^3$$

Plano 3.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} I & j & k \\ 15,36 & 0 & 0 \\ 0 & 42,85 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} i & j \\ 15,36 & 0 \\ 0 & 42,85 \end{vmatrix} = 658,176\text{mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 3} = 658,176\text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 15,36 \times 42,85 = 46072,32\text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 46072,32\text{mm}^3$$

Plano 4.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 15,36 & 0 & 0 \\ 0 & 40,51 & 0 \end{vmatrix} = 622,233\text{mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 4} = 622,233\text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 15,36 \times 40,51 = 43556,352\text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 43556,352\text{mm}^3$$

Plano 5.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 15,36 & 0 & 0 \\ 0 & 37,6 & 0 \end{vmatrix} = 577,536\text{mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 5} = 577,536\text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 15,36 \times 37,6 = 40427,52\text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 40427,52\text{mm}^3$$

Plano 6.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 15,36 & 0 & 0 \\ 0 & 34,12 & 0 \end{vmatrix} = 525,312\text{mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 6} = 525,312\text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 15,36 \times 34,12 = 36771,84\text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 36771,84\text{mm}^3$$

Plano 7.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 15,36 & 0 & 0 \\ 0 & 30,04 & 0 \end{vmatrix} = 461,414\text{mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 7} = 461,414\text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 15,36 \times 30,04 = 32299,008\text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 32299,008\text{mm}^3$$

Plano 8.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 15,36 & 0 & 0 \\ 0 & 25,35 & 0 \end{vmatrix} = 389,376\text{mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 8} = 389,376\text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 15,36 \times 25,35 = 27256,32\text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 27256,32\text{mm}^3$$

Plano 9.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 15,36 & 0 & 0 \\ 0 & 20,36 & 0 \end{vmatrix} = 312,729\text{mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 9} = 312,729\text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 15,36 \times 20,36 = 21891,072\text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 21891,072\text{mm}^3$$

Plano 10.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 15,36 & 0 & 0 \\ 0 & 14,05 & 0 \end{vmatrix} = 215,808\text{mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 10} = 215,808\text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 15,36 \times 14,05 = 15106,56\text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 15106,56\text{mm}^3$$

Plano 11.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 15,36 & 0 & 0 \\ 0 & 7,39 & 0 \end{vmatrix} = 113,5104 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 11} = 113,5104\text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 15,36 \times 7,39 = 7945,728\text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 7945,728\text{mm}^3$$

Plano 12.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{I} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 11,16 & 0 & 0 \\ 0 & 99,38 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} \\ 11,16 & 0 \\ 0 & 99,38 \end{vmatrix} = 1109,0808 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 12} = 1109,0808 \text{ mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 11,16 \times 99,38 = 77635,656 \text{ mm}^3$$

$$\text{Volume} = 77635,656 \text{ mm}^3$$

Plano 13.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{I} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 11,16 & 0 & 0 \\ 0 & 93,11 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} \\ 11,16 & 0 \\ 0 & 93,11 \end{vmatrix} = 1039,1076 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 13} = 1039,1076 \text{ mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 11,16 \times 93,11 = 72737,532 \text{ mm}^3$$

$$\text{Volume} = 72737,532 \text{ mm}^3$$

Plano 14.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 11,16 & 0 & 0 \\ 0 & 86,4 & 0 \end{vmatrix} = 964,224 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 14} = 964,224 \text{ mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 11,16 \times 86,4 = 67495,68 \text{ mm}^3$$

$$\text{Volume} = 67495,68 \text{ mm}^3$$

Plano 15.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 11,16 & 0 & 0 \\ 0 & 79,22 & 0 \end{vmatrix} = 884,0952 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 15} = 884,0952 \text{ mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 11,16 \times 79,22 = 61886,664 \text{ mm}^3$$

$$\text{Volume} = 61886,664 \text{ mm}^3$$

Plano 16.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 11,16 & 0 & 0 \\ 0 & 71,54 & 0 \end{vmatrix} = 798,3864 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 16} = 798,3864 \text{ mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 11,16 \times 71,54 = 55887,048 \text{ mm}^3$$

$$\text{Volume} = 55887,048 \text{ mm}^3$$

Plano 17.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 11,16 & 0 & 0 \\ 0 & 63,34 & 0 \end{vmatrix} = 706,8744 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 17} = 706,8744 \text{ mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 11,16 \times 63,34 = 49481,208 \text{ mm}^3$$

$$\text{Volume} = 49481,208 \text{ mm}^3$$

Plano 18.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 11,16 & 0 & 0 \\ 0 & 54,56 & 0 \end{vmatrix} = 608,8896 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 18} = 608,8896 \text{ mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 11,16 \times 54,56 = 42622,272 \text{ mm}^3$$

$$\text{Volume} = 42622,272 \text{ mm}^3$$

Plano 19.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 11,16 & 0 & 0 \\ 0 & 45,17 & 0 \end{vmatrix} = 504,0972 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 19} = 504,0972 \text{ mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 11,16 \times 45,17 = 35286,804 \text{ mm}^3$$

$$\text{Volume} = 35286,804 \text{ mm}^3$$

Plano 20.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 11,16 & 0 & 0 \\ 0 & 33,75 & 0 \end{vmatrix} = 376,65\text{mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 20} = 376,65\text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 11,16 \times 33,75 = 26365,5\text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 26365,5\text{mm}^3$$

Plano 21.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 11,16 & 0 & 0 \\ 0 & 27,37 & 0 \end{vmatrix} = 305,4492\text{mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 21} = 305,4492\text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 11,16 \times 27,37 = 21381,444\text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 21381,444\text{mm}^3$$

Plano 22.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 11,16 & 0 & 0 \\ 0 & 37,12 & 0 \end{vmatrix} = 414,2592\text{mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 22} = 414,2592\text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 11,16 \times 37,12 = 28998,144\text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 28998,144\text{mm}^3$$

Plano 23.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 6,67 & 0 & 0 \\ 0 & 44,14 & 0 \end{vmatrix} = 294,4138\text{mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 23} = 294,4138\text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 6,67 \times 44,14 = 20608,966\text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 20608,966\text{mm}^3$$

Plano 24.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 71,44 & 0 & 0 \\ 0 & 44,14 & 0 \end{vmatrix} = 3153,3616\text{mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 24} = 3153,3616\text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 70 \times 71,44 \times 44,14 = 220735,312\text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 220735,312\text{mm}^3$$

Plano 25.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 60 & 0 & 0 \\ 0 & 200 & 0 \end{vmatrix} = 12000,00\text{mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 25} = 12000,00\text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 5 \times 60 \times 200 = 60000,00\text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 60000,00\text{mm}^3$$

Plano 26.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 50 & 0 & 0 \\ 0 & 150 & 0 \end{vmatrix} = 7500,00\text{mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 26} = 7500,00\text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 5 \times 50 \times 150 = 37500,00\text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 37500,00\text{mm}^3$$

Plano 27.

Produto Vetorial

$$\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 500 & 0 & 0 \\ 0 & 170 & 0 \end{vmatrix} = 85000,00\text{mm}^2$$

$$\text{Área do Plano 27} = 85000,00\text{mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 5 \times 500 \times 170 = 425000,00\text{mm}^3$$

$$\text{Volume} = 425000,00\text{mm}^3$$

Triângulos

T1- (x=60mm), (y=200mm).

$$A = \frac{b \times h}{2} = \frac{60 \times 200}{2} = 6000,00 \text{ mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 5 \times 60 \times 200 = 60000,00 \text{ mm}^3$$

$$\text{Volume} = 60000,00 \text{ mm}^3$$

T2- (x=50mm), (y=50mm).

$$A = \frac{b \times h}{2} = \frac{50 \times 50}{2} = 1250,00 \text{ mm}^2$$

Produto Misto (z, x, y)

$$= 5 \times 50 \times 50 = 12500,00 \text{ mm}^3$$

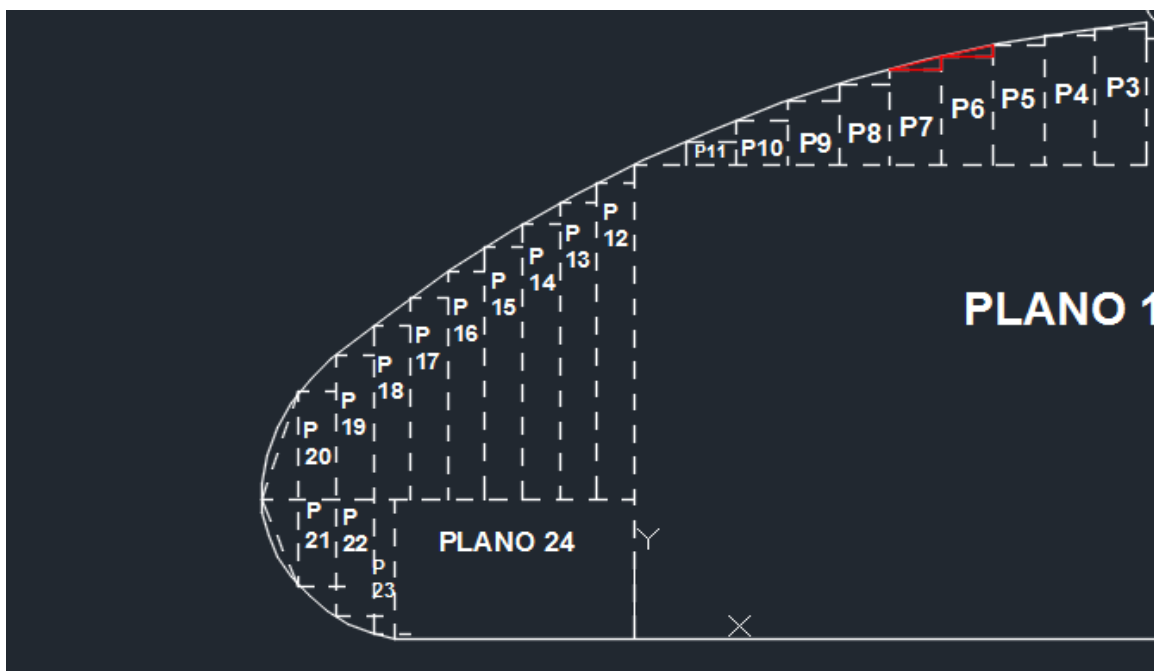
$$\text{Volume} = 12500,00 \text{ mm}^3$$

Conclusão:

Os resultados aqui obtidos são aproximados. Os planos 1 ao 24 correspondem a área total do *cockpit* do aeromodelo, que resultaram em aproximadamente $129.022,2034 \text{ mm}^2$, além do volume que é aproximadamente $6.356.300,95 \text{ mm}^3$. Os planos 25, 26, e os triângulos T1 e T2, são o leme, área total aproximada em $26.750,000 \text{ mm}^2$, e volume $170.000,000 \text{ mm}^3$. O plano 27 representa o estabilizador, área total $85000,00 \text{ mm}^2$, e volume $425000,00 \text{ mm}^3$.

Pode-se perceber na Figura 24 que restaram pequenas áreas não definidas em vários planos, dados alguns exemplos de vermelho. As mesmas são definidas juntamente com a disciplina de Cálculo 1, fazendo assim uma união entre elas.

Figura 24: Áreas não definidas - GA



Fonte: Próprios autores (2016).

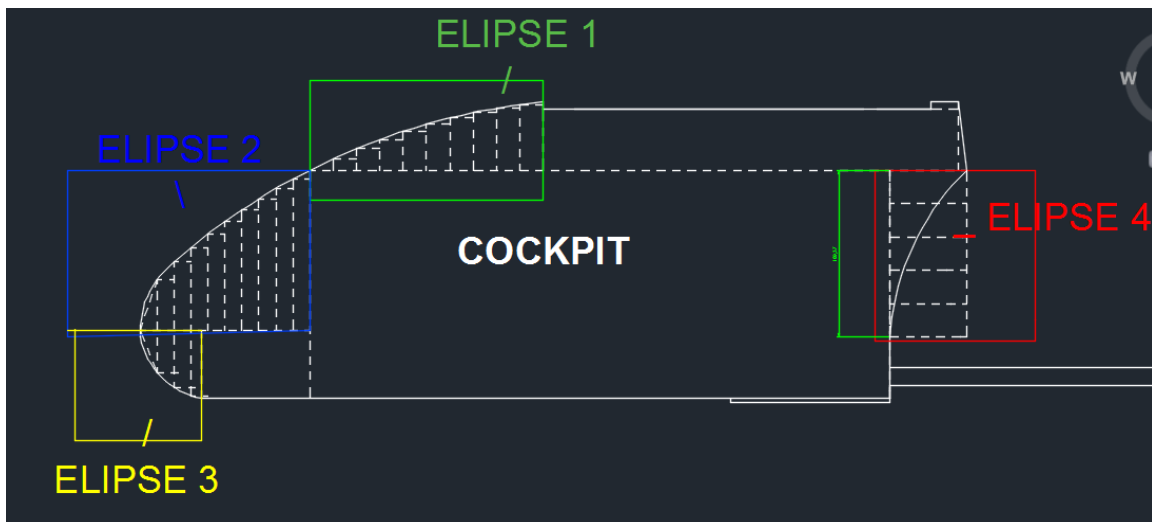
9.2 - APLICAÇÃO DE CÁLCULO 1 NO PROJETO VANT

Dentre vários temas estudados em Cálculo 1, foi aplicado o conceito de limite, ou método de exaustão para cálculo de área das superfícies elípticas do VANT, além de demais cálculos usados em Física 1. Segundo Stewart (2006),

As origens do cálculo remontam à Grécia antiga, pelo menos 2500 anos atrás, quando foram encontradas as áreas usando o chamado “método da exaustão”. Naquela época os gregos já sabiam encontrar a área de qualquer polígono dividindo-o em triângulos e em seguida somando-se as áreas obtidas. É muito difícil achar a área de uma figura curva. O método da exaustão dos antigos gregos consistia em inscrever e circunscrever a figura com polígonos e então aumentar o número de lados deles.

Primeiramente tomamos a curva elíptica como uma função f , definimos uma base x , a altura y inicial e final. Logo aproximamos a região de f por retângulos e tomamos os limites das áreas desses retângulos. Quanto maior for o número de retângulos, mais exata será a área.

Figura 25: Elipses VANT - Cálculo



Fonte: Próprios autores (2016).

Figura 26: Elipse 1 – 20 pontos



Fonte: Próprios autores (2016).

Como mostrado na Figura 26, a função foi dividida em 20 pontos, formando 19 retângulos, assim podemos calcular essa área. Começando da esquerda para a direita, e usando base vezes altura, obtemos a área desses retângulos, sendo assim, somando-os obtemos a área total.

Cálculos: Figura Elipse 1 – 20 pontos

- 1º Retângulo: $b \times h = 7,68 \times 03,69 = 028,3392 \text{ mm}^2$
- 2º Retângulo: $b \times h = 7,68 \times 07,39 = 056,7552 \text{ mm}^2$
- 3º Retângulo: $b \times h = 7,68 \times 10,81 = 083,0208 \text{ mm}^2$
- 4º Retângulo: $b \times h = 7,68 \times 14,05 = 107,9040 \text{ mm}^2$
- 5º Retângulo: $b \times h = 7,68 \times 17,13 = 131,5584 \text{ mm}^2$
- 6º Retângulo: $b \times h = 7,68 \times 20,03 = 153,8304 \text{ mm}^2$
- 7º Retângulo: $b \times h = 7,68 \times 22,77 = 174,8736 \text{ mm}^2$
- 8º Retângulo: $b \times h = 7,68 \times 25,35 = 194,6880 \text{ mm}^2$
- 9º Retângulo: $b \times h = 7,68 \times 27,77 = 213,2736 \text{ mm}^2$
- 10º Retângulo: $b \times h = 7,68 \times 30,04 = 230,7072 \text{ mm}^2$
- 11º Retângulo: $b \times h = 7,68 \times 32,16 = 246,9888 \text{ mm}^2$
- 12º Retângulo: $b \times h = 7,68 \times 34,12 = 262,0416 \text{ mm}^2$
- 13º Retângulo: $b \times h = 7,68 \times 35,94 = 276,0192 \text{ mm}^2$
- 14º Retângulo: $b \times h = 7,68 \times 37,60 = 288,7680 \text{ mm}^2$

$$15^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 7,68 \times 39,13 = 300,5184 \text{ mm}^2$$

$$16^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 7,68 \times 40,51 = 311,1168 \text{ mm}^2$$

$$17^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 7,68 \times 41,75 = 320,6400 \text{ mm}^2$$

$$18^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 7,68 \times 42,85 = 329,0880 \text{ mm}^2$$

$$19^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 7,68 \times 43,81 = 336,4608 \text{ mm}^2$$

Após a somatória desses retângulos, percebe-se que a área total é aproximadamente $4046,5920 \text{ mm}^2$.

Agora dividimos a mesma base em 40 pontos formando 39 retângulos, representado na Figura 27, buscando uma área mais exata. Como feito anteriormente da esquerda para a direita.

Figura 27: Elipse 1 – 40 pontos



Fonte: Próprios autores (2016).

Cálculos: Figura Elipse 1 – 40 pontos

$$1^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 3,84 \times 01,89 = 07,2576 \text{ mm}^2$$

$$2^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 3,84 \times 03,79 = 14,5536 \text{ mm}^2$$

$$3^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 3,84 \times 05,61 = 21,5424 \text{ mm}^2$$

$$4^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 3,84 \times 07,39 = 28,3776 \text{ mm}^2$$

- 5° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 09,12 = 35,0208 \text{ mm}^2$
6° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 10,86 = 41,7024 \text{ mm}^2$
7° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 12,45 = 47,8080 \text{ mm}^2$
8° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 14,05 = 53,9520 \text{ mm}^2$
9° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 15,61 = 60,7229 \text{ mm}^2$
10° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 17,13 = 65,7792 \text{ mm}^2$
11° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 18,60 = 71,4240 \text{ mm}^2$
12° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 20,03 = 76,9152 \text{ mm}^2$
13° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 21,42 = 82,2528 \text{ mm}^2$
14° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 22,77 = 87,4372 \text{ mm}^2$
15° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 24,08 = 092,4672 \text{ mm}^2$
16° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 25,35 = 097,3440 \text{ mm}^2$
17° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 26,58 = 102,0672 \text{ mm}^2$
18° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 27,77 = 106,6368 \text{ mm}^2$
19° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 28,93 = 111,0912 \text{ mm}^2$
20° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 30,04 = 115,3536 \text{ mm}^2$
21° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 31,12 = 119,5008 \text{ mm}^2$
22° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 32,16 = 123,4944 \text{ mm}^2$
23° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 33,16 = 127,3344 \text{ mm}^2$
24° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 34,12 = 131,0208 \text{ mm}^2$
25° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 35,05 = 134,5920 \text{ mm}^2$
26° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 35,94 = 138,0096 \text{ mm}^2$
27° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 36,79 = 141,1584 \text{ mm}^2$
28° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 37,60 = 144,3840 \text{ mm}^2$
29° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 38,38 = 147,3792 \text{ mm}^2$
30° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 39,13 = 150,2592 \text{ mm}^2$
31° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 39,84 = 152,9856 \text{ mm}^2$
32° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 40,51 = 155,5584 \text{ mm}^2$
33° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 41,15 = 158,0160 \text{ mm}^2$
34° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 41,75 = 160,3584 \text{ mm}^2$
35° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 42,32 = 162,5088 \text{ mm}^2$
36° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 42,85 = 164,5440 \text{ mm}^2$
37° Retângulo: $b \times h = 3,84 \times 43,35 = 166,4640 \text{ mm}^2$

$$38^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 3,84 \times 43,81 = 168,2304 \text{ mm}^2$$

$$39^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 3,84 \times 44,24 = 169,8816 \text{ mm}^2$$

Após a somatória desses retângulos, a área total é aproximadamente 4.116,1853 mm².

Figura 28: Elipse 2 – 19 pontos



Fonte: Próprios autores (2016).

Como mostra na Figura 28, a função foi dividida em 19 pontos, formando 18 retângulos, e um triângulo. De tal forma usando o mesmo conceito anterior, faz-se os cálculos dos retângulos.

Cálculo: Figura Elipse 2 – 19 pontos

$$1^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,58 \times 33,75 = 188,3250 \text{ mm}^2$$

$$2^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,58 \times 40,17 = 224,1486 \text{ mm}^2$$

$$3^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,58 \times 45,14 = 251,8812 \text{ mm}^2$$

$$4^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,58 \times 49,94 = 278,6652 \text{ mm}^2$$

$$5^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,58 \times 54,54 = 304,3332 \text{ mm}^2$$

$$6^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,58 \times 59,02 = 329,3316 \text{ mm}^2$$

$$7^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,58 \times 63,31 = 353,2698 \text{ mm}^2$$

$$8^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,58 \times 67,49 = 376,5942 \text{ mm}^2$$

$$9^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,58 \times 71,52 = 399,0816 \text{ mm}^2$$

$$10^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,58 \times 75,42 = 426,8436 \text{ mm}^2$$

$$11^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,58 \times 79,20 = 441,9360 \text{ mm}^2$$

$$12^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,58 \times 82,85 = 462,3030 \text{ mm}^2$$

$$13^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,58 \times 86,38 = 482,0004 \text{ mm}^2$$

$$14^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,58 \times 89,79 = 501,0282 \text{ mm}^2$$

$$15^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,58 \times 93,11 = 519,5538 \text{ mm}^2$$

$$16^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,58 \times 096,28 = 537,2424 \text{ mm}^2$$

$$17^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,58 \times 099,36 = 554,4288 \text{ mm}^2$$

$$18^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,58 \times 102,36 = 571,1688 \text{ mm}^2$$

Cálculo triângulo:

$$A = \frac{b \times h}{2} = \frac{11,16 \times 33,71}{2} = 188,1018 \text{ mm}^2$$

Após a somatória desses retângulos e do triângulo, percebe-se que a área total é aproximadamente $7.384,2372 \text{ mm}^2$.

Figura 29: Elipse 2 – 37 pontos



Fonte: Próprios autores (2016).

A Figura 29 mostra a mesma função dividida em 37 pontos, formando 36 retângulos. E novamente refazendo os cálculos, buscamos uma aproximação mais exata.

Cálculo: Figura Elipse 2 – 37 pontos

- 1° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 33,73 = 094,1067 \text{ mm}^2$
2° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 37,19 = 103,7601 \text{ mm}^2$
3° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 40,19 = 112,7601 \text{ mm}^2$
4° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 42,76 = 119,3004 \text{ mm}^2$
5° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 45,14 = 125,9406 \text{ mm}^2$
6° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 47,55 = 132,6645 \text{ mm}^2$
7° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 49,92 = 139,2728 \text{ mm}^2$
8° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 52,25 = 145,7775 \text{ mm}^2$
9° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 54,54 = 152,1666 \text{ mm}^2$
10° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 56,79 = 158,4441 \text{ mm}^2$
11° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 59,00 = 164,6100 \text{ mm}^2$
12° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 61,17 = 170,6922 \text{ mm}^2$
13° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 63,31 = 176,6342 \text{ mm}^2$
14° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 65,42 = 182,5218 \text{ mm}^2$
15° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 67,51 = 188,3529 \text{ mm}^2$
16° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 69,52 = 193,9608 \text{ mm}^2$
17° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 71,54 = 199,5966 \text{ mm}^2$
18° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 73,49 = 205,0371 \text{ mm}^2$
19° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 75,42 = 210,4218 \text{ mm}^2$
20° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 77,33 = 215,7507 \text{ mm}^2$
21° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 79,20 = 220,9680 \text{ mm}^2$
22° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 81,04 = 226,1016 \text{ mm}^2$
23° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 82,85 = 231,1515 \text{ mm}^2$
24° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 84,63 = 236,1177 \text{ mm}^2$
25° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 86,38 = 241,0002 \text{ mm}^2$
26° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 88,10 = 245,7990 \text{ mm}^2$
27° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 89,79 = 250,5141 \text{ mm}^2$
28° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 91,46 = 255,1734 \text{ mm}^2$
29° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 93,09 = 259,7211 \text{ mm}^2$
30° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 94,70 = 264,2130 \text{ mm}^2$
31° Retângulo: $b \times h = 2,79 \times 96,28 = 268,6212 \text{ mm}^2$

$$32^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 2,79 \times 97,83 = 272,9457 \text{ mm}^2$$

$$33^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 2,79 \times 99,36 = 277,2144 \text{ mm}^2$$

$$34^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 2,79 \times 100,89 = 281,4831 \text{ mm}^2$$

$$35^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 2,79 \times 102,36 = 285,5844 \text{ mm}^2$$

$$36^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 2,79 \times 103,78 = 289,5462 \text{ mm}^2$$

Cálculo triângulo:

$$A = \frac{b \times h}{2} = \frac{11,16 \times 33,71}{2} = 188,1018 \text{ mm}^2$$

Após a somatória desses retângulos e do triângulo, a área total é aproximadamente $7.481,4026 \text{ mm}^2$.

Figura 30: Elipse 3 – 15 pontos



Fonte: Próprios autores (2016).

Como feito anteriormente, a Elipse 3 foi dividida em 15 pontos, formando 14 retângulos, e um triângulo. Façamos os cálculos dos retângulos.

Cálculo: Figura Elipse 3 – 15 pontos

$$1^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 2,00 \times 27,28 = 054,5600 \text{ mm}^2$$

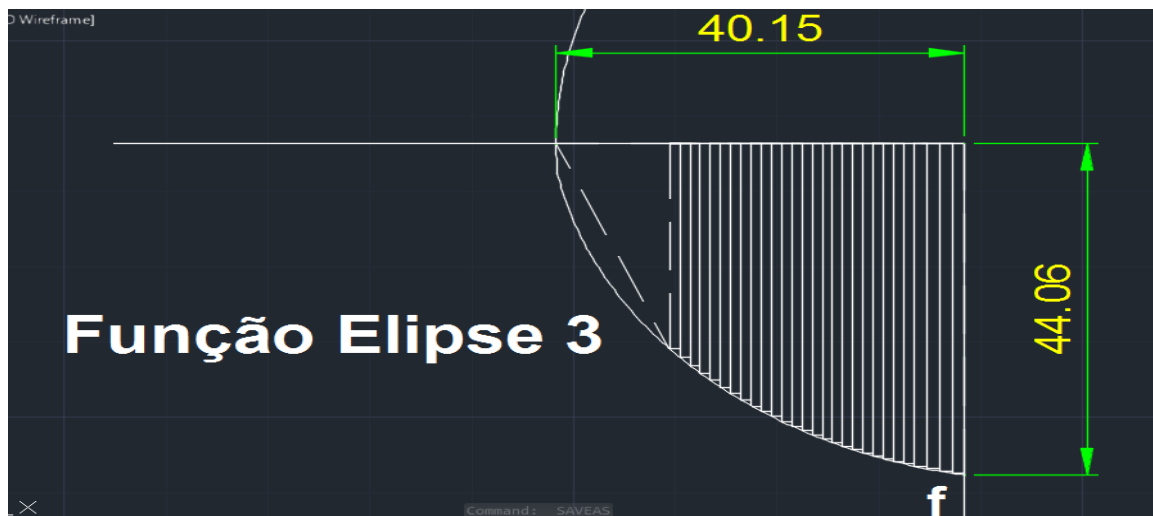
- 2° Retângulo: $b \times h = 2,00 \times 29,50 = 059,0000 \text{ mm}^2$
 3° Retângulo: $b \times h = 2,00 \times 31,48 = 062,9600 \text{ mm}^2$
 4° Retângulo: $b \times h = 2,00 \times 33,25 = 066,5000 \text{ mm}^2$
 5° Retângulo: $b \times h = 2,00 \times 34,92 = 069,8400 \text{ mm}^2$
 6° Retângulo: $b \times h = 2,00 \times 36,27 = 072,5400 \text{ mm}^2$
 7° Retângulo: $b \times h = 2,00 \times 37,56 = 075,1200 \text{ mm}^2$
 8° Retângulo: $b \times h = 2,00 \times 38,78 = 077,5600 \text{ mm}^2$
 9° Retângulo: $b \times h = 2,00 \times 39,76 = 079,5200 \text{ mm}^2$
 10° Retângulo: $b \times h = 2,00 \times 40,69 = 081,3200 \text{ mm}^2$
 11° Retângulo: $b \times h = 2,00 \times 41,52 = 083,0400 \text{ mm}^2$
 12° Retângulo: $b \times h = 2,00 \times 42,24 = 084,4800 \text{ mm}^2$
 13° Retângulo: $b \times h = 2,50 \times 42,87 = 107,1750 \text{ mm}^2$
 14° Retângulo: $b \times h = 2,50 \times 43,53 = 108,8250 \text{ mm}^2$

Cálculo triângulo:

$$A = \frac{b \times h}{2} = \frac{11,16 \times 27,20}{2} = 151,776 \text{ mm}^2$$

Após a somatória desses retângulos e do triângulo, percebe-se que a área total é aproximadamente $1.234,216 \text{ mm}^2$.

Figura 31: Elipse 3 – 29 pontos



Fonte: Próprios autores (2016).

Agora a Figura 31 mostra a função dividida em 29 pontos, formando 28 retângulos, e logo refazemos novamente os cálculos.

Cálculo: Figura Elipse 3 – 29 pontos

$$1^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 27,28 = 27,2800 \text{ mm}^2$$

$$2^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 28,43 = 28,4300 \text{ mm}^2$$

$$3^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 29,50 = 29,5000 \text{ mm}^2$$

$$4^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 30,52 = 30,5200 \text{ mm}^2$$

$$5^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 31,48 = 31,4800 \text{ mm}^2$$

$$6^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 32,39 = 32,3900 \text{ mm}^2$$

$$7^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 33,25 = 33,2500 \text{ mm}^2$$

$$8^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 34,06 = 34,0600 \text{ mm}^2$$

$$9^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 34,92 = 34,9200 \text{ mm}^2$$

$$10^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 35,57 = 35,5700 \text{ mm}^2$$

$$11^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 36,27 = 36,2700 \text{ mm}^2$$

$$12^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 36,93 = 36,9300 \text{ mm}^2$$

$$13^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 37,56 = 37,5600 \text{ mm}^2$$

$$14^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 38,16 = 38,1600 \text{ mm}^2$$

$$15^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 38,78 = 38,7800 \text{ mm}^2$$

$$16^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 39,25 = 39,2500 \text{ mm}^2$$

$$17^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 39,76 = 39,7600 \text{ mm}^2$$

$$18^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 40,24 = 40,2400 \text{ mm}^2$$

$$19^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 40,69 = 40,6900 \text{ mm}^2$$

$$20^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 41,12 = 41,1200 \text{ mm}^2$$

$$21^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 41,52 = 41,5200 \text{ mm}^2$$

$$22^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 41,89 = 41,8900 \text{ mm}^2$$

$$23^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 42,24 = 42,2400 \text{ mm}^2$$

$$24^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,00 \times 42,57 = 42,5700 \text{ mm}^2$$

$$25^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,25 \times 42,87 = 53,5875 \text{ mm}^2$$

$$26^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,25 \times 43,22 = 54,0250 \text{ mm}^2$$

$$27^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 1,25 \times 43,53 = 54,4125 \text{ mm}^2$$

28° Retângulo: $b \times h = 1,25 \times 43,81 = 54,7625 \text{ mm}^2$

Cálculo triângulo:

$$A = \frac{b \times h}{2} = \frac{11,16 \times 27,20}{2} = 151,776 \text{ mm}^2$$

Após a somatória desses retângulos e do triângulo, a área total é aproximadamente $1.242,8535 \text{ mm}^2$.

Figura 32: Elipse 4 – 10 pontos



Fonte: Próprios autores (2016).

A Figura 32 mostra a Função da Elipse 4 dividida em 10 pontos. Ela é particularmente diferente das demais elipses, pois aqui os retângulos estão passando da área da função. Então a área sempre será mais do que realmente é. Assim fazemos os cálculos para se obter uma melhor aproximação.

Cálculo: Figura Elipse 4 – 10 pontos

1° Retângulo: $b \times h = 10,94 \times 50,76 = 555,3144 \text{ mm}^2$

2° Retângulo: $b \times h = 10,94 \times 40,36 = 441,5384 \text{ mm}^2$

3° Retângulo: $b \times h = 10,94 \times 31,65 = 346,2510 \text{ mm}^2$

4° Retângulo: $b \times h = 10,94 \times 24,04 = 262,9976 \text{ mm}^2$

$$5^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 10,94 \times 18,14 = 198,4516 \text{ mm}^2$$

$$6^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 10,94 \times 13,00 = 142,2200 \text{ mm}^2$$

$$7^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 10,94 \times 08,79 = 096,1626 \text{ mm}^2$$

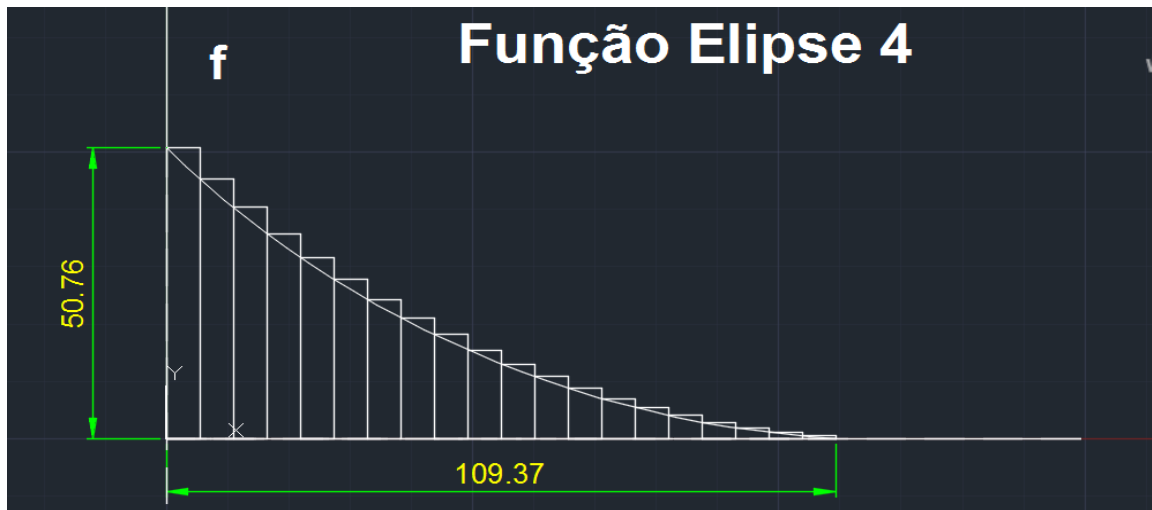
$$8^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 10,94 \times 05,42 = 059,2948 \text{ mm}^2$$

$$9^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 10,94 \times 02,86 = 031,2884 \text{ mm}^2$$

$$10^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 10,94 \times 1,06 = 011,5964 \text{ mm}^2$$

Após a somatória dos retângulos, a área total é aproximadamente: $2.145,1152 \text{ mm}^2$.

Figura 33: Elipse 4 – 20 pontos



Fonte: Próprios autores (2016).

Agora a função foi dividida em 20 pontos, como mostra a Figura 33. E novamente refaçamos os cálculos para uma melhor aproximação da área.

Cálculo: Figura Elipse 4 – 20 pontos

$$1^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 50,76 = 277,6572 \text{ mm}^2$$

$$2^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 45,32 = 247,9004 \text{ mm}^2$$

$$3^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 40,36 = 220,7692 \text{ mm}^2$$

$$4^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 35,82 = 195,9354 \text{ mm}^2$$

$$5^{\circ} \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 31,65 = 173,1255 \text{ mm}^2$$

$$6^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 27,82 = 152,1754 \text{ mm}^2$$

$$7^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 24,18 = 132,2646 \text{ mm}^2$$

$$8^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 21,09 = 115,3623 \text{ mm}^2$$

$$9^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 18,14 = 99,2258 \text{ mm}^2$$

$$10^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 15,45 = 84,5115 \text{ mm}^2$$

$$11^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 13,00 = 71,1100 \text{ mm}^2$$

$$12^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 10,78 = 58,9666 \text{ mm}^2$$

$$13^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 08,79 = 48,0813 \text{ mm}^2$$

$$14^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 07,00 = 38,2900 \text{ mm}^2$$

$$15^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 05,42 = 29,6472 \text{ mm}^2$$

$$16^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 04,04 = 22,0988 \text{ mm}^2$$

$$17^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 02,86 = 15,6442 \text{ mm}^2$$

$$18^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 01,87 = 10,2289 \text{ mm}^2$$

$$19^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 01,06 = 05,7982 \text{ mm}^2$$

$$20^\circ \text{ Retângulo: } b \times h = 5,47 \times 00,53 = 02,8991 \text{ mm}^2$$

Após a somatória dos retângulos, a área total é aproximadamente:

$$200,6916 \text{ mm}^2.$$

Conclusão:

Em todas as elipses foi feita a divisão em vários pontos, obtendo-se vários retângulos. Após feitos os cálculos percebemos nas quatro funções, que quando aumentamos o número de retângulos, obtemos uma área mais exata. Diante disso, quando às dividirmos em n pontos, obteremos uma melhor aproximação. Tal que, fazendo o x da esquerda se aproximar ao x da direita, obtém-se um resultado aproximado dessas áreas, que são somados aos planos calculados em Geometria Analítica. Usando essa integração entre as disciplinas percebe-se que a área total do *cockpit* é aproximadamente $129.022,2034 \text{ mm}^2$.

9.3 - APLICAÇÃO DE FÍSICA 1 no projeto VANT

No decorrer do período, vários temas foram estudados na disciplina de Física 1, onde cálculos e conceitos podem ser aplicados no projeto. Dentre eles Movimento Retilíneo para o cálculo da velocidade do aeromodelo. Calculando o espaço percorrido pela variação do tempo, encontrando então a sua velocidade média durante a decolagem, voo e pouso.

$$\text{Cálculo: } Vm = \frac{\Delta S}{\Delta T}$$

Quadro 2 - Velocidade Média

Espaço	Tempo	Velocidade	
7,46m	2,5s	2,98m/s ou 10,72km/h	Decolagem
15m	1,8s	8,33m/s ou 29,98km/h	Em voo
15m	1,4s	10,7m/s ou 38,556km/h	Em voo
11,64m	4,05s	2,87m/s ou 10,34km/h	Pouso

Fonte: Próprios autores (2016)

Em voo, usando 1/2 acelerador, o VANT gastou 1,8 segundos para percorrer 15 metros. Fazendo o mesmo percurso, porém com 2/3 do acelerador ele gastou 1,4 segundos.

Utilizando a velocidade média do VANT e tendo uma marcação do tempo, foi possível então calcular a aceleração, dividindo a velocidade média encontrada pelo tempo gasto pelo aeromodelo. Os valores apresentados são em módulos, visto que a aceleração média durante o pouso possui apenas módulo positivo.

$$\text{Cálculo: } am = \frac{\Delta V}{\Delta T}$$

Quadro 3 - Aceleração Média

Tempo	Velocidade	Aceleração	
2,5s	2,98m/s ou 10,72km/h	1,192m/s ou 4,29km/h	Decolagem
4,05s	2,87m/s ou 10,34km/h	0,70m/s ou 2,5km/h	Pouso

Enquanto o aeromodelo estava voando, foi necessário o uso de uma aceleração para criar uma força com mesmo módulo, direção e diferente sentido da força de arrasto, fazendo com que então a velocidade do mesmo fosse constante. De acordo com a segunda Lei de Newton a força resultante seria dada pelo produto da massa com a aceleração, como a

aceleração foi utilizada para criar uma força de mesmo módulo que a força de arrasto, a resultante sobre o avião se tornou nula.

Forças em um Aeromodelo

As asas de um aeromodelo possuem comprimentos diferentes, parte superior da asa para a parte inferior da asa, como mostra a Figura 33, fazendo com que o vento percorra tais comprimentos no mesmo tempo, gerando uma velocidade diferente em cada parte. Isso faz com que seja gerada uma diferença de pressão que faz com que o avião suba, a força resultante para cima recebe o nome de sustentação, gerada através do empuxo. Segundo Ribeiro (2011, p. 1), “Sustentação é a força aerodinâmica que mantém um avião no ar. Provavelmente é a mais complicada das quatro para explicar sem usar muita matemática” (RIBEIRO, 2011, p. 1). O empuxo é causado pela relação existente entre o escoamento laminar e o escoamento turbulento do vento sobre a asa do avião, estudado mais adiante em Mecânica de Flúidos.

Figura 34: Efeito da Asa



Fonte: Físicaquadrado (2016)

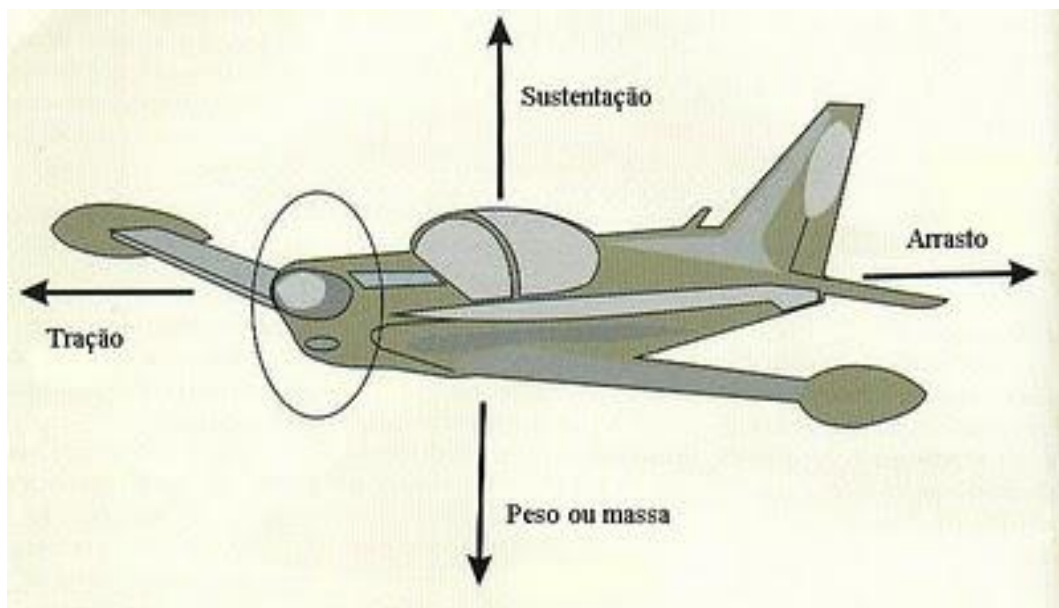
A força contrária a velocidade do avião é chamada de força de Arrasto, essa força é conhecida como a resistência do ar enfrentada durante o voo pelo aeromodelo. O arrasto está relacionado com a área e a forma do aeromodelo, caso o ângulo de ataque das asas seja muito grande, a força de arrasto será maior e logo o aeromodelo terá um maior gasto para percorrer

um determinado espaço. As partes que compõem um avião devem ser arredondadas para que o vento possa fluir e o arrasto seja o menor possível.

A tração é uma força que possui sentido contrário ao arrasto, quanto maior for a diferença entre a força de tração em relação ao arrasto, maior será a velocidade atingida pelo aeroplano. Para que ocorra o movimento do aeroplano ele deve antes de tudo vencer a força de atrito, caso ela exista. A tração é uma força responsável por impulsionar o aeroplano, gerada através de algum motor junto de uma hélice para que ocorra a movimentação do aeroplano.

O peso é relacionado à força da gravidade, força que atua em todos os corpos terrestres. O peso é um fator muito importante e deve ser considerado, possui um papel muito importante tanto na decolagem quanto no pouso do aeroplano. O espaço necessário para fazer o aeroplano voar ou pousar é influenciado diretamente pelo peso, quanto maior for o peso do aeromodelo maior será o espaço necessário para que o mesmo consiga voar e pousar.

Figura 35: Forças Aeromodelo



Fonte: Manual do piloto (2016)

Após a pesagem do VANT foi calculado a Energia Cinética e a força resultante que o mesmo possuía durante a decolagem e no pouso. Multiplicando a massa de 1,705kg pela velocidade média encontrada, pode-se então calcular a força resultante. Só por definição, a direção das componentes de um vetor, se localizam nos eixos X e Y, encontrados com a decomposição de vetores (FREEDMAN; YOUNG, 2009). Logo abaixo no Quadro 4 o cálculo de Energia Cinética.

Cálculo da Energia Cinética: $Ec = \frac{m.v^2}{2}$.

Quadro 4 – Energia Cinética

Velocidade	Massa	Energia Cinética	
2,98m/s ou 10,72km/h	1,705kg	7,5705J	Decolagem
2,87m/s ou 10.34km/h	1,705kg	7,02195J	Pouso

Fonte: Próprios autores (2016)

Cálculo da Força Resultante: $Fr = m . a$

Quadro 5 – Força Resultante

Aceleração	Massa	Força Resultante	
1,192m/s ou 4,29km/h	1,705kg	2,03236N	Decolagem
0,70m/s ou 2.5km/h	1,705kg	1,1935N	Pouso

Fonte: Próprios autores (2016)

Enquanto o aeromodelo realiza o movimento de subida ou de descida a sua velocidade é dividida entre os eixos X e Y, fazendo com que o avião suba e vá para frente ao mesmo tempo. Para o cálculo dos valores da velocidade em X e Y da asa do VANT, foi necessário saber o ângulo formado pelos Ailerons com a asa, assim integrando Física com a disciplina de Geometria Analítica, se utiliza a decomposição de vetores para encontrar as resultantes.

Cálculo da velocidade nos eixos: $Vx = V . \cos(x)$ e $Vy = V . \sin(x)$

Quadro 6 – Velocidade nos Eixos 1

Velocidade	Ângulo Formado	Velocidade x	Velocidade y
2,98m/s ou 10,72km/h	32°	2,57m/s	1,57m/s
8.33m/s ou 29,98km/h	32°	7,06m/s	4,41m/s
10,7m/s ou 38,556km/h	32°	9,074m/s	5,67m/s
2,87m/s ou 10,34km/h	32°	2.43m/s	1,52m/s

Fonte: Próprios autores (2016)

Quadro 7 – Velocidade nos Eixos 2

Velocidade	Ângulo Formado	Velocidade x	Velocidade y
2,98m/s ou 10,72km/h	47°	2.03m/s	2.17m/s
8.33m/s ou 29,98km/h	47°	5.68m/s	6.09m/s
10,7m/s ou 38,556km/h	47°	7.29m/s	7.82m/s
2,87m/s ou 10,34km/h	47°	1.95m/s	2.09m/s

Fonte: Próprios autores (2016)

Quadro 8 – Velocidade nos Eixos 3

Velocidade	Ângulo Formado	Velocidade x	Velocidade y
2,98m/s ou 10,72km/h	61°	1.44m/s	2.60m/s
8.33m/s ou 29,98km/h	61°	4.03m/s	7.28m/s
10,7m/s ou 38,556km/h	61°	5.18m/s	4.53m/s
2,87m/s ou 10,34km/h	61°	1.39m/s	2.51m/s

Fonte: Próprios autores (2016)

Conclusão:

Para que o aeromodelo conseguisse voar, ele antes teria que vencer a força de atrito, fazendo com que o tempo de decolagem fosse maior, mas a força de atrito é importante para auxiliar o pouso. Durante o voo do aeroplano, sua aceleração foi constante para permitir que a sua velocidade tivesse o mesmo módulo causado pela força de arrasto e então sua velocidade fosse constante. O aeroplano possuiu velocidade constante durante o voo, permitindo o uso de algumas fórmulas que não faziam uso da aceleração e, embora sua velocidade fosse constante, durante a subida e descida ela é decomposta nos eixos X e Y de acordo com o ângulo formado.

9.4 - APLICAÇÃO DE CTS (CIÊNCIA TECNOLOGIA E SOCIEDADE) no projeto VANT

Na disciplina de CTS, foi elaborado uma tese de como o projeto poderia ajudar a sociedade. Fazendo um estudo na cidade de Arcos, relacionado a poluição, verifica-se que o VANT tem uma possível aplicação que ajude esse aspecto.

A poluição do ar

A poluição do ar é um assunto frequentemente discutido por várias organizações em diversos países devido as grandes consequências causadas na população e no meio ambiente. Segundo Clougherty, Kubzansky, (2010),

Há um crescente interesse em esclarecer os efeitos na saúde de exposições físicas e sociais de agrupamentos espaciais e em explorar suas potenciais sinergias, com atenção especial aos efeitos do estresse psicossocial e poluição do ar. [...] há hipótese de que o estresse, que pode influenciar a função imunológica e a suscetibilidade, possa potencializar os efeitos da poluição do ar no início e no agravamento de doenças respiratórias. [...]

Na cidade de Arcos-MG, percebe-se visualmente o nível de poluição do ar, devido a presença de várias indústrias que veem causando determinados impactos ambientais. As consequências para a saúde da população e do meio ambiente são preocupantes, tais como problemas cardiorrespiratórios, crise de asma, bronquite, poluição de rios, entre outras.

Em presença desses impactos, o projeto VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado), tem uma possível aplicação na sociedade com intuito de ajudar nesse aspecto. A utilização do mesmo na medição da poluição do ar, é uma ideia plausível que seria tanto benéfica. Em algumas pesquisas, foi verificado que um medidor portátil de partículas de poluição, mostrado na Figura 35, pode ser bem útil nesse intento.

Figura 36: Medidor de Poluição



Fonte: <http://br.omega.com/pptst/HHTP21.html> (Acessado em 16 de nov., 2016).

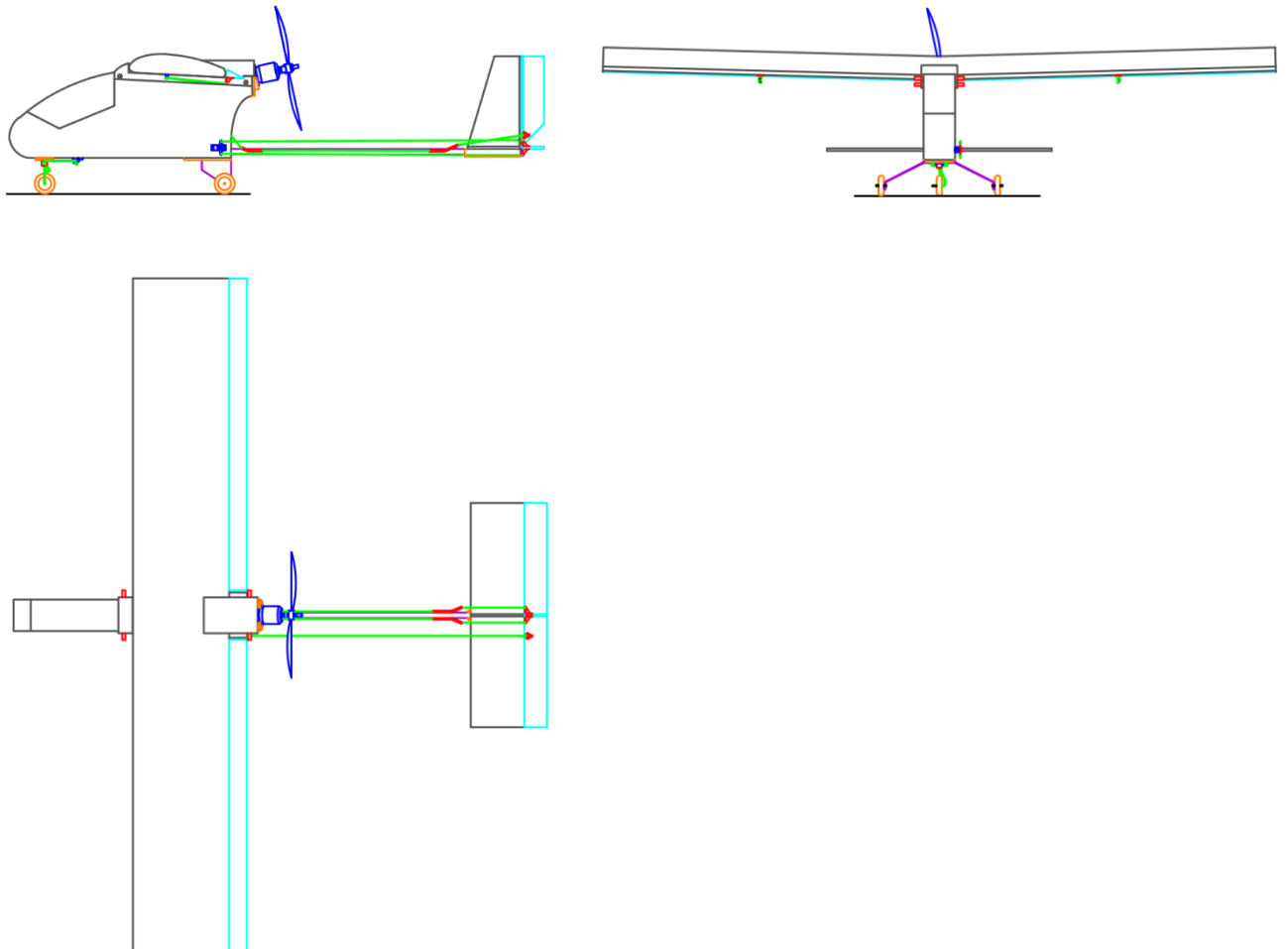
O aparelho faz a medição de partículas, temperatura e umidade, armazena os dados, além de possuir seis cores de LED, que indicam a qualidade do ar. O objetivo é introduzir o medidor na parte inferior do VANT, para que o mesmo efetue voos em locais de difícil acesso de modo a coletar os dados para ser feita uma análise dos níveis de poluição do ar na cidade. Sendo assim, os dados podem ser encaminhados para a secretaria municipal de meio ambiente, onde possa ser feita uma reunião com empresas responsáveis e demais organizações para ser tomadas medidas cabíveis.

Como objetivo, esse estudo possivelmente aplicado no projeto, deve-se ser estudado e trabalhado, já que não se sabe precisamente, se tal aparelho pode ser acoplado ao VANT, e obter resultados precisos. Se possível, as indústrias podem tomar por base o quanto cada uma deve aperfeiçoar-se para obter excelentes qualificações quanto a esse assunto aqui abordado.

9.5 - APLICAÇÃO DE DESENHO TÉCNICO (AUTO CAD) no projeto VANT

Em desenho técnico foi estudado vários métodos de se fazer um desenho, vistas em 1° e 3° diedro, visão frontal, lateral, superior, e isométrica, parafusos, angulação, superfícies elípticas, arestas ocultas, entre outras. A execução do desenho do VANT foi uma tarefa árdua e atribulada, pois o mesmo obtém detalhes milimétricos, angulações e arestas abstrusas. O desenho foi salvo em um compartimento de mídia, onde pode-se observar mais precisamente todos detalhes. As três vistas são representadas na Figura 37, e logo abaixo a Figura 41 mostra a VANT em 3D.

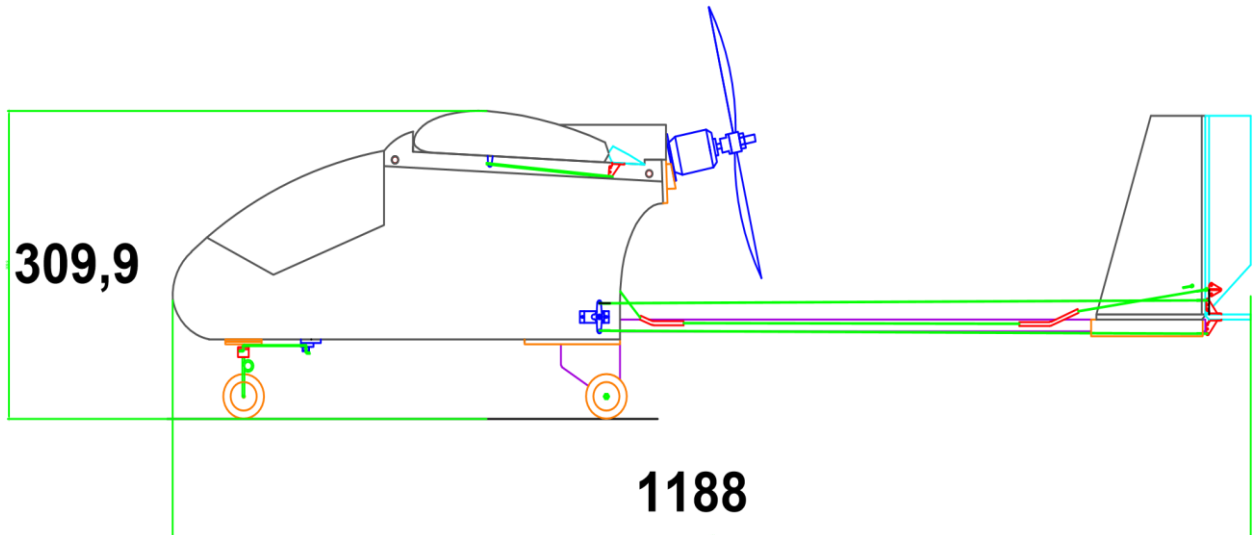
Figura 37: Vistas VANT



Fonte: Próprios autores (2016)

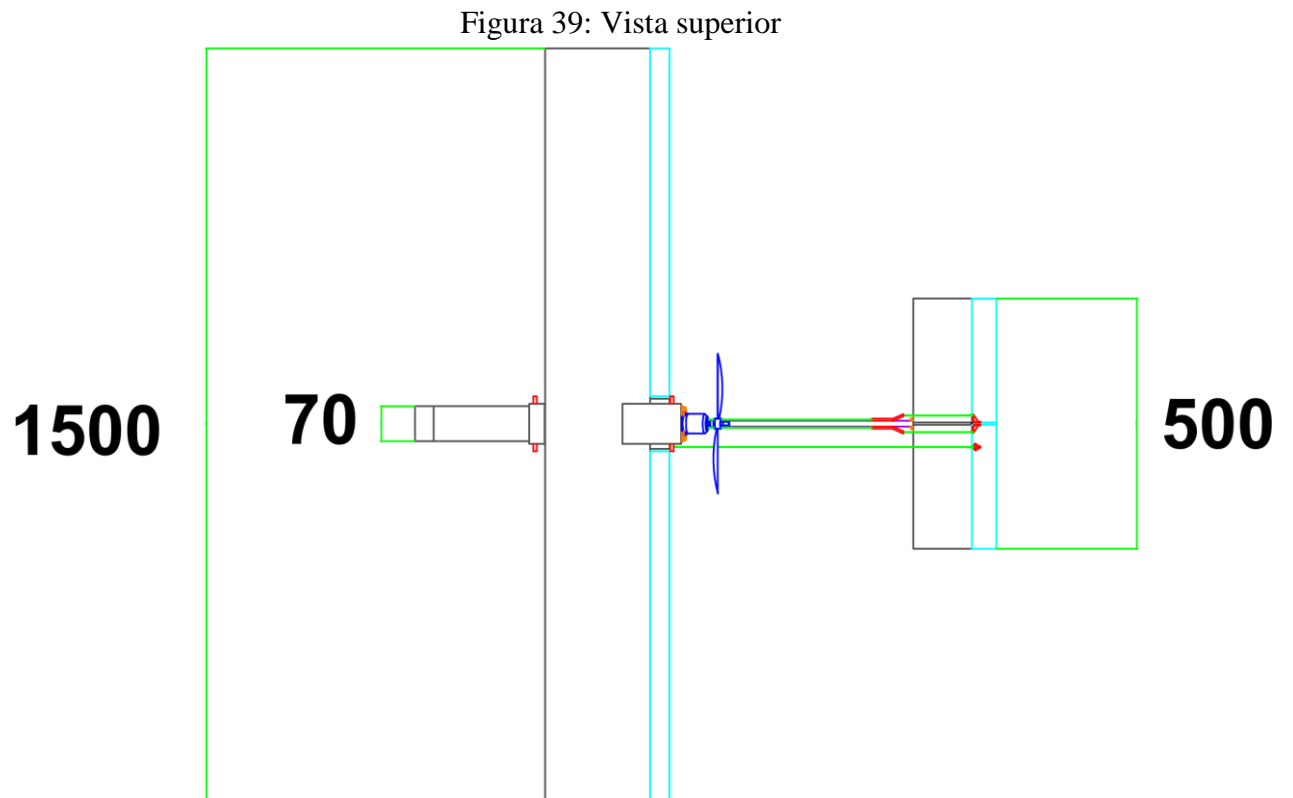
A Figura 38 mostra a visão escolhida com frontal do VANT, onde se pode ver a estrutura do VANT, trem de pouso, motor, cockpit, leme, servos motores, tubo fibra de carbono, e outros. As medidas estão em milímetros.

Figura 38: Visão frontal



Fonte: Próprios autores (2016)

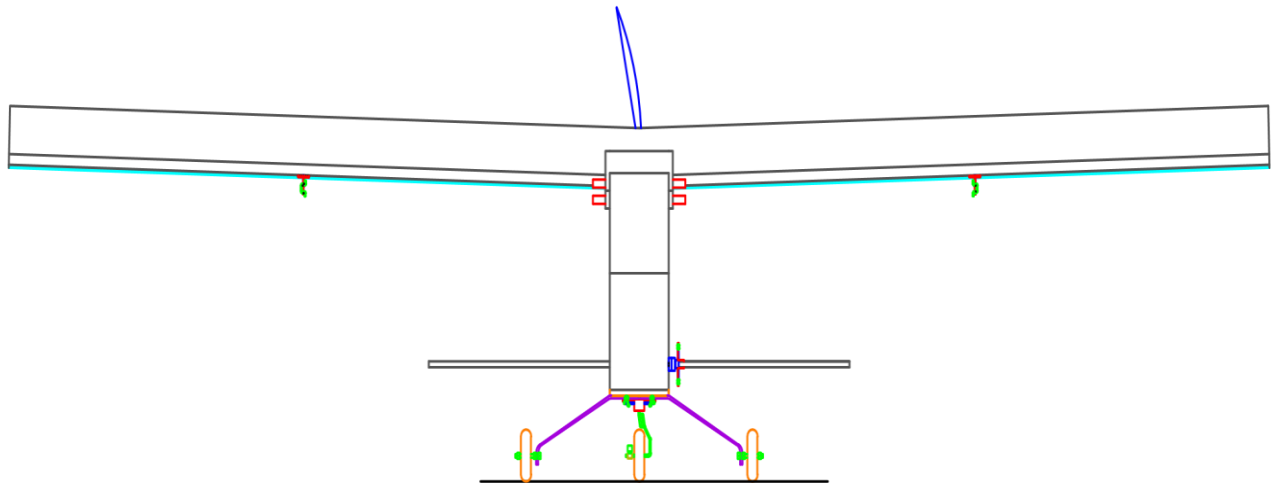
A Figura 39 representa a vista superior do VANT, onde se pode ver a dimensão da asa, os Ailerons, e toda estrutura.



Fonte: Próprios autores (2016)

A Figura 40 representa a vista escolhida como lateral, onde mostra a frente do VANT. Nela se percebe o grau que as asas possuem, fundamental para o aeromodelo planar.

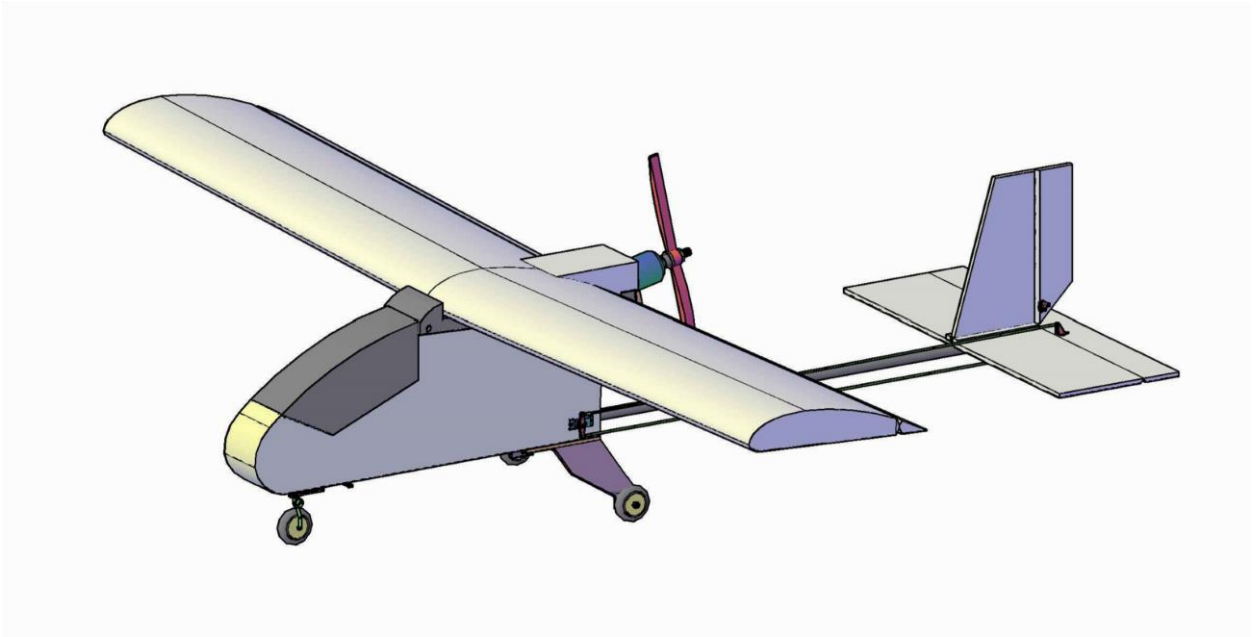
Figura 40: Vista Lateral Esquerda



Fonte: Próprios autores (2016)

Mesmo não tendo sido estudado no primeiro período de Engenharia Mecânica, foi possível fazer o aeromodelo em 3D, demonstrado na Figura 41.

Figura 41: VANT 3D



Fonte: Próprios autores (2016)

10 - CONCLUSÕES

A criação do projeto VANT proporcionou aos integrantes do grupo, amplo conhecimento sobre a aerodinâmica dos aeromodelos e suas técnicas de montagem. Além de toda teoria estudada durante o período de Engenharia Mecânica no IFMG – Campos Arcos, que pôde ser aplicada no projeto de diversas formas.

Dentre os pontos fracos do projeto, está o trem de pouso, devido a danificação do anterior instalado no VANT, não foi construído outro com as mesmas qualificações. Por ser leve, em voo o aeromodelo sofre algumas oscilações pelo vento, porém não se fez complexa a pilotagem.

Finalmente os objetivos propostos foram alcançados, o VANT se mostrou capaz de planar por longas distâncias com o motor desligado, além de alcançar uma velocidade superior a estimada inicialmente.

REFERÊNCIAS

CLOUGHERTY, J. E; KUBZANSKY, L. D. Um sistema para examinar o estresse social e a suscetibilidade a poluição do ar na saúde respiratória. **CAPES**, vol.15, pg:2059.

DOMINGOS, Fernando. Forças que atuam no avião. **Blog spot**. 04 fev. 2011. Disponível em: <http://manualdopiloto.blogspot.com.br/search?q=for%C3%A7as>. Acesso em 11 de nov. de 2016.

E-VOO, Artigo servos. Disponível em: <http://e-voo.com/app.php/page/artigo_servo>. Acessado em 02 de set. de 2016.

FUJIWARA, G. E. C. **Projeto de aeronave movida a propulsão humana: Trabalho de Conclusão de Curso**. São Paulo: 2011, p. 82. Disponível em: <http://sites.poli.usp.br/d/pme2600/2011/Trabalhos%20finais/TCC_024_2011.pdf>. Acessado em: 20 de out. de 2016.

JOSÉ RODRIGUES, L. E. M. **Fundamentos da Engenharia Aeronáutica com Aplicações ao Projeto SAE – Aero Design: Aerodinâmica e Desempenho**. Edição Autor – Salto/SP: www.engbrasil.eng.br, 2014. 320p.

LABORDE, Diogo; AMARAL, João. **Porque é que os aviões conseguem voar?.** Sobreda, 2006. Disponível em: <https://fisicaoquadrado.wordpress.com/sberes-com-tic/a-fisica-explica/porque-e-que-os-avioes-conseguem-voar/>. Acesso em: 11 de nov. de 2016.

LAKATOS, Eva Maria & MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2001.

RIBEIRO, T. S. G. **Voando mais Alto – Mecânica Aérea: Sustentação**. Atibaia, 2011. Apostila. Disponível em: <http://www.newtonbraga.org.br/arquivos/apostilas/Mecanica%20Aerea.pdf>. Acessado em: 27 de novembro de 2016.

ROSA, E. **Introdução ao Projeto Aeronáutico**: uma contribuição à competição SAE AERODESIGN. UFSC – Edição do Autor: Florianópolis/SC: 2006.

STEWART, J. **Cálculo**. Tradução de Antônio Carlos Moretti, et al. 5ª Ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.v.1.

UBIRATAN, E. A Origem dos VANT. **AERO Magazine**. Washington (DC) e Pasadena (CA). Ed. 248, Jan. 2015. Disponível em: http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/origem-dos-vant_1907.html. Acessado em: 13 de out. de 2016.

VASCONCELLOS, T. I. **FAB realiza primeiro seminário internacional “ARP em Combate”**. O objetivo é a coleta de informações para desenvolvimento de projetos futuros. Disponível em: <http://www.fab.mil.br/noticias/mostra/27525/DEFESA%20A%C3%89REA%20E2%80%93%20FAB%20realiza%20primeiro%20semin%C3%A1rio%20internacional%20C2%B4C2%B4ARP%20em%20Combate%C2%B4C2%B4>. Acesso em: 10 de nov. de 2016.

YOUNG, Hugh. D.; FREEDMAN, Roger. A. **Física 1: Mecânica**. 12. ed. São Paulo: Pearson/Prentice Hall, 2009. 413p.