Projeto e Fabricação de Aeronave eVTOL Motorbike e VTOL Flying Car

(moto voadora carro voador)

Valter Barbosa Junior, eng.

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Introdução:

1) Apresentação
2) Modelo de Negócio
3) Escopo do Projeto
4) Similaridade geométrica com um Drone e com a aeronave Eve da Embraer (UAM: Mobilidade Aérea Urbana)
5) Tecnologia: Lei de Biot-Savart e Lei de Lorentz (ação e reação)
6) Sistema de Propulsão Eletromagnético
7) Sistema de Propulsão usando Rotores
8) Motores Elétricos Trifásicos para Voo Horizontal (2 motores: um horário outro anti-horário, com inversão de sentido de rotação para exercício de ângulo de guinada, aceleração e frenagem)
9) Inversores de Frequência trifásicos para Voo Horizontal (2 inversores)
10) Motores Elétricos Trifásicos para Voo Vertical (quatro motores eVTOL: dois horários e dois anti-horários)
11) Inversores de Frequência trifásicos para Voo Vertical (4 inversores)
12) Uso de Alternador (440 V 300 Hp)
13) Peso do Alternador
14) Uso de Baterias Elétricas
15) Peso das Baterias
16) Autonomia das Baterias
17) Tempo de Recarga das Baterias
18) Potência dos Motores Elétricos
19) Etanol / Avigás / Gasolina / Diesel / Querosene (combustão e CO2)
20) Tanque e Peso do Etanol (200 litros)
21) Autonomia do Etanol
22) Tempo de enchimento do Tanque de Etanol
23) Potência do Motor Lycoming IO-540 do Avião Ipanema da Embraer (300 Hp 2700 rpm)
24) Projeto com 4 rotores verticais e 2 rotores horizontais

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

25) Outros modelos de projeto (6, 8 ou mais rotores)
26) Combinação de um motor a etanol para geração de energia (alternador)
27) 4 motores elétricos para voo eVTOL (electric Vertical Take Off and Landing: decolagem e pouso na vertical elétrica)
28) 2 motores elétricos para voo horizontal e guinada
29) Sistema de Controle de Altitude
30) Sistema de Controle de Velocidade Horizontal
31) Sistema de Controle de Ângulo de Guinada (eixo z)
32) Conservação do Momento Angular no eixo x (L = Jw)
33) Sistema de Controle de Estabilidade de Inclinação no eixo x
34) Sistema de Controle de Estabilidade de Inclinação no eixo y
35) Instrumentos de Medição de Velocidade (Tubo de Pitot)
36) Instrumentos de Medição de Altitude (altímetro)
37) Instrumento de aferição de ângulo de guindada (bússola)
38) Instrumento de aferição de ângulo de inclinação no eixo x
39) Instrumento de aferição de ângulo de inclinação no eixo y
40) Instrumento de sensores de presença de outras aeronaves próximas
41) Instrumento de sensores de colisão contra edifícios, torres ou outros obstáculos (pontes, árvores, placas e semáforos)
42) Tablet para análise de voo usando Waze para navegação segura entre prédios
43) Uso de Paraquedas para uma emergência de alta altitude
44) Uso de Airbag para uma emergência de baixa altitude
45) Voo seguro a uma altitude de 100 a 300 metros
46) Voo seguro a uma altitude de 10 a 30 metros
47) Velocidade máxima de voo horizontal (100 km/h)
48) Velocidade máxima de ponta de asa (300 m/s)
49) Planejamento de Voo seguro e Redundância
50) Comunicação com Torre de Voo para definição autorização de rota de voo
51) Rádio de Comunicação com Torre e com outras aeronaves
52) Pouso de Emergência
53) Fabricação do Sistema de Propulsão Eletromagnético

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

54) Projetos detalhados e fabricação dos ângulos de ataque, dos coeficientes de sustentação, dos coeficientes de arrasto das asas rotativas, asas fixas e dos rotores (aerodinâmica)
55) Fabricação dos Rotores Verticais e Horizontais
56) Fabricação do Sistema de Propulsão Vertical e Horizontal usando Rotores
57) Construção do Propulsor Eletromagnético através da aquisição da estrutura de aço e usando os fios de cobre esmaltado
58) Seleção e Compra da Moto escolhida
59) Construção do Projeto Mecânico em CAD usando a Moto escolhida
60) Projeto de Estrutura da Aeronave usando CAE
61) Projeto do Sistema Eletrônico de Controle de Voo e Segurança para montagem através do Arduíno
62) Compra e Aquisição do Motor Lycoming IO-540 (300 Hp)
63) Compra e Aquisição dos Servo Motores para controle de inclinação
64) Montagem do Sistema de Controle de Inclinação no eixo x
65) Montagem do Sistema de Controle de Inclinação no eixo y
66) Compra e Aquisição dos Motores Elétricos Verticais e inversores de frequência (40 Hp / 80 Hp)
67) Compra e Aquisição dos Motores Elétricos Horizontais e inversores de frequência (10 Hp / 50 Hp)
68) Montagem dos Motores Elétricos
69) Montagem do Motor Lycoming IO-540
70) Montagem do Tanque de Combustível Etanol (200 litros)
71) Compra e Montagem dos Instrumentos de medição
72) Compra, Programação e Testes do Arduíno
73) Projeto, programação e Montagem do Sistema de Controle e Sistema de Segurança, usando Arduíno
74) Implementação do Sistema de Software Embarcado para navegabilidade usando Waze para deslocamento seguro entre prédios
75) Testes de Voo vertical (eVTOL)
76) Testes de Voo horizontal (velocidade máxima)
77) Testes de Voo de Guinada (eixo z)
78) Testes de Voo de Inclinação no eixo x

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

79) Testes de Voo de Inclinação no eixo y
80) Testes de Segurança de Voo
81) Testes de Emergência de Voo
82) Certificação de Voo Civil (CAVE – Certificado de Aeronavegabilidade para Voo Experimental na ANAC)
83) Certificação de Voo Militar (SEPROD – na Secretaria de Produtos de Defesa no Ministério da Defesa)
84) Sistema e Procedimentos de Manutenção da Aeronave
85) Manutenção dos Rotores verticais e horizontais
86) Manutenção do Motor a Etanol
87) Manutenção dos Motores Elétricos para Voo Vertical (eVTOL)
88) Manutenção dos Motores Elétricos para Voo Horizontal
89) Manutenção dos Servos Motores para Controle de Estabilidade nos eixos x, y
90) Manutenção do Controle de Altitude
91) Manutenção do Controle de Velocidade de Voo Horizontal
92) Manutenção do Controle de Voo Guinado
93) Manutenção dos Sistemas de Controle em Malha Fechada
94) Manutenção do Sistema de Emergência
95) Manutenção dos Paraquedas
96) Manutenção dos Airbags
97) Manutenção do Software Embarcado
98) Treinamento de Voo para Brevê e autorização de pilotagem
99) Construção da Aeronave baseado no seu Orçamento
100) Time de Engenharia e Especialistas (CAD; Eletrônica e Arduíno; CAE; Controle em Matlab e Simulink; Motores, Asas e Aerodinâmica; Software Embarcado; e Certificação de Aeronaves)
101) Investimento para a Construção da Prova de Conceito
102) Investimento para a Construção do Primeiro Protótipo
103) Investimento para a Montagem da Fábrica
104) Fluxo de Caixa para manter a operação da Fábrica
105) Plano de Fabricação de Aeronave (uma por semana)
106) Currículo do Engenheiro, autor deste livro, e responsável pelas tecnologias aplicadas e detalhadas neste documento
107) Informações sobre a empresa VBJ Engenharia

1) Apresentação:

Objetivo do Negócio

- Depósito de Patente ao longo do mundo
- Construção do Laboratório de Aeronave eVTOL
- Construção da Prova de Conceito
- Construção dos primeiros Protótipos
- Montagem da Sala de Demonstração
- Montagem da Fábrica de Operação Sob Encomenda

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Sistema Martin JetPack

2 Rotores

- Se você perde um rotor, começa a girar pelo princípio da Conservação do Momento.
- Elevado nível de vibração, ruído e temperatura.

Sistema Mochila a Jato

Peróxido de Hidrogênio

- Baixa capacidade de combustível
- Controle não estável
- Necessita Piloto Experiente

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Sistema na Água

JetPack na água

- Só pode ser usado sobre água
- Permite aplicação de salva vidas

Asa Humana

Asa Humana

Necessita salto a partir de aviões ou Helicópteros ou altas montanhas

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

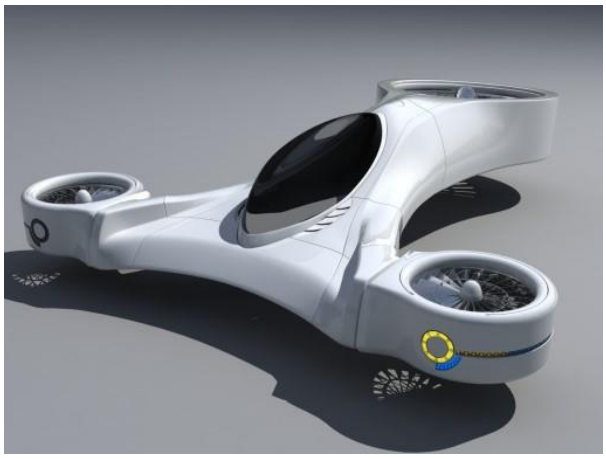
Sistema de Carro Voador

2 Rotores

- Princípio da Conservação do Momento, caso perca um rotor
- Necessita de grande área para decolagem e pouso, talquel um helicóptero

Sistema de Carro Voador

3 Rotores



- Voo instável devido ao sistema de 3 rotores
- Se você perde um rotor, o sistema ser torna instável
- Sistema de Controle e Comando Complexo

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Sistema de Carro Voador da Moller

4 Rotores

- Sistema complexo de controle e comando
- Para voo vertical, as asas fecham. Quando o sistema ganha altitude as asas abrem para voo
- Elevado nível de vibração, ruído e temperatura

Sistema de Carro Voador Conceitual da Marinha dos USA

- Asa fixa e propulsãodo rotores rotativos
- Sistema complexo de comando e controle
- Se perder um rotor, não pode pousar como uma aeronave VTOL

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Sistema de Carro Voador asa contra rotativa

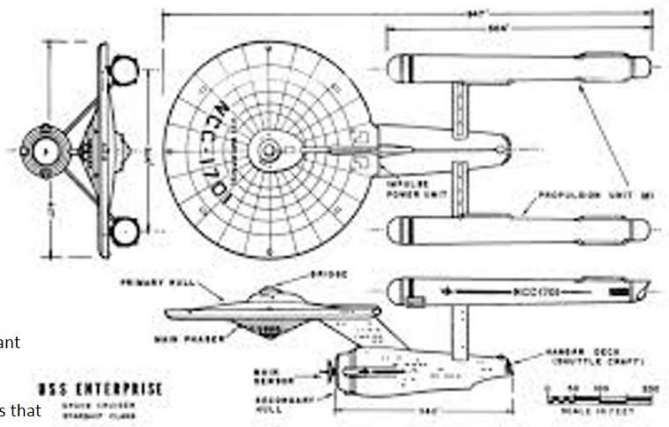
- Não pode perder um rotor, devido ao princípio da conservação do momento
- Navegação difícil
- Elevado nível de vibração

VBJ Engenharia Company
Future Aircraft Project:

Wellcome to participate and invest in the most important Project for Technological Desing in the Country.

The System and the Technological Principles of Aircrafts that are capable for navigating under the rivers and oceans, flying in the atmosphere and translate in the space with the same technological propulsion for the 3 applications.

Professional Group and Investors for working in the Cooperative of Technolgy of the **CIAF Program (Center of Intelligence for Future Aircrafts)**



Electromagnetic Propulsion System:
no polution, no vibration, no noise,
sustentable, rechargable,
low operation costs, high safety.

www.vbjengenharia.com.br
valter@vbjengenharia.com.br
vbjengenharia@gmail.com
55-11-99-250-3801

Nossa Solução e conceito

Sistema de Propulsão Eletromagnético

Nossa solução pode ser adaptada para aeronave de asa fixa, ou asa rototativa. Voo baixas e altas altitudes.

Pode ser adaptada para qualquer moto terrestre, selecionando a moto sob encomenda

Ambulancia
Polícia
Bombeiros
Exército
Marinha
Aeronáutica

Histórico da Pesquisa

- 1999 início das pesquisas
- 1999 depósito da Patente de Dirigível
- 2010 Primeira Prova de Conceito
- 2012 Segunda Prova de Conceito
- 2016 Terceira Prova de Conceito
- 2020 Quarta Prova de Conceito
- Atualmente focado em Montagem dos Primeiros Protótipos

Nossa Solução e Conceito

Vantagens

Mais seguro e estável que helicópteros

Mais fácil de navegar quando comparado com helicópteros

Fabricação mais econômica quando comparadocom outras aeronaveseVTOL

Permite decolar na vertical em qualquer viela

Pode ser adaptado para qualquer moto terrestre para uma ou duas pessoas

Pode ser usado na atmosfera ou mesmo no espaço

Nossas Metas para Fabricação

Depositar a patente em muitos países; montar os primeiros protótipos; montar o showroom de demonstração; construir e a fábrica de montagem sob encomenda

Bibliografia

IRA H. ABBOT, ALBERT E. VON DOENHOFF- Theory of Wing Sections, Dover Publications, Inc.;
DANIEL P. RAYMER– Aircraft Design: a Conceptual Approach, Fourth Edition, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc.;
BILL GUNSTON– The Development of Jet and Turbine Aero Engines, 4th Edition, Haynes North America, Inc.;
G. E. O. GIACAGLIA– Mecânica Geral, Décima Edição Revisada, Editora Campus Ltda.;
CARY R. SPITZER- Avionics Development and Implementation, 2nd Edition, CRC Press;
CARY R. SPITZER- Avionics Elements, Software and Functions, 2nd Edition, CRC Press;
NORMAN S. NISE- Engenharia de Sistemas de Controle, Terceira Edição, LTC Editora

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Lei de Biot-Savart

$$\vec{B} = \frac{mizero * mirelativa * \int I * dl \hat{\wedge} \hat{r}}{4 * pi * r^2}$$

$\vec{B}$ = Densidade do Campo Magnético
mizero = permeabilidade magnética no vácuo
mirelativa = permeabilidade magnética relativa no meio
I = corrente elétrica
dl = diferencial de elemento de linha
$\hat{r}$ = elemento de raio unitário
pi = 3, 14159
r = raio

Lei de Lorentz

$$d\vec{F} = \vec{I} * dl \wedge \vec{B}$$
$$\vec{F} = \vec{I} * l \wedge \vec{B}$$

$d\vec{F}$ = Elemento Diferencial de Força Eletromagnética
$\vec{F}$ = Electromagnetic Force
$\vec{I}$ = corrente elétrica
dl = diferencial de elemento de linha
l = total extensão de linha
$\vec{B}$ = Densidade de Campo Magnética

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

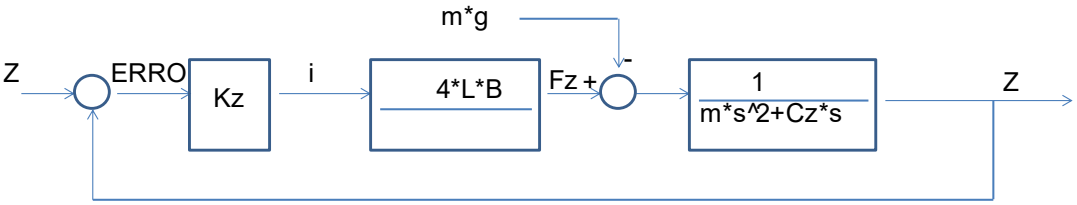
Princípio do JetPack

Princípio da Moto Voadora:

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Controle de Altitude do Sistema de Propulsão Eletromagnético



Z: altitude

Kz: amplificador

i: Corrente Elétrica

Fz: Força Eletromagnética

m: massa do sistema

g: aceleração da gravidade

Cz: coeficiente de arrasto

$$Z = \frac{Kz*4*i*L*B-m*g}{m*s^2+Cz*s+(Kz*4*i*L*B-m*g)}$$

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Voo Pairado

- m*g = 4*Fz
- m*g = 4*i*L*B
- I=m*g/(4*L*B)

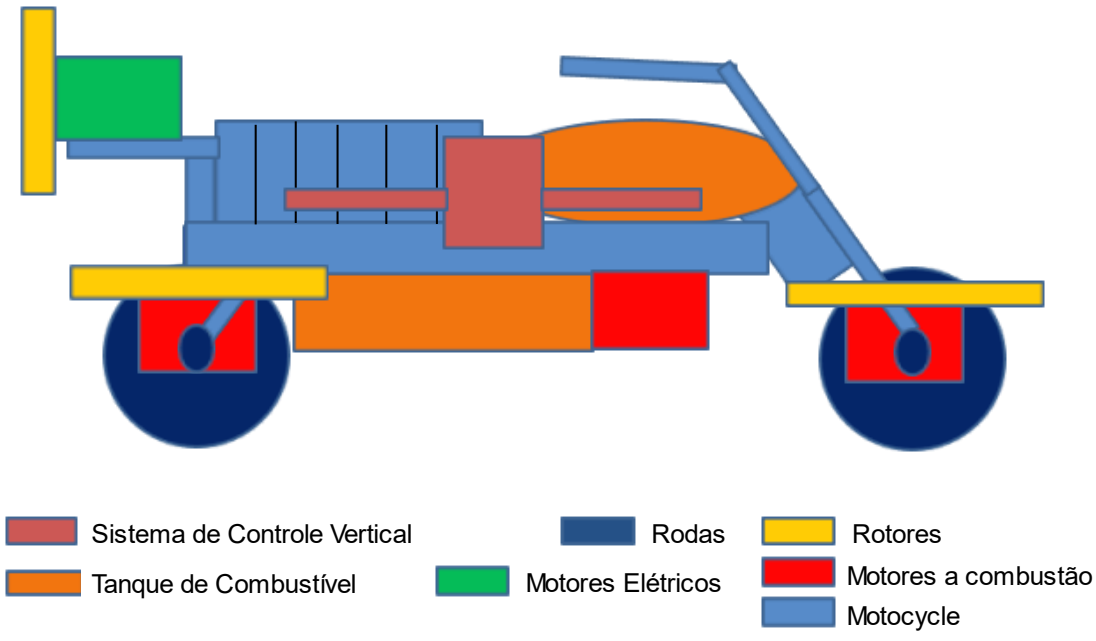
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

2) Modelo de Negócio:

Projeto

- Fábrica de Montagem de Aeronaves VTOL Motorbike (Moto Voadora com capacidade para Decolagem e Pouso na Vertical)

Esboço do VBJ VTOL Motocycle



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Potencial Cliente

- Instituições de emergência
- Policía civil, polícia militar, polícia federal, exércitos, marinha, aeronáutica, ambulância e bombeiros
- Empresários (solução mais barata que helicóptero)
- O helicóptero mais barato que existe é o Robson 22: 330 mil dólares. Estamos entrando no mercado com 144 mil dólares no preço inicial, mas temos como meta trabalhar com o preço de um carro médio.

Profissionais Interessados

- Empresários e Investidores
- Pessoas de MKt
- Vendas
- Gestão de pessoas
- TI
- Jurídico
- Especialistas em Engenharia
- Profissionais de P&D
- Professores Acadêmicos

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Equipamento

- Similar a um drone para duas pessoas, mas se trata de um VTOL Motorbike (moto com capacidade para decolagem e pouso na vertical)

Time de Trabalho

a. Valter Barbosa Junior: Engenheiro especialista em aviação experimental
b. Autor de 2 livros sobre aviação experimental: "Voo das Abelhas" (abelhas robôs para localização de armas e drogas) e "eVTOL-Aircraft" (aeronaves eletromagnéticas com capacidade para decolagem e pouso na vertical); este é seu terceiro livro sobre aviação experimental
c. 7 Engenheiros: Um especialista em CAD, outro em Arduíno, outro em CAE, outro em Controle – Matlab e Symulink, outro em Aerodinâmica e Asas, outro em Software Embarcado, outro em Certificação de Aeronaves junto à ANAC e ao Ministério da Defesa

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

Formação e Experiência

a. Valter Barbosa Junior é Engenheiro Mecatrônico graduado na POLI-USP, técnico em manutenção de aeronaves na EWM, pós-graduação em engenharia aeronáutica no ITA (mestrado incompleto) e auto estudo em Engenharia Aeronáutica no MIT (ocw.mit.edu).

Área de Trabalho

a. Valter Barbosa Junior é responsável pelo Modelo Tecnológico e P&D em Aviação Experimental

Solução e Inovação

a. Trata-se de um drone para duas pessoas: uma Moto Voadora com capacidade de voo VTOL (decolagem e pouso na vertical)

Necessidade da Solução

a. Deslocamento rápido nas grandes cidades

b. Solução de voo VTOL mais barata que helicópteros

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Tamanho do Mercado

a. Existem hoje cerca de 15 empresas no mundo projetando carros voadores e motos voadoras com capacidade VTOL

Crescimento do Mercado Mundial

a. Explosão de projetos de aeronaves VTOL ao longo do mundo logo após o lançamento dos drones.

b. A maioria dos projetos trabalha com baterias elétricas

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Previsão de Lançamento Mundial

a. A maioria destas empresas estão prevendo o lançamento de seus equipamentos para 2026. Minha meta é conseguir fazer a entrega da primeira aeronaveao fim de 2024.

b. As empresas estão prevendo o lançamento para 2026, Incluindo a Embraer

c. O motivo deste prazo é o uso de baterias que ainda não foi corretamentesolucionadoem relação a autonomia,peso e carga

Concorrentes Mundiais

a. Embraer, Eve, Moeller, Terrafugia, JetPack Aviation, Martin Jetpack, Uber, Audi, Mercedez, Toyota, Hyunday, Rolls Royce, Airbus, Boeing, GM
b. Nossa principal vantagem é o preço e a flexibilidade por sermos uma empresa de pequeno porte: O Robson 22 que é o helicóptero mais barato que existe custa 330 mil dólares. Nossas aeronaves estão previstas para custar 144 mil dólares inicialmente, mas após a montagem da fábrica pretendemos trabalhar com preço de carro de médio porte.

Perfil dos Clientes

a. Profissionais de Emergência: Polícia Civil, Polícia Militar, Polícia Federal, Exército, Marinha, Aeronáutica, Ambulância, Bombeiros e Empresários que hoje usam helicópteros

Modelo do Negócio

a. Fabricação sob encomenda
b. Participação em Feiras Internacionais de Aviação
c. Montagem do Show Room de demonstração

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

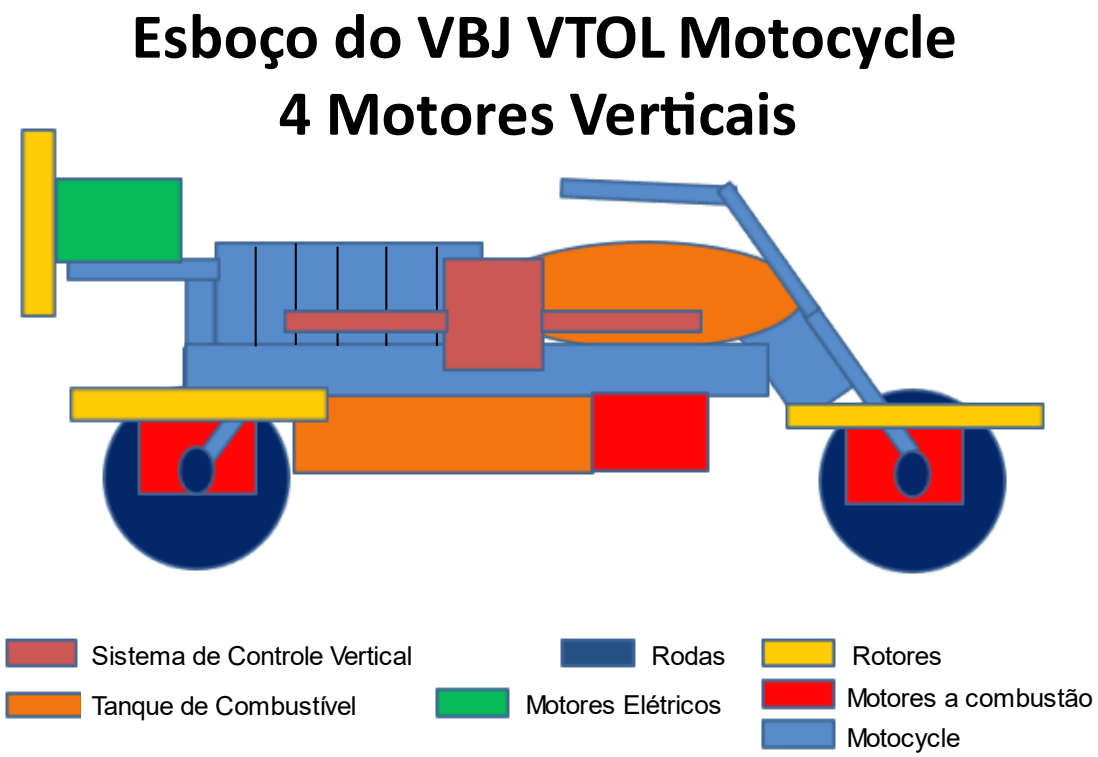
Operação Comercial

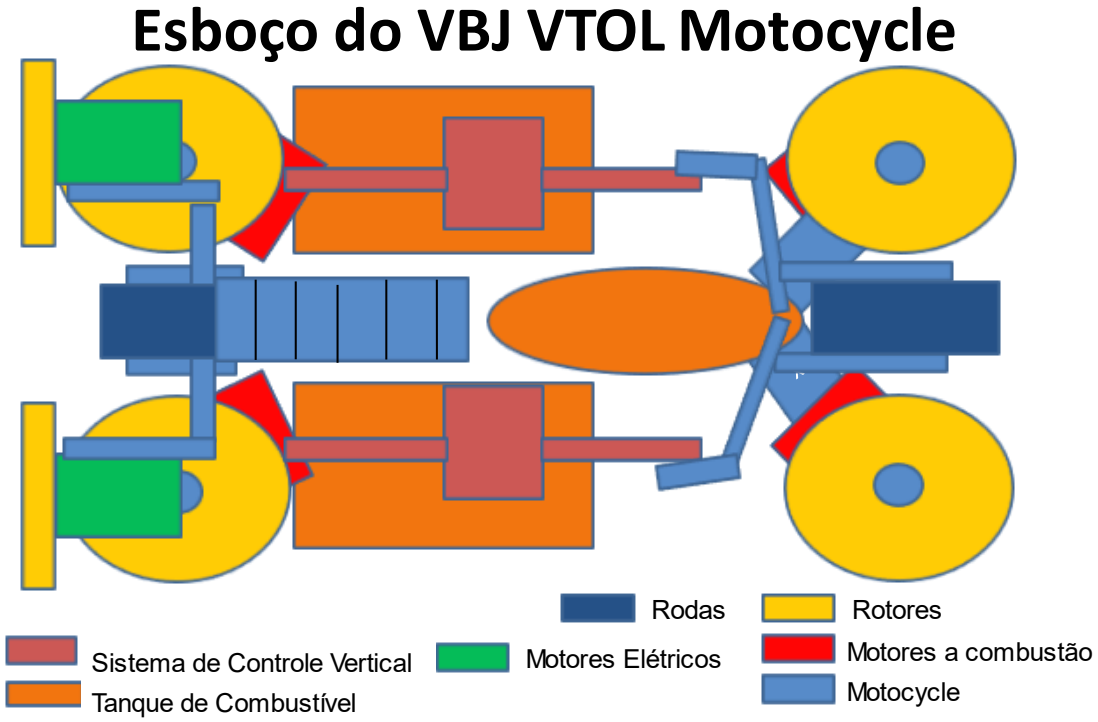
a. Implementação de projeto demotos voadoras
b. Necessito investimentode 42 mil dólares por mês durante 2 anos para montagemdos primeiros protótipos edepois disso necessito de capital para montar a fábrica de trabalho sob encomenda

Canal de Vendas

a. Um escritório comercial e showroom de demonstração em cada país de operação
b. Uma fábrica no Brasil

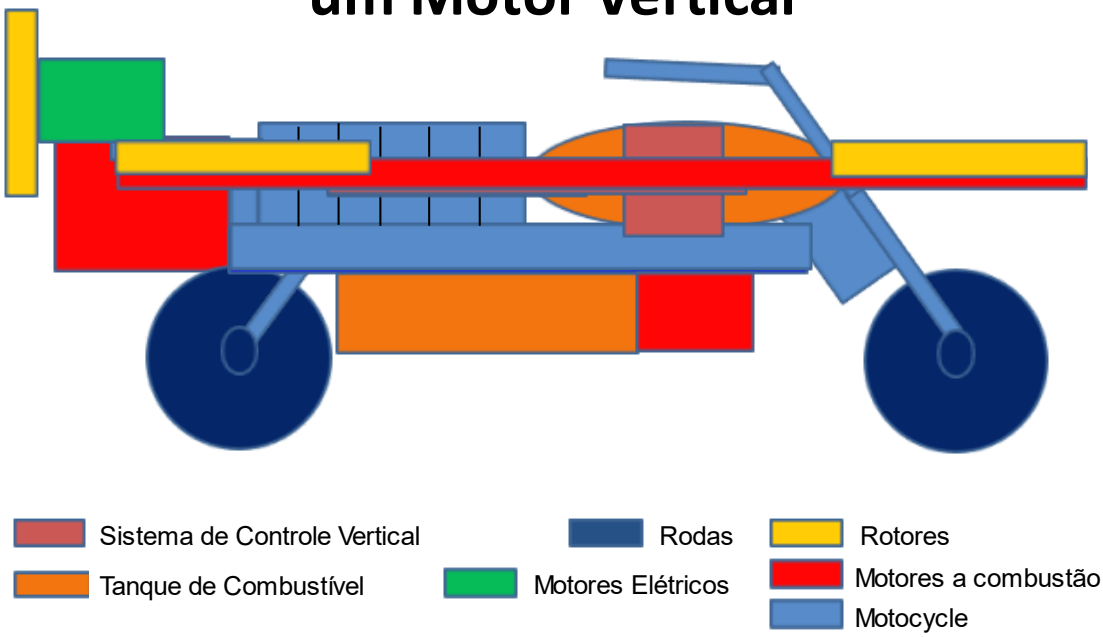
3) Escopo do Projeto:



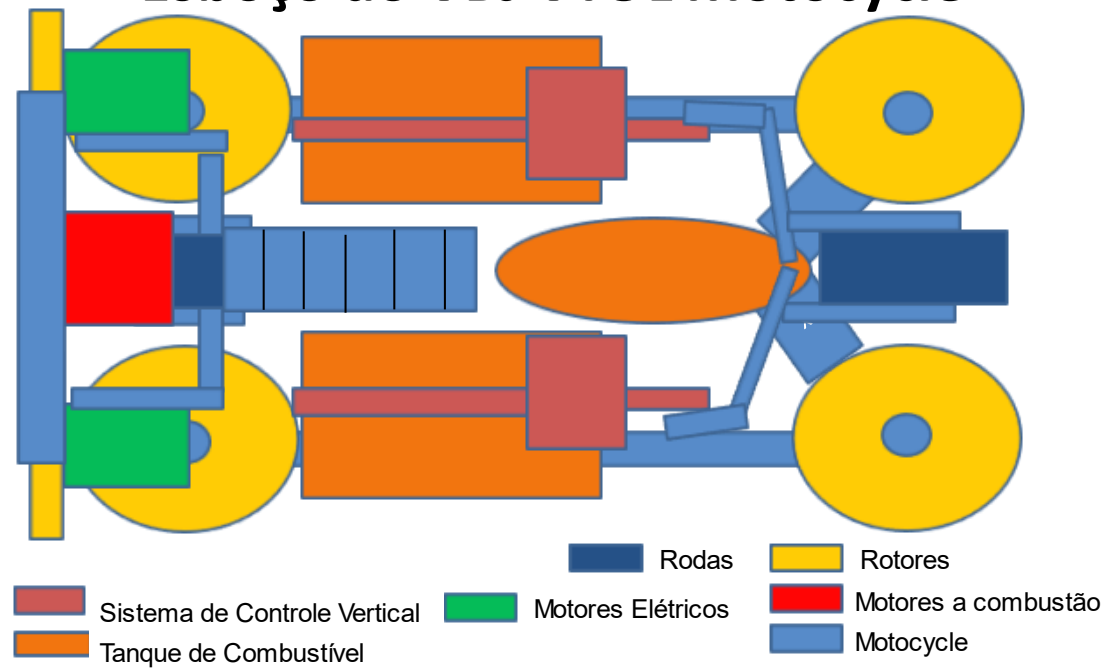


VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Esboço do VBJ VTOL Motocycle um Motor Vertical



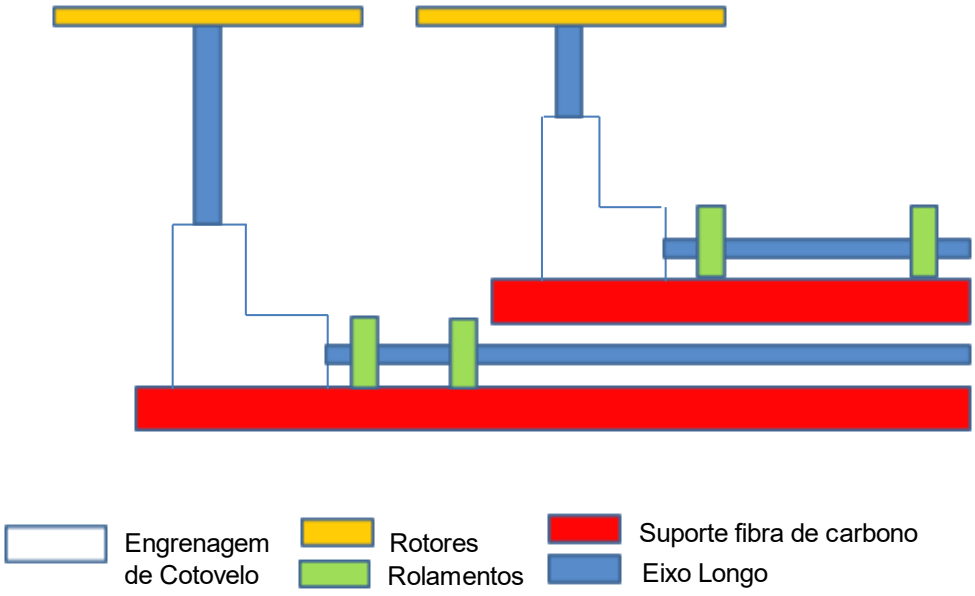
Esboço do VBJ VTOL Motocycle



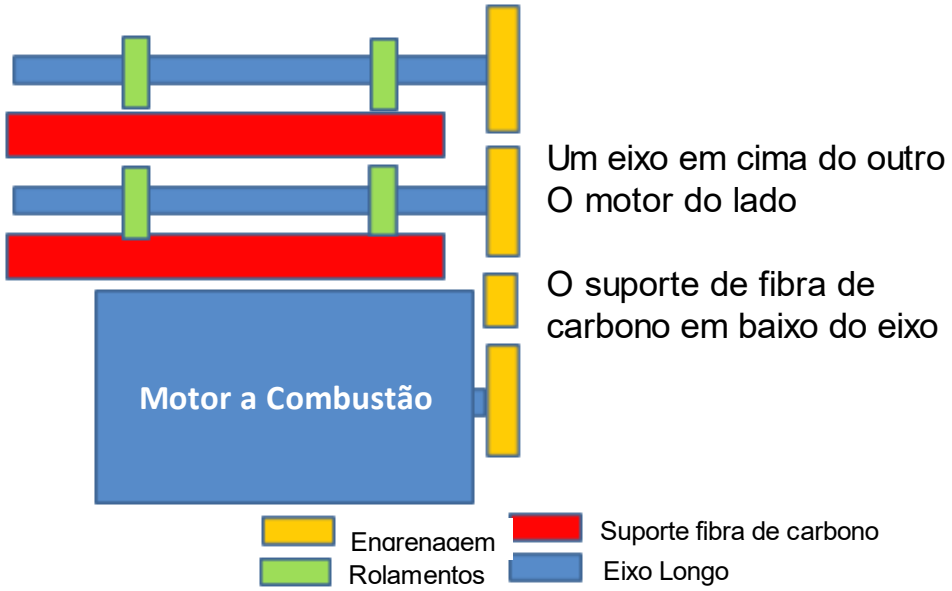
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Esboço do VBJ VTOL Motocycle
Estrutura dos Rotores



Esboço do VBJ VTOL Motocycle
um Motor Vertical a combustão



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

4) Similaridade geométrica com um Drone e com a aeronave Eve da Embraer (UAM: Mobilidade Aérea Urbana):

O projeto da empresa VBJ Engenharia é muito parecido com o Projeto de Carro Voador da Empresa Embraer que está sendo desenvolvido no Estado da Flórida nos EUA, pela subsidiária da Embraer chamada EVE e cujo projeto é concebido para UAM (Mobilidade Aérea Urbana – Urban Air Mobility).

Nosso projeto é baseado em 4 rotores para voo vertical e 2 rotores para voo horizontal. O sistema de controle é dividido em 3 modelos: um primeiro modelo que utiliza os 4 rotores para controle vertical de altitude. Outro modelo que utiliza os dois rotores horizontais para aceleração e desaceleração e controle de velocidade de voo e um terceiro modelo que usa os mesmos dois rotores em sentido invertido para exercer o voo guinado.

Tanto o controle de altitude, quanto o controle de velocidade de voo, e também o controle do ângulo de guinada são projetados para obedecer ao Sistema de Controle de Malha Fechada destas variáveis (altitude, velocidade horizontal e ângulo de guinada).

Além disso, o controle de inclinação horizontal, seja no eixo x quanto no eixo y também é exercido utilizando a técnica de Controle em Malha Fechada. No eixo y, este modelo também opera para manter o momento

angular de maneira estável e em equilíbrio. De forma que o Torque de Controle seja estabilizado e corrigido para controlar a derivada do Momento Angular

T = d(J*w)/dt.

m*g*r = d(J*w)/dt

onde T = torque de controle

J = momento de inércia

w= velocidade angular

d/dt = derivada no tempo

m = massa do sistema de controle

g = aceleração da gravidade

r = raio do sistema de controle

O projeto da VBJ Engenharia é muito parecido com um drone, mas é capaz de carregar uma carga útil de 200 kg, ou duas pessoas, com limite de peso de 200 kg.

O sistema completo pesa 3.610 kg e utiliza 4 motores elétricos verticais com 40 Hp cada e 2 motores elétricos horizontais com 10 Hp cada. A maioria dos projetos mundiais de aeronaves eVTOL trabalham com baterias.

As baterias possuem 3 grandes restrições técnicas: são muito pesadas, possuem autonomia muito baixa e tempo de recarga muito elevado. Nosso projeto não trabalha com baterias. Nós usamos um motor a combustão baseado em etanol que trabalha com potência de 300 Hp. Este motor foi projetado pela Empresa Lycoming em conjunto com a Embraer para ser utilizado na aeronave Ipanema, para aviões agrícolas.

Usar este motor como gerador de um alternador permite ter um peso menor; uma autonomia de 5 horas contra uma autonomia de 15 minutos em média das aeronaves eVTOL que usam baterias; e um tempo de recarga de 200 litros em alguns poucos minutos, contra uma recarga elétrica muito demorada (algumas horas).

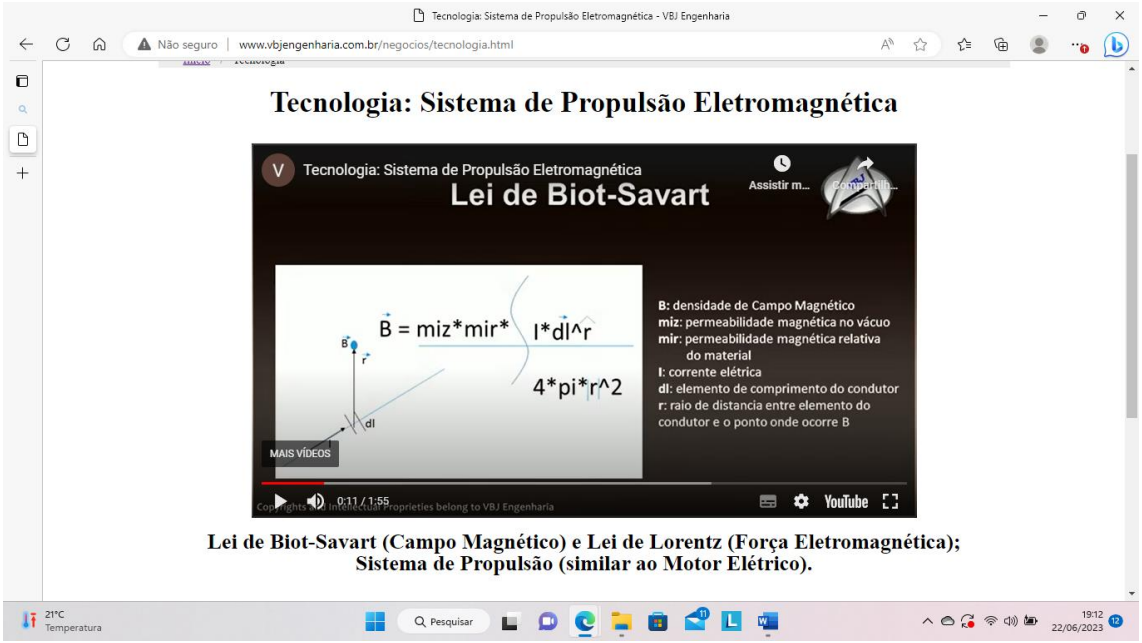
Além disso, usar etanol, permite que, a aeronave eVTOL Motorbike desenvolvida pela empresa VBJ Engenharia, possa ser abastecida em qualquer posto de gasolina, seja nas cidades, seja nas estradas.

A nossa aposta tecnológica é, portanto, usar um motor a combustão não poluente (que é o caso do etanol) para alimentar os seis motores elétricos da aeronave (quatro para voo vertical e dois para voo horizontal). Nossa aeronave trabalha com velocidade máxima de voo de 100 km/h.

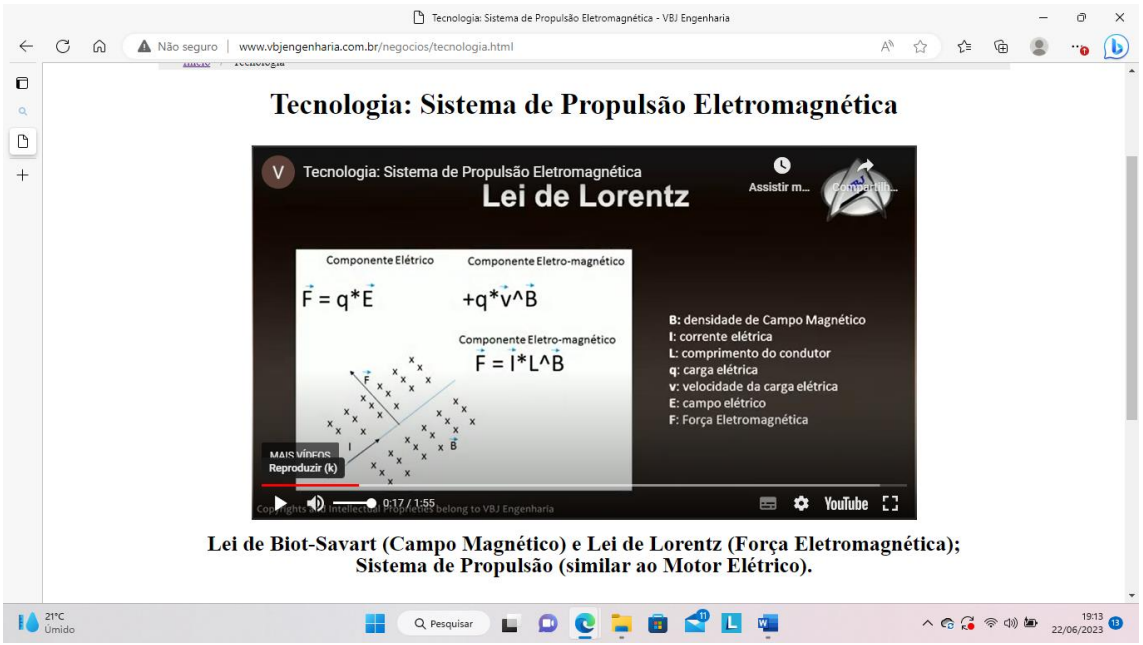
Temos certeza de que a médio ou longo prazo as baterias novas, desenvolvidas com novas tecnologias podem vir a se tornarem mais eficazes em relação às 3 grandes restrições: peso, autonomia e tempo de recarga;

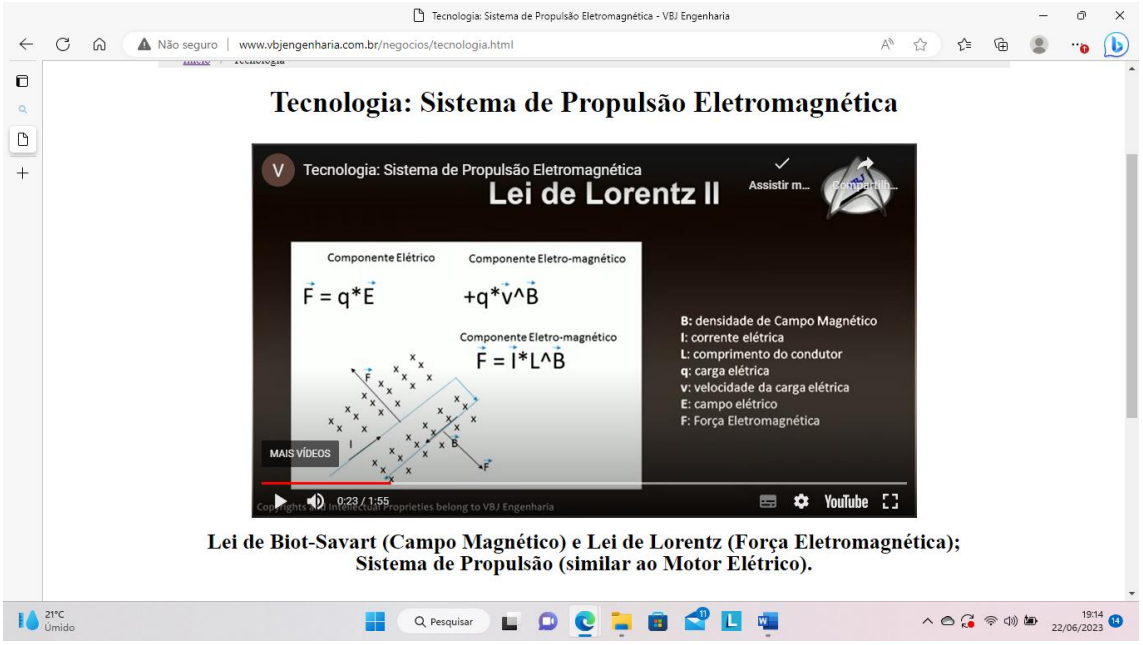
Nossa tecnologia está pronta para migrar para uma operação 100% elétrica, caso isto ocorra em um médio ou longo prazo.

5) Tecnologia: Lei de Biot-Savart e Lei de Lorentz (ação e reação)



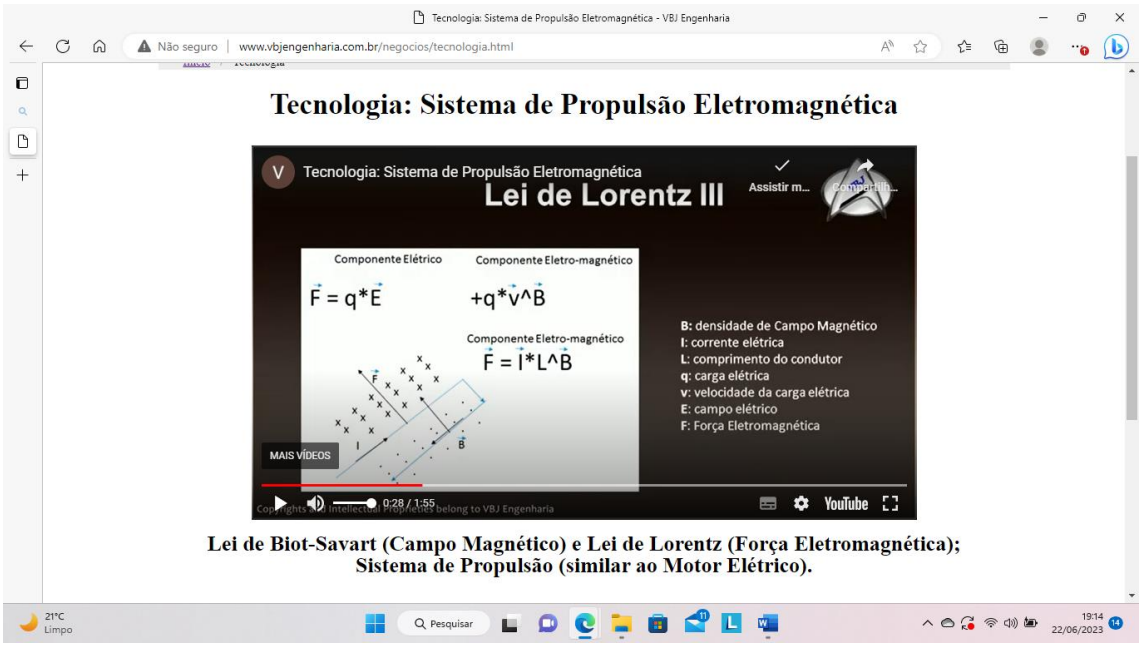
Lei de Biot-Savart (Campo Magnético) e Lei de Lorentz (Força Eletromagnética); Sistema de Propulsão (similar ao Motor Elétrico).



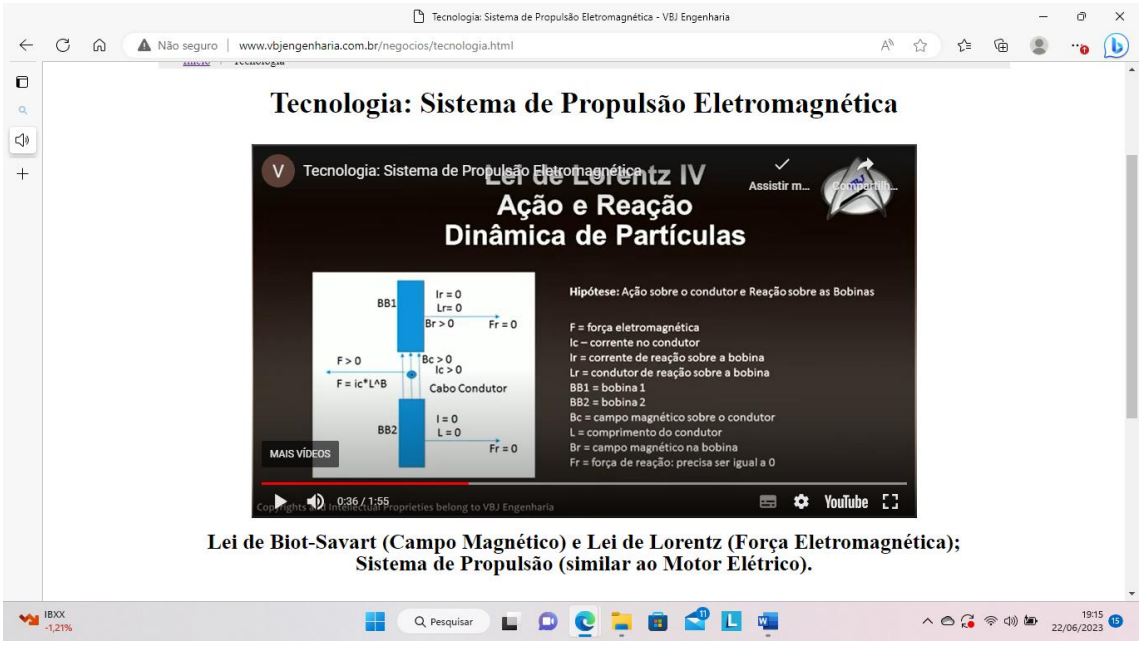


VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



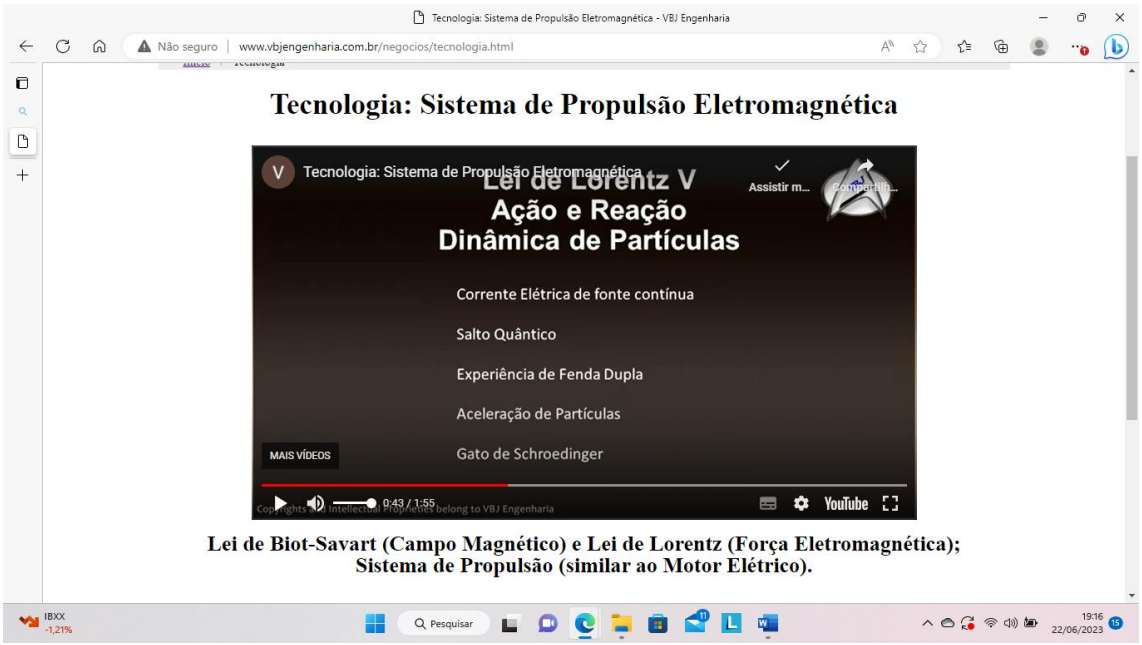
Lei de Biot-Savart (Campo Magnético) e Lei de Lorentz (Força Eletromagnética);
Sistema de Propulsão (similar ao Motor Elétrico).



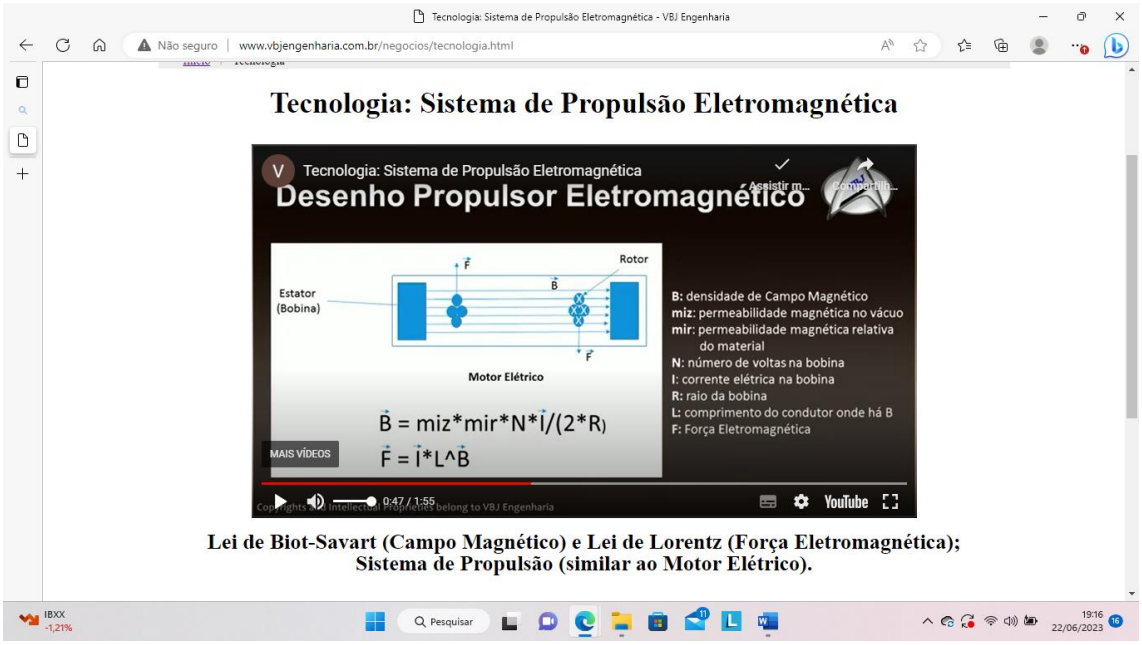
Lei de Biot-Savart (Campo Magnético) e Lei de Lorentz (Força Eletromagnética);
Sistema de Propulsão (similar ao Motor Elétrico).

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

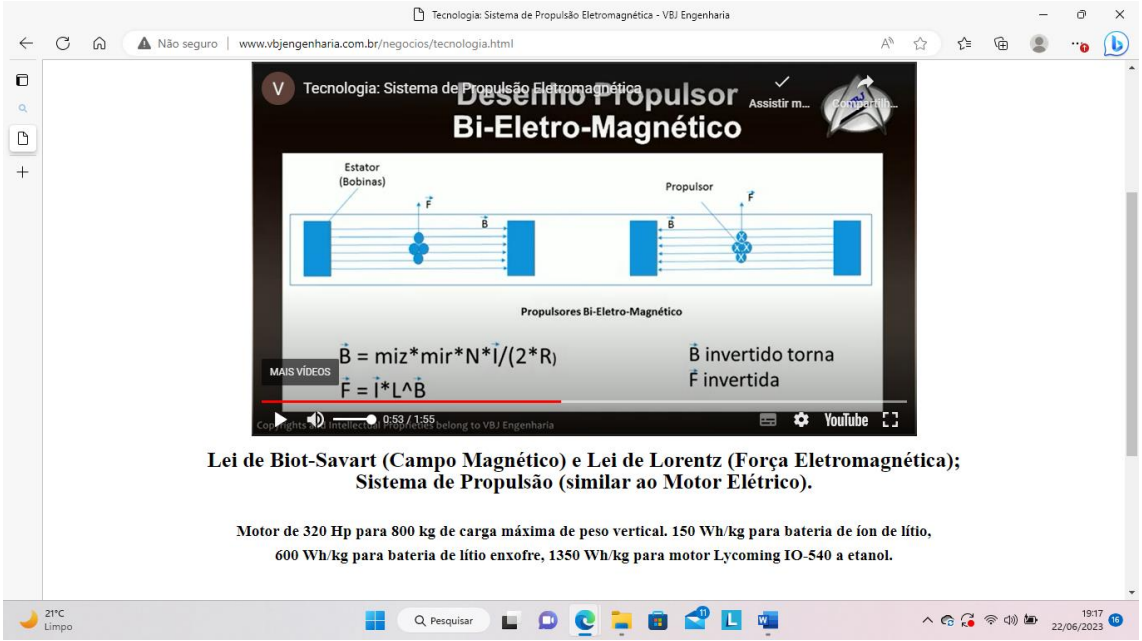
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



Lei de Biot-Savart (Campo Magnético) e Lei de Lorentz (Força Eletromagnética); Sistema de Propulsão (similar ao Motor Elétrico).



Lei de Biot-Savart (Campo Magnético) e Lei de Lorentz (Força Eletromagnética); Sistema de Propulsão (similar ao Motor Elétrico).



Lei de Biot-Savart (Campo Magnético) e Lei de Lorentz (Força Eletromagnética); Sistema de Propulsão (similar ao Motor Elétrico).

Motor de 320 Hp para 800 kg de carga máxima de peso vertical. 150 Wh/kg para bateria de íon de lítio, 600 Wh/kg para bateria de lítio enxofre, 1350 Wh/kg para motor Lycoming IO-540 a etanol.

A VBJ Engenharia está construindo uma tecnologia que viola os princípios tecnológicos e científicos aceitos tradicionalmente pela física clássica newtoniana. A tecnologia desenvolvida pela VBJ Engenharia considera que o princípio de ação e reação é verdadeiro, mas não vale para 100% dos casos e há exceções, e nós projetamos uma exceção.

A física quântica vai de encontro contra a física newtoniana e o projeto de Sistema de Propulsão Eletromagnético desenvolvido pela VBJ Engenharia também vai de encontro contra a física newtoniana, pois não consideramos a lei de ação e reação como verdadeiro em todos os casos.

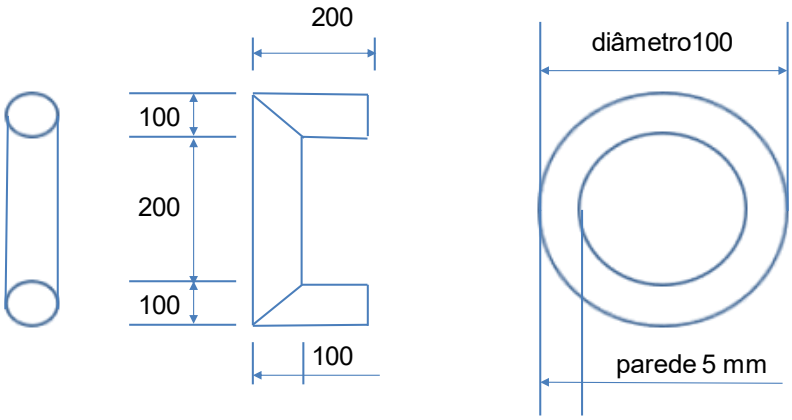
Consideramos que a combinação entre a Lei de Biot-Savart e a Lei de Lorentz permite construir um propulsor eletromagnético com uma geometria específica que gera um empuxo sem gerar a reação mecânica deste empuxo.

Este projeto é baseado em uma estrutura eletromagnética que gera um campo magnético sobre um campo elétrico e a combinação entre o campo magnético e o campo elétrico gera uma força eletromagnética similar ao torque realizado num motor elétrico tradicional.

Trata-se de duas bobinas geradoras de campo magnético com sentidos opostos e uma terceira bobina que se comporta atravessando o campo magnético.

Em tese a força eletromagnética gerada sobre o campo elétrico deveria gerar uma força de reação sobre a bobina geradora do campo magnético e isto em tese ocorre, mas como são duas bobinas com campos magnéticos invertidos, ocorre uma força de reação em sentidos opostos o que faz com que as forças de reação se anulem, mas gerem um torque que deve ser anulado por um segundo conjunto e um segundo sistema de propulsão.

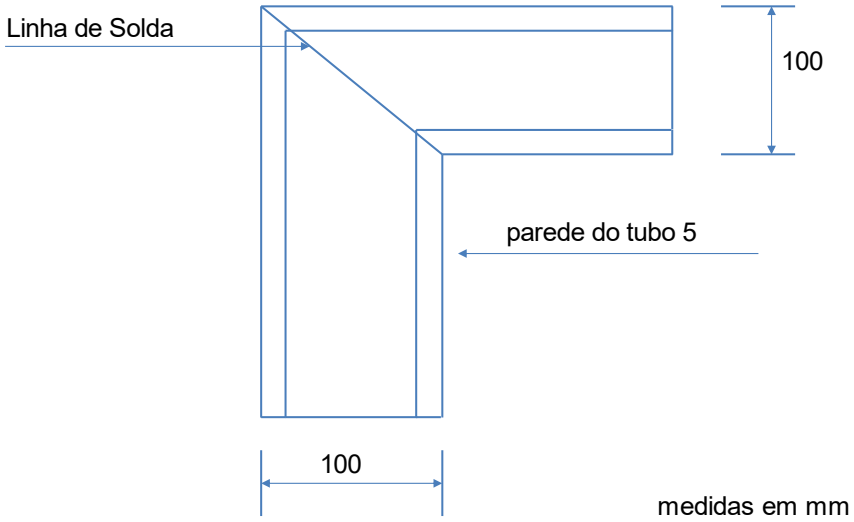
Projeto do Propulsor
Tubo de Aço 1020



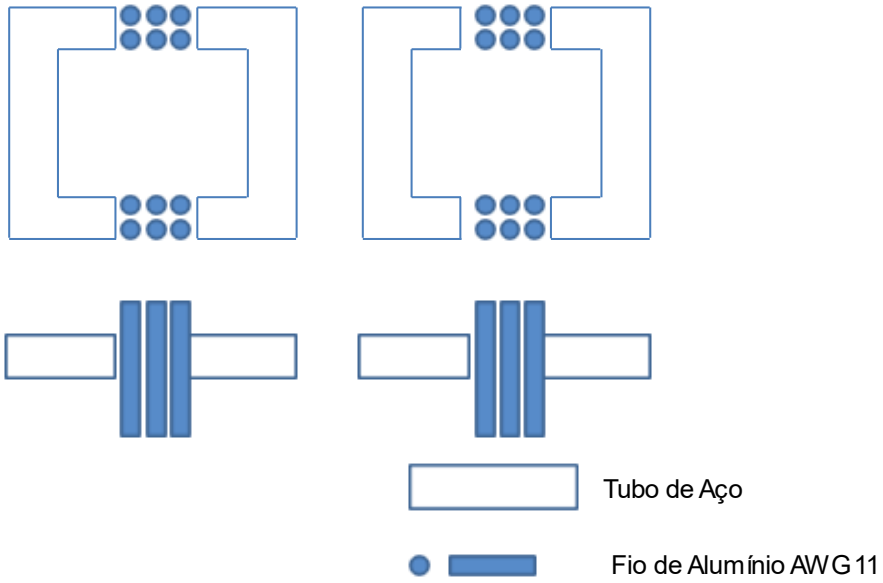
medidas em mm

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

Corte do Canto do Tubo de Aço



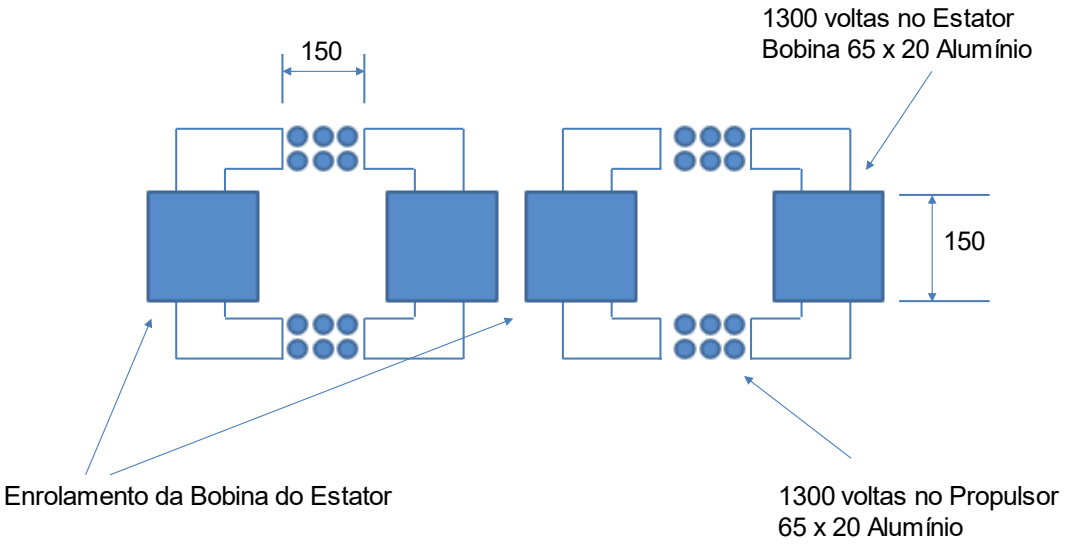
Projeto do Propulsor



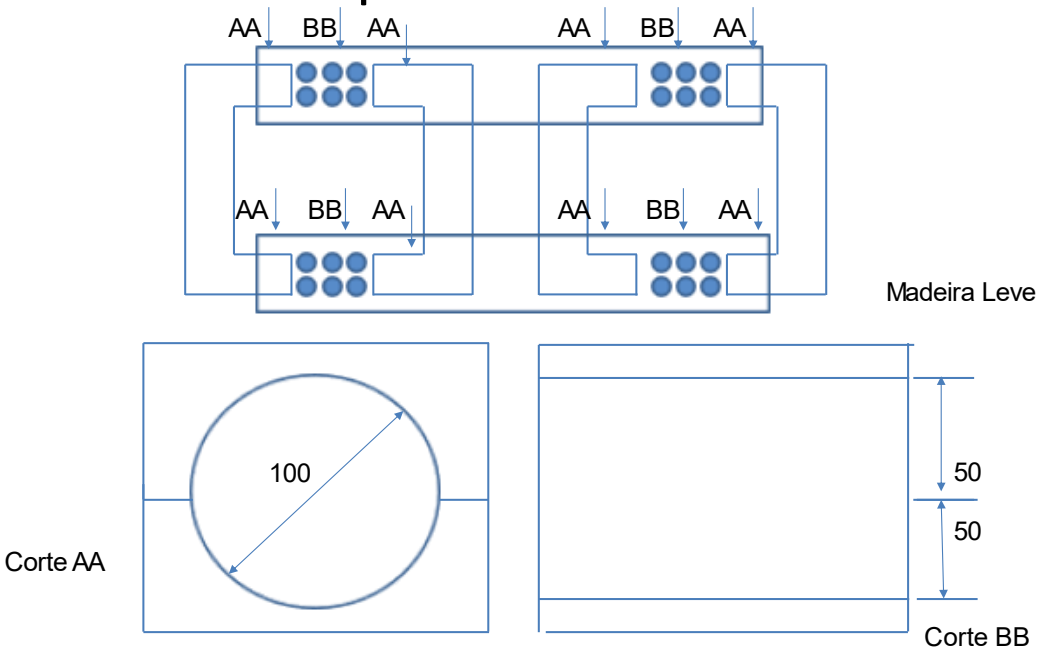
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Bobinas do Estator



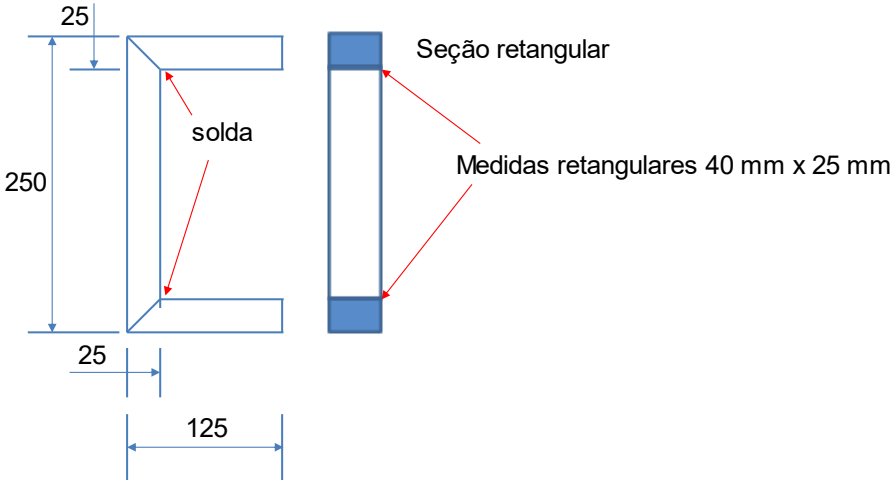
Suporte Mecânico



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

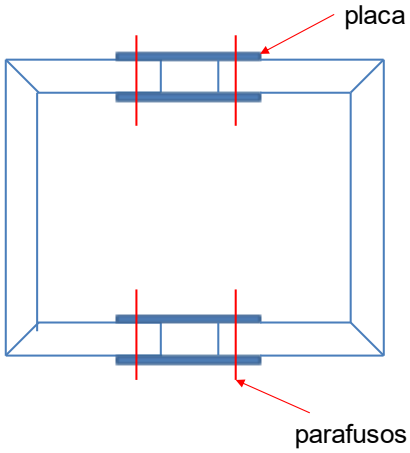
Lingote de Aço Carbono 1020

Quantidade 4 unidades



Placa de Montagem

Quantidade 2 unidades



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

6) Sistema de Propulsão Eletromagnético:

A VBJ Engenharia projeta um Sistema de Propulsão Eletromagnético, muito similar a um Motor Elétrico, que ao invés de executar rotação, executa translação em uma direção e sentido específico.

Um motor elétrico possui um estator e um rotor. O estator gera um campo magnético e o rotor através de uma condução de eletricidade executa o giro.

O Sistema de Propulsão Eletromagnético da VBJ possui dois estatores que geram dois campos magnéticos: um na vertical para cima e outro na vertical para baixo. E existe um terceiro condutor de campo elétrico que executa a translação.

O Sistema de Propulsão Eletromagnético é baseada nas leis de Biot-Savart e de Lorentz.

Onde: B = mi*N*I/(2*R)

F = i*L^B

B = densidade de Campo Magnético

mi = permeabilidade magnética do meio

N = número de voltas da bobina

I = corrente elétrica na bobina

R = raio da bobina

F = força eletromagnética

L = comprimento do condutor

i = corrente elétrica no condutor

Estas leis de Biot-Savart e de Lorentz são responsáveis pelo modelo de rotação dos motores elétricos e são também responsáveis pelo movimento de translação do propulsor implementado pela empresa VBJ Engenharia.

Trata-se, portanto, de duas bobinas que geram campos magnéticos na vertical, em mesma direção, mas em sentidos opostos e uma terceira bobina que gera corrente elétrica em movimento horizontal para frente e para trás.

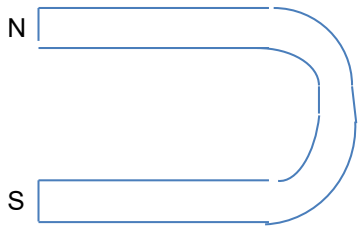
A continuação das bobinas gera campos magnéticos na horizontal para direita e para a esquerda, e a bobina de horizontal gera uma corrente elétrica perpendicular aos campos magnéticos. Esta geração de corrente elétrica e campo magnético perpendicular define uma força eletromagnética perpendicular aos dois, segundo a lei de Lorentz, ela regra da mão direita.

A nossa aposta é que esta força gerada pela perpendicular do campo magnético e da corrente elétrica gera uma força de reação

sobre a fonte do campo magnético, mas como o campo magnético gerado sob as bobinas tem direção vertical, mas com sentidos opostos, as forças de reação também possuem sentidos opostos. O que faz com que as forças de reação se anulem, gerando uma rotação. Rotação esta que é anulada pela presença de um segundo propulsor eletromagnético com rotação invertida.

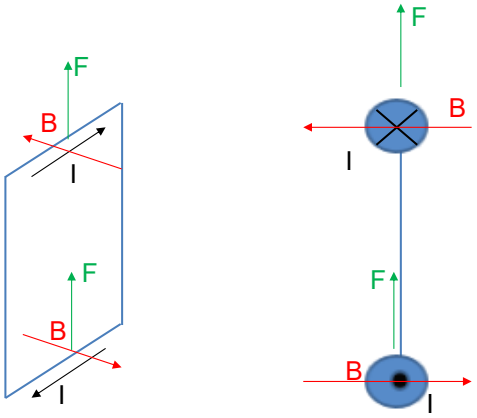
Esta montagem das bobinas verticais pode ser substituída por dois imãs de ferradura, com geração de campo magnético em sentidos opostos para direita em cima e para a esquerda em baixo.

Imã de Ferradura



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Modelo de Propulsor Eletromagnético Vertical simular a um motor elétrico com um campo magnético invertido



F = i*L ^ B

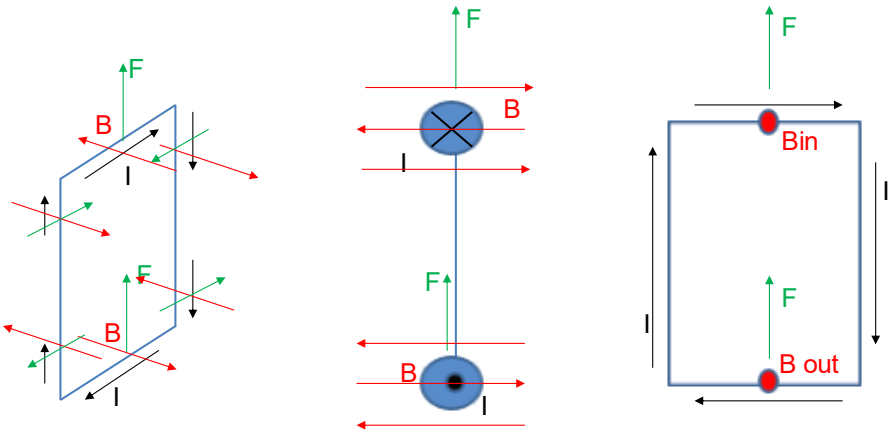
Onde está a reação????

Sobre os imãs?!!!?

Quanto maior a corrente, maior a força de ação e maior a reação!!!

Não faz sentido!!!

Modelo de Propulsor Eletromagnético Vertical simular a um motor elétrico com um campo magnético invertido II



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Força de Reação sobre os imãs

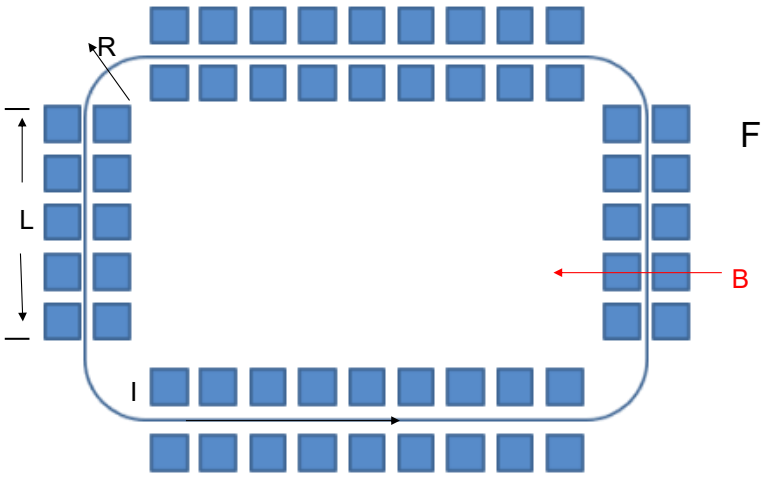
- Para haver força eletromagnética tem que haver eletricidade e magnetismo;
- Eletricidade e Campo Magnético coexistem sobre o condutor;
- Portanto existe força eletromagnética sobre o condutor;
- Mas não existe corrente elétrica sobre os imãs;
- Portanto não existe força eletromagnética sobre os imãs;
- Não há corrente elétrica sobre os imãs, portanto não há força eletromagnética de reação sobre os imãs.

Força de Reação sobre os imãs II

- Se você monta um condutor elétrico, este somente não gera força eletromagnética sobre o condutor, pois não há magnetismo
- Se você monta um par de imãs, este somente não gera força eletromagnética sobre o par, pois não há eletricidade
- Se você fixa um par de imãs e monta um condutor elétrico entre os imãs, este sim gera uma força elétrica sobre o condutor, pois há eletricidade e magnetismo
- Se você fixa um condutor elétrico e monta um par de imãs, este não gera uma força sobre o par, pois não há corrente elétrica no par
- Assim, se você monta um condutor elétrico junto com um par de imãs, este gera uma força eletromagnética sobre o condutor junto com o par de imãs e faz com que ambos se movimentem na direção do movimento do condutor

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

Modelo de Propulsor Eletromagnético retangular com imãs de neodímio lateralmente dispostos; Cantoneira a 90 graus



$$F = (4*L - 4*pi*R/2)*I*B$$

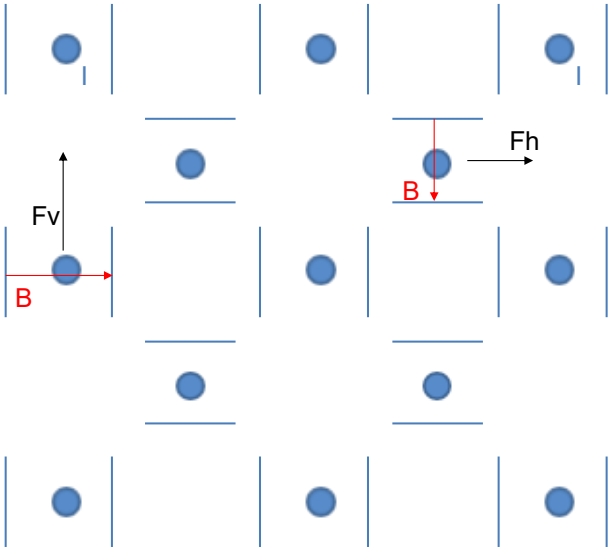
Onde está a reação?

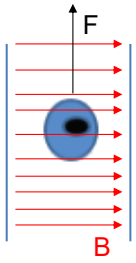
Sobre os imãs!!!

Quanto maior a corrente, maior a reação!!!

Não faz sentido!!!

Princípio de Malha Magnética costurada: Horizontal e Vertical; bidirecional





F = i*L^B

Onde está a reação?

Sobre os imãs!!!

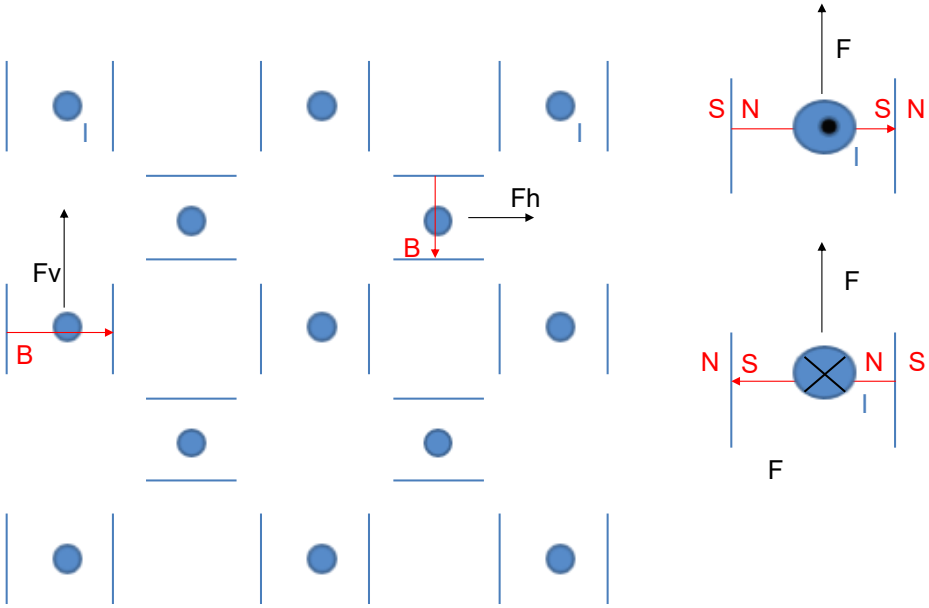
Quanto maior a corrente, maior a reação!!!

Não faz sentido!!!

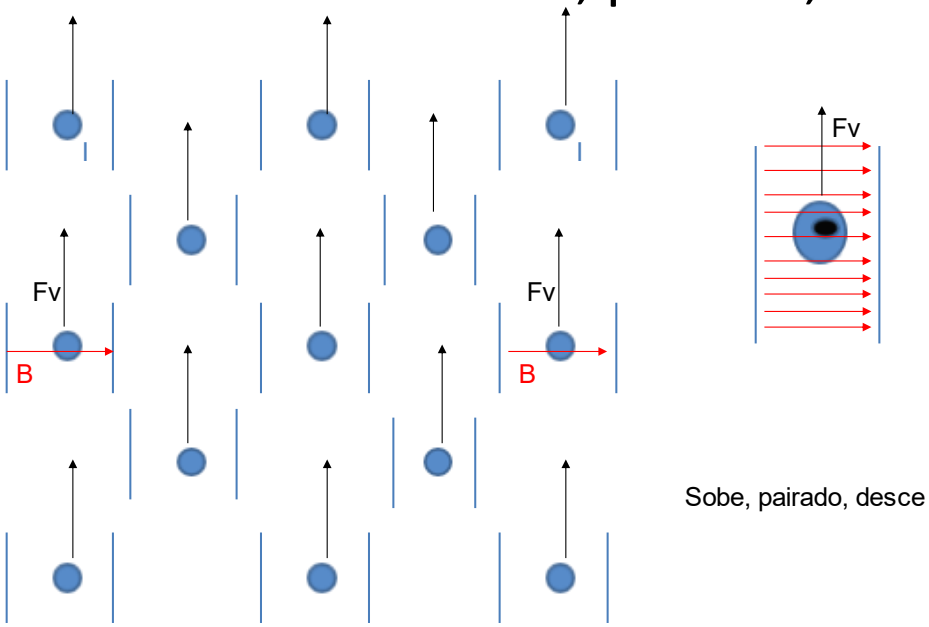
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Campo Magnético costurado e Corrente Elétrica costurada bidirecional; campos magnéticos: norte e sul



Controle Vertical: sobe, pairado, desce

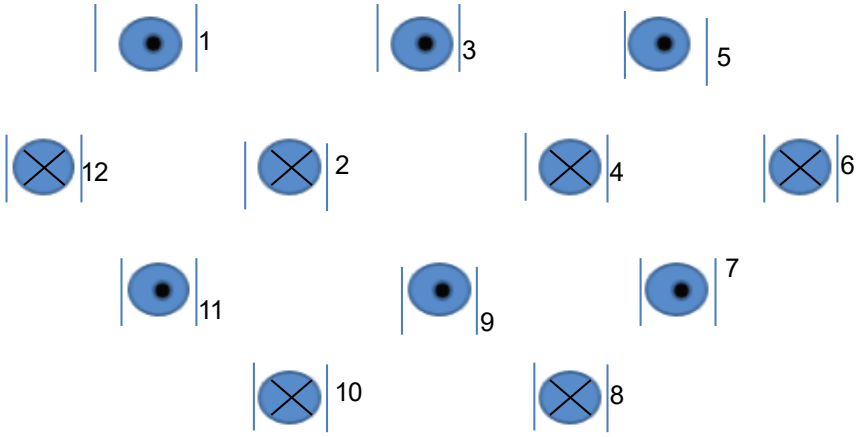


Sobe, pairado, desce

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

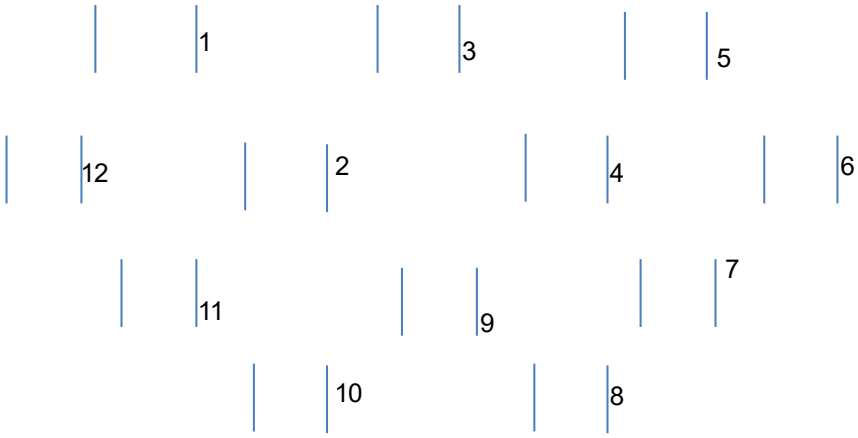
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Cruzeta Magnética em Doze Pólos



F = i*L^B

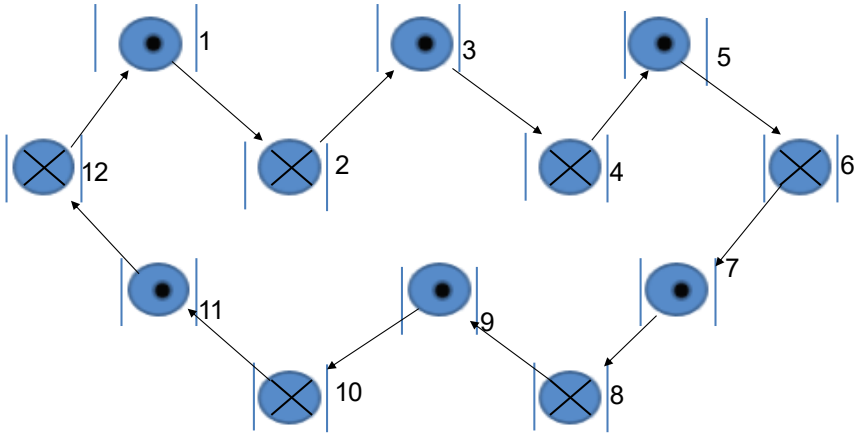
Estrutura de Pólos Magnéticos da Cruzeta em Doze Pares de Imãs



F = i*L^B

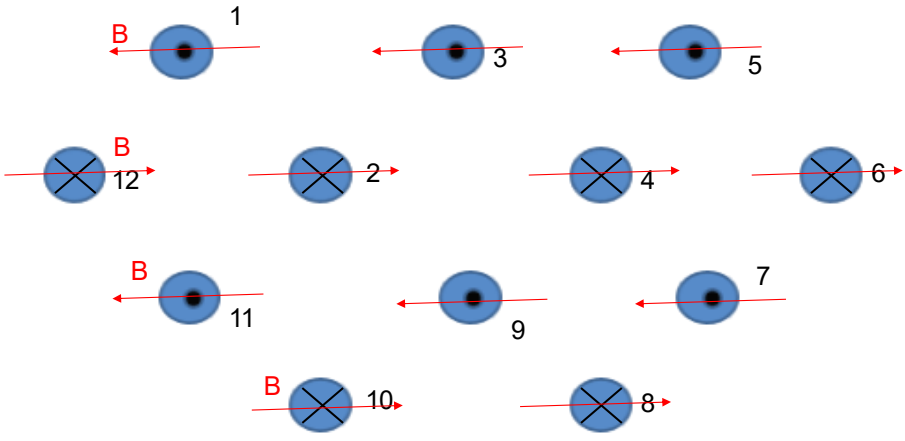
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Retorno da Corrente Elétrica da Cruzeta em Doze Pólos



F = i*L^B

Retorno do Campo Magnético da Cruzeta em Doze Pólos



F = i*L^B

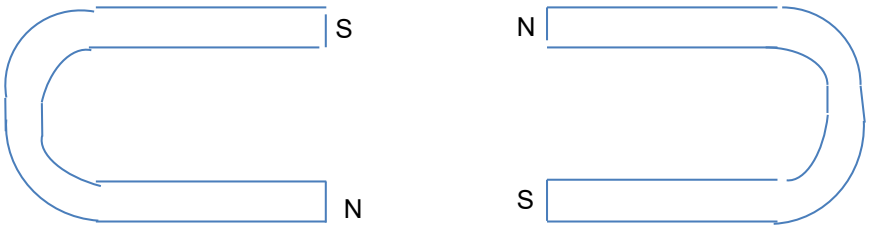
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

A criação de um campo magnético a partir de uma fonte elétrica, gera uma força eletromagnética sobre o condutor elétrico e a criação desta força gera uma força de reação sobre a fonte. Se a fonte possuir sentidos de geração de campo magnéticos opostos, estas forças de reação também possuirão sentidos opostos, o que faz com que as forças de reação se anulem, mas gerem uma rotação. Esta rotação pode ser anulada através de um segundo sistema de rotação invertida.

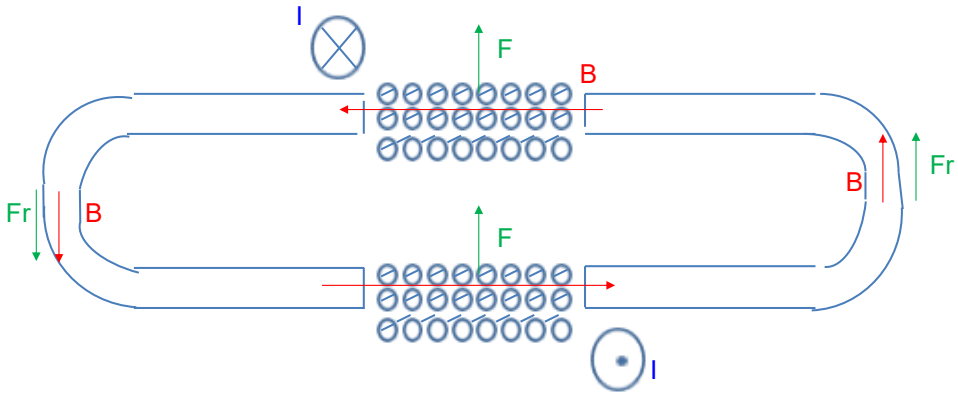
O mesmo princípio ocorre para a utilização de imãs de ferradura. A presença de campos magnéticos invertidos, gera a apresentação de forças de reação também invertidas.

Imã de Ferradura em Par



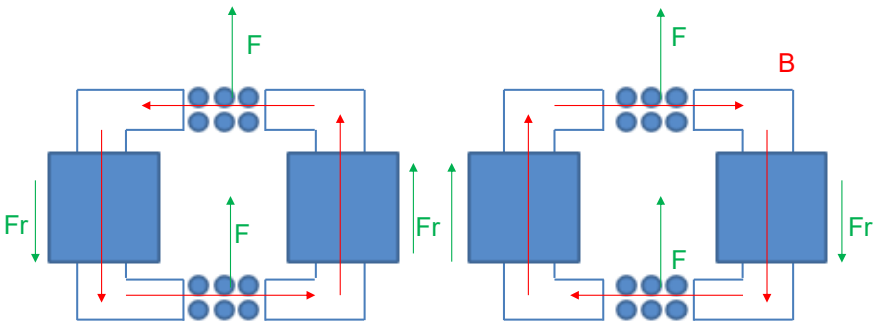
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Imã de Ferradura e Força Eletromagnética



B: Campo Magnético
I: Corrente Elétrica
F: Força Eletromagnética
Fr: Força de Reação

Campo Magnético e Força Eletromagnética



B: Campo Magnétic o
F: Força Eletromagnética
Fr: Força de Reação

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

7) Sistema de Propulsão usando Rotores:

A VBJ Engenharia possui, como uma segunda opção de propulsão, os tradicionais propulsores a base de asas rotativas. Os propulsores baseados em asas rotativas ou rotores operam de acorde com algumas variáveis:

São elas a velocidade de rotação angular, o comprimento do raio do rotor, a densidade da atmosfera, o comprimento da corda, o número de pás em cada rotor, o número de rotores e o coeficiente de sustentação para o voo vertical e o coeficiente de arrasto para ser vencido de acordo com o Torque de Arrasto.

Segue as equações de sustentação e de torque de arrasto:

L(w,R) = ½*rho*(w*R/2)^2*R*b*np*nr*cl

T(w,R) = ½*rho*(w*R/2)^2*R*R/4*b*np*cd

Onde

L = Força de Sustentação

T = Torque de Arrasto

w = velocidade de rotação angular

R = raio do rotor

b = corda da asa

np = número de pás

nr = número de rotores

cl = coeficiente de sustentação

cd = coeficiente de arrasto

Este modelo matemático da força de sustentação e do torque de arrasto são usados para definir o empuxo tanto vertical dos quatro rotores verticais, quanto para definir o empuxo horizontal dos dois rotores horizontais. Ou seja, o empuxo vertical e o empuxo horizontal são baseados nestas duas equações. Este é o mesmo modelo matemático usado pelos helicópteros e pelas aeronaves de asa rotativa e pelos drones.

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

O uso de 4 rotores para voo vertical e 2 rotores para voo horizontal baseados no mesmo modelo matemático e diferentemente do modelo de propulsão eletromagnético, este respeita o princípio de ação e reação que segundo o modelo de propulsão eletromagnético não está de acordo.

Trata-se, portanto, de um princípio matemático e físico aceito mundialmente pela comunidade científica, operacional tanto pelos helicópteros, quanto pelas aeronaves de asa rotativa, quanto pelos drones, diferentemente do princípio de Sistema de Propulsão Eletromagnético projetado pela empresa VBJ Engenharia, que não é aceito pela comunidade científica.

Assim o sistema de propulsão usando rotores gera empuxo vertical com 4 rotores e gera empuxo horizontal com 2 rotores. O controle de quatro rotores verticais é exercido comparando a altitude desejada em relação à altitude real, subindo, pairando ou descendo. E o controle de dois rotores horizontais é exercido comparando a velocidade de voo horizontal desejada em relação com a velocidade real. Este segundo controle também usa os rotores horizontais para acelerar e para frear o voo horizontal, e para definir o ângulo horizontal de voo (direção e sentido).

Assim trata-se de dois modelos: um Sistema de Propulsão usando Rotores; e um segundo, usando um Sistema de Propulsão Eletromagnético. O Sistema de Propulsão Eletromagnético não gera vibração, nem ruído, nem tem efeito solo, e permite voo no espaço, já o Sistema de Propulsão usando Rotores, gera vibração, gera ruído, tem efeito solo e não consegue voar no espaço pois necessita de atmosfera para exercer a sustentação.

Em ambos os modelos, a VBJ Engenharia utiliza um motor Lycoming IO-540 projetado pela parceria entre a Embraer e a Lycoming para a aeronave agrícola Ipanema que utiliza etanol como combustível.

O motor do Ipanema é utilizado para gerar através de um alternador de 300 Hp 2700 rpm uma voltagem de 440 Volts para alimentar a eletricidade de 4 motores trifásico de 40 Hp cada e mais 2 motores trifásico de 10 Hp cada, e com o controle de velocidade e de empuxo através inversores de frequência. Este modelo pode ser usado para alimentar os rotores e para alimentar a propulsão eletromagnética. Em ambos os casos o motor da Lycoming alimenta a propulsão seja através dos rotores ou através do sistema de propulsão eletromagnética, sem a necessidade de usar baterias.

Com este modelo de rotores ou de propulsão eletromagnética e usando 200 litros de etanol no Lycoming IO-540, o sistema trabalha com uma autonomia de 5 horas e um tempo de recarga de etanol de alguns poucos minutos. Muito melhor que o uso de baterias (peso, autonomia e recarga).

Dimensionamento da Moto Voadora

item	quantidade	peso	peso total	unidade
Motor Vertical (40 Hp)	4	211	844	kg
Motor Horizontal (10 Hp)	2	67,2	134,4	kg
Inversor de Frequência Vertical	4	20,5	82	kg
Inversor de Frequência Horizontal	2	20,5	41	kg
Pessoa	2	100	200	kg
Moto	1	200	200	kg
Motor Lycoming	1	199	199	kg
Tanque de Etanol	1	157,8	157,8	kg
Alternador	1	660	660	kg
Servo Motor	3	50	150	kg
Peso do Servo	3	100	300	kg
Rotor Vertical	4	100	400	kg
Rotor Horizontal	2	40	80	kg
Paraquedas	2	20	40	kg
Airbags	2	20	40	kg
Peso Total do Sistema			**3528,2**	**kg**

Força Vertical	**Valor**	**unidade**
R	0,8	m
f	60	Hz
rotação	3600	rpm
w	376,9911184	rad/s
rho	1,013	kg/m^3
b	0,2	m
np	3	unidades
nr	4	unidades
cl	1,6	
cd	0,016	
velocide de ponta de asa	301,5928947	m/s
L (w,R)	**35382,04098**	**N**
L (w,R)	**3610,412345**	**kgf**
T(w,R)	**17,69102049**	**N*m**
T(w,R)	**1,805206173**	**kgf*m**
Aceleração Vertical	**0,22835468**	**m/s^2**
Potência Rotor	40	Hp
Potência Rotor	30000	W
Torque Potência: T(pot)	79,57747155	N*m
Torque Potência: (Tpot)	8,120150158	kgf*m

8) Motores Elétricos Trifásicos para Voo Horizontal (2 motores: um horário outro anti-horário, com inversão de sentido de rotação para exercício de ângulo de guinada, aceleração e frenagem):

A VBJ Engenharia utiliza motores trifásicos, tanto para voo vertical quanto para voo horizontal. No caso do voo horizontal utiliza-se 2 motores trifásicos.

Os dois motores com a mesma rotação um horário e outro anti-horário para realizar o voo para frente. Onde a velocidade máxima é de 100 km/h. O controle do voo horizontal para frente e/ou para trás é exercido utilizando o Controle em Malha Fechada para uma velocidade desejada. Velocidade esta que é executada e monitorada utilizando um tudo de pitot.

Se os dois motores exercerem a mesma rotação, este realiza uma aceleração para frente. Se os dois motores exercem uma mesma rotação, mas com sentido oposto, este realiza uma frenagem ou uma aceleração para trás. E caso os dois motores realizem rotação diferente, ou seja, uma para frente e outra para trás, os motores realizam guinada para o sentido horário ou para o sentido anti-horário.

O maior problema do uso de motores trifásicos de alta potência é o peso. Um motor elétrico de 40 Hp pesa 211 kg e um motor elétrico de 10 Hp pesa 67 kg.

Como o motor elétrico trifásico necessita também de um inversor de frequência para controlar a velocidade, este inversor pesa 20,5 kg.

Ou seja, o peso do conjunto inversor / motor elétrico é bem crítico, onde o peso de 4 motores de 40 Hp mais 2 motores de 10 Hp mais os seis inversores de frequência pesam 1100 kg o que para uma aeronave é bastante peso.

Para que a aeronave não exerça rotação e/ou variação do momento de angular, os dois motores trifásicos horizontais trabalham com rotação inversa, um no sentido horário e outro no sentido anti-horário. E para exercer a mesma aceleração, os rotores trabalham com a mesma velocidade de rotação. Já para exercer a frenagem estes também

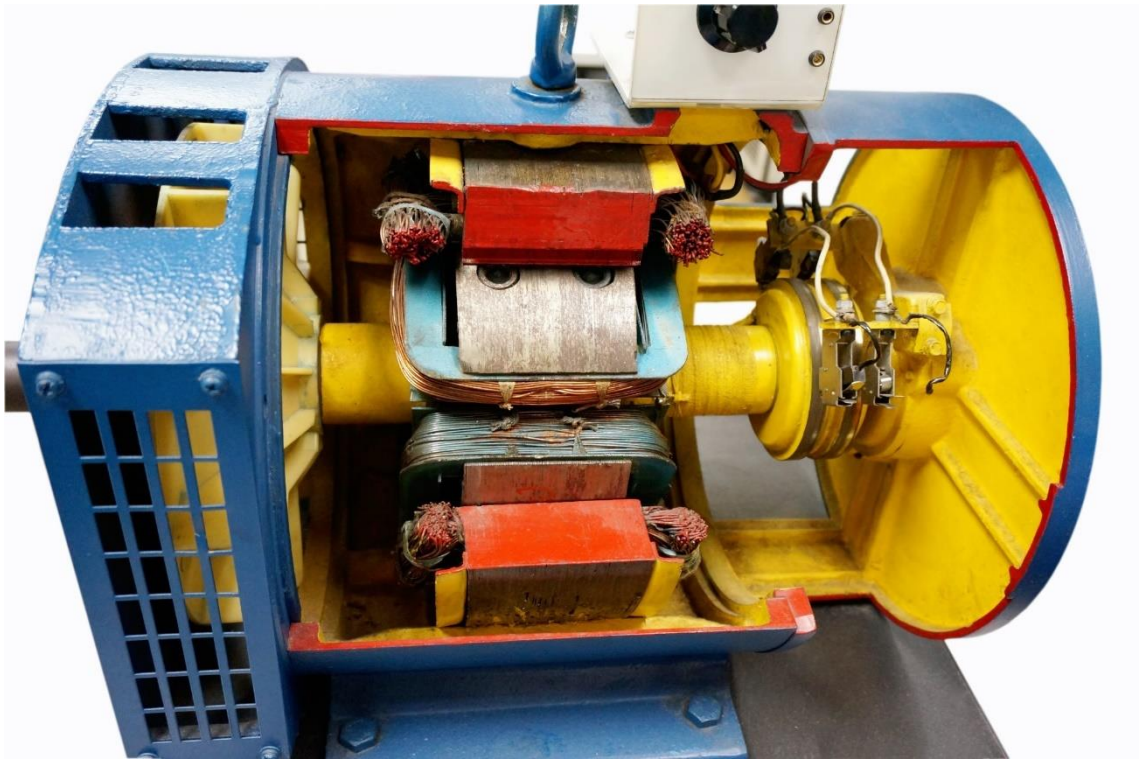
trabalham com a mesma rotação, mas sentidos inversos. E para exercer o voo guinado, os rotores trabalham com o sentido invertido. Ou com menor velocidade de rotação entre um e outro rotor.

Nos 5 casos, o sistema acelera para frente, freia, acelera para trás ou gira para sentido horário ou gira para sentido anti-horário. Em todos os casos executam velocidade desejada em relação com a velocidade real medida pelo tubo de pitot.

´

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

9) Inversores de Frequência trifásicos para Voo Horizontal (2 inversores):

O controle de velocidade dos motores trifásicos para execução do voo horizontal, aceleração, frenagem e guinada, usam o princípio de amperagem trifásica e voltagem de 440 Volts.

Este controle (aceleração, frenagem e guinada) é executado com a variação da frequência em cada um dos dois motores de 10 Hp cada. Ao se exercer a variação da frequência ocorre a variação do empuxo de cada rotor, ou seja, ocorre a equação de empuxo (E) de voo horizontal e a equação de torque de arrasto mecânico (T).

E(w,R) = ½*rho*(w*R/2)^2*R*b*np*nr*cl

T(w,R) = ½*rho*(w*R/2)*R*R/4*b*np*cd

E(w,R) = empuxo horizontal

T(w,R) = torque de arrasto mecânico

rho = densidade da atmosfera

w = velocidade de rotação angular

R = comprimento do raio do rotor

b = comprimento da corda

np = número de pás

nr = número de rotores

cl = coeficiente de sustentação

cd = coeficiente de arrasto

A variação da frequência realizada no inversor de frequência, gera modificação do valor de w (velocidade de rotação angular), que por sua vez, define a variação do empuxo horizontal (E) e do torque de arrasto mecânico (T).

Em ambos os casos, quanto maior for o valor da frequência de trabalho do inversor, maior será o valor do w (velocidade de rotação angular) e consequentemente maior será o valor de E(w,R) e de T(w,R).

É fundamental perceber que os valores de E(w,R) e T(w,R) são limitados pela velocidade máxima de w (velocidade de rotação angular), pois w*R (velocidade de rotação angular vezes o raio) limita a velocidade de ponta de asa, uma vez que a velocidade de ponta de asa mais a velocidade de deslocamento da aeronave precisa ser menor que a velocidade do som, para a velocidade de ponta de asa não vença a barreira do som. Por este motivo a velocidade máxima de voo horizontal da aeronave é de 100 km/h.

Assim os inversores de frequência são fundamentais para o trabalho de rotação dos rotores horizontais e por consequência são fundamentais para o exercício de velocidade da aeronave, da direção e do sentido de voo.

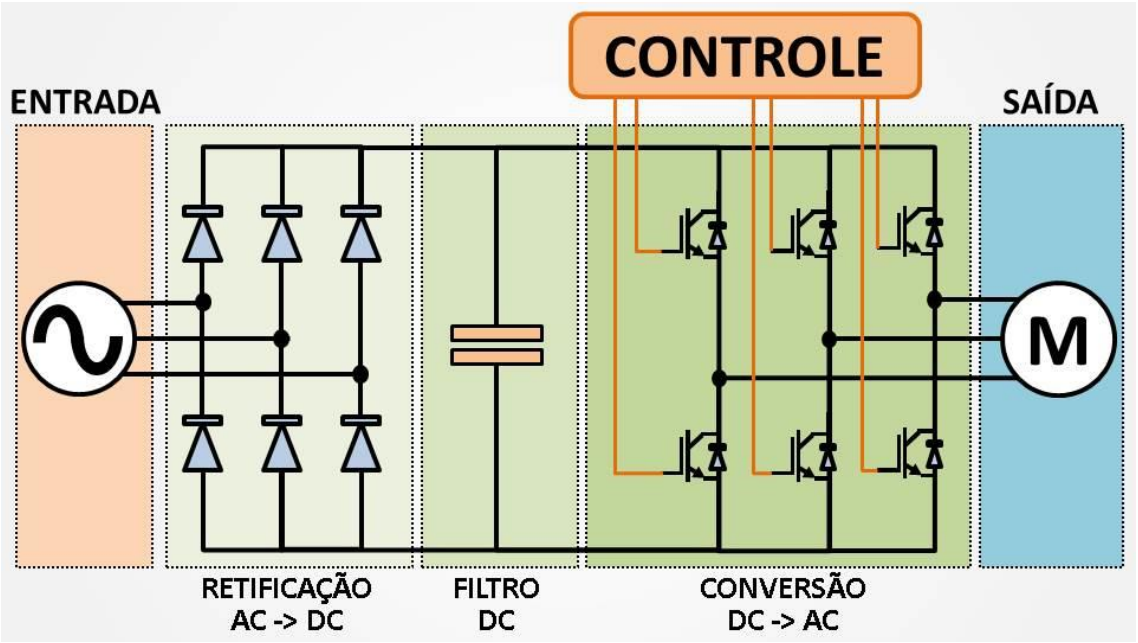
Os inversores de frequência podem trabalhar com a mesma velocidade w acelerando a aeronave, ou podem trabalhar com a mesma velocidade w desacelerando a aeronave, ou podem trabalhar com velocidades distintas gerando a modificação do ângulo de voo (ângulo de guinada). Nos 3 casos o sistema de controle trabalha com o modelo de malha fechada.

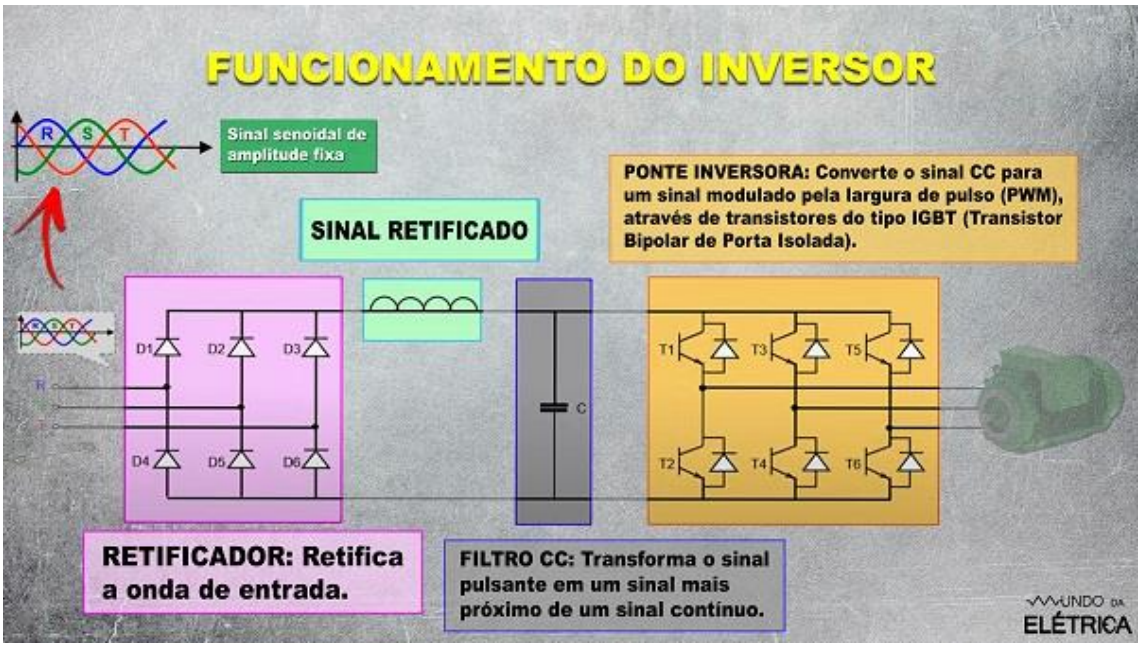
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

10) Motores Elétricos Trifásicos para Voo Vertical (quatro motores eVTOL: dois horários e dois anti-horários):

O sistema de controle vertical do projeto de aeronave eVTOL Motorbike da empresa VBJ Engenharia é baseado em 4 motores e 4 rotores. Motores esses elétricos, trifásicos e com 40 Hp cada um.

Estes motores operam com 3600 rpm e 440 Volts cada um. E estes motores aumentam a velocidade através do aumento de rotação exercidos pelos inversores de frequência trifásico.

O alternador que opera com 300 Hp e 2700 rpm alimenta os motores com 40 Hp e 3600 rpm cada um. Trata-se de 4 rotores que operam de maneira a criar uma estabilidade vertical. Onde o sistema de inclinação é corrigido e estabilizado de acordo com um sistema de malha fechada semelhante a aplicação de um pêndulo.

Os 4 rotores / motores operam de maneira que através de um modelo de malha fechada podem voar a uma altitude desejada e que através de uma altitude real medida gera um erro de altitude e este erro é amplificado de maneira a trabalhar e a atingir a altitude desejada. É importante observar que no caso dos rotores, 2 deles devem operar no sentido horário e outros dois no sentido anti-horário. O rotor da frontal da direita deve ter o mesmo sentido de rotação do motor traseiro esquerdo e o rotor traseiro direito deve ter o memo sentido do rotor frontal da esquerda, isto para garantir a conservação do momento angular.

Para a aplicação do Sistema de Propulsão Eletromagnético (sem rotores), o voo pairado da aeronave com os 4 propulsores é estabilizado com a seguinte equação:

$$Feletr = i*L^B$$

$$4*i*L^B = m*g$$

$$i\_pairado = m*g/(4*L^B)$$

Feletr = Força Eletromagnética

i = corrente elétrica

L = comprimento do condutor

B = campo magnético

m = massa do sistema

g = aceleração da gravidade

i_pairado = intensidade de corrente para voo pairado

Voo vertical para cima: i > m*g/(4*L^B)

Voo vertical para baixo: i < m*g/(4*L^B)

Os 4 rotores verticais devem trabalhar com a mesma intensidade de corrente elétrica de maneira a fazer com que todos executem um voo vertical de mesma intensidade, criando um voo vertical estabilizado.

A proposta de operação vertical é exercer uma frequência elétrica igual para todos os 4 rotores / motores. De maneira que se mantenham estáveis no voo vertical, pairado, ou para cima ou para baixo.

Isto significa que o sistema de malha fechada usa um único altímetro para o sistema completo e um mesmo valor de frequência que é alimentada pelos inversores de frequência, para criar o voo vertical como desejado.

Ou seja, se a corrente dos propulsores (no Sistema de Propulsão Eletromagnético) for maior que o valor da corrente de voo pairado, o sistema executa um voo vertical para cima. Enquanto se a corrente dos motores for menor que o valor da corrente de voo pairado, o sistema executa um voo vertical para baixo.

Já no sistema baseado em rotação de frequência do inversor, a intensidade de força do motor é maior se a frequência de trabalho de saída do inversor de frequência gerar uma força eletromagnética maior que o peso. Ou seja:

Força de Sustentação:

L(w,R) = ½*rho*(w^2*R^2)/4*R*b*np*cl*nr

Voo vertical pairado: ½*rho*(w^2*R^2)/4*R*b*np*cl*nr = m*g

Voo vertical para cima: ½*rho*(w^2*R^2)/4*R*b*np*cl*nr > m*g

Voo vertical para baixo: ½*rho*(w^2*R^2)/4*R*b*np*cl*nr < m*g

rho = densidade da atmosfera

w = velocidade de rotação dos motores

R = raio dos rotores

b = comprimento da corda dos rotores

np = número de pás de cada rotor

nr = número de rotores

cl = coeficiente de sustentação

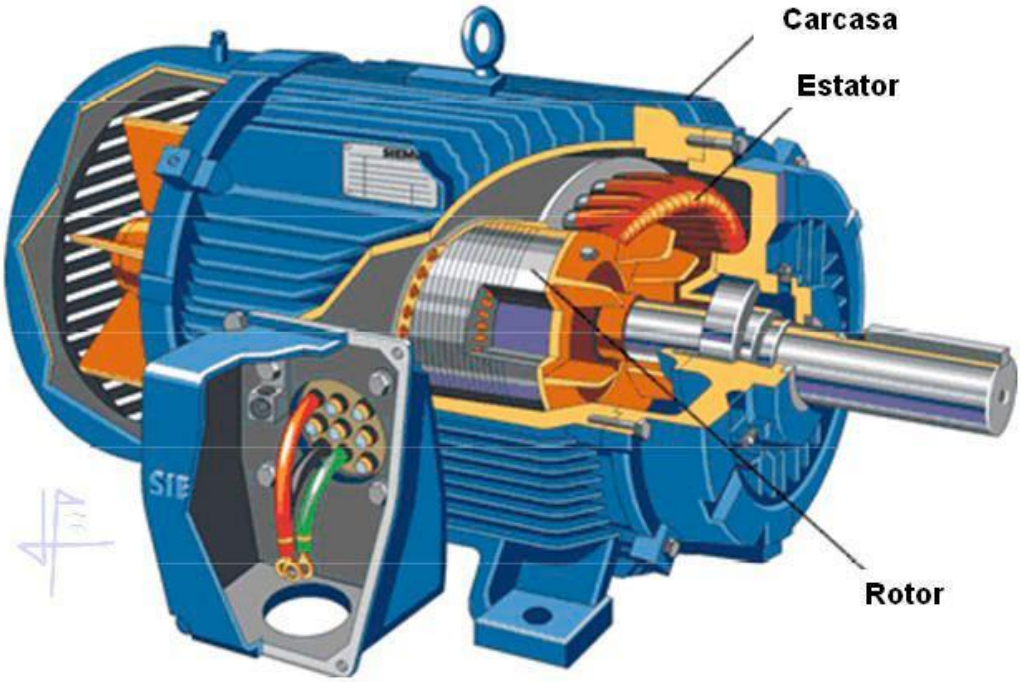
m = massa do sistema

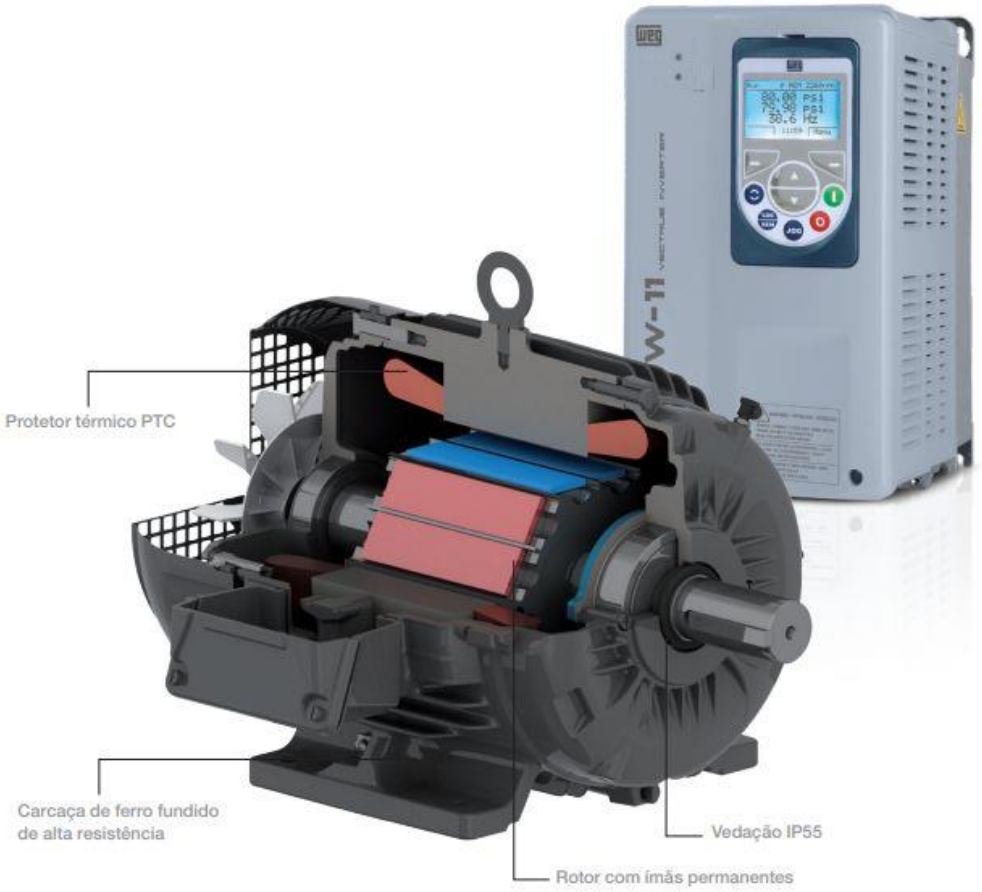
g = aceleração da gravidade

L(w,R) = força de sustentação

De maneira que o valor da velocidade de rotação do inversor de frequência é quem define o voo pairado, ou o voo para cima, ou o voo para baixo. E no caso do sistema de propulsão eletromagnético quem define o voo pairado, ou o voo para cima ou o voo para baixo é o valor da corrente elétrica que paira sobre o propulsor.

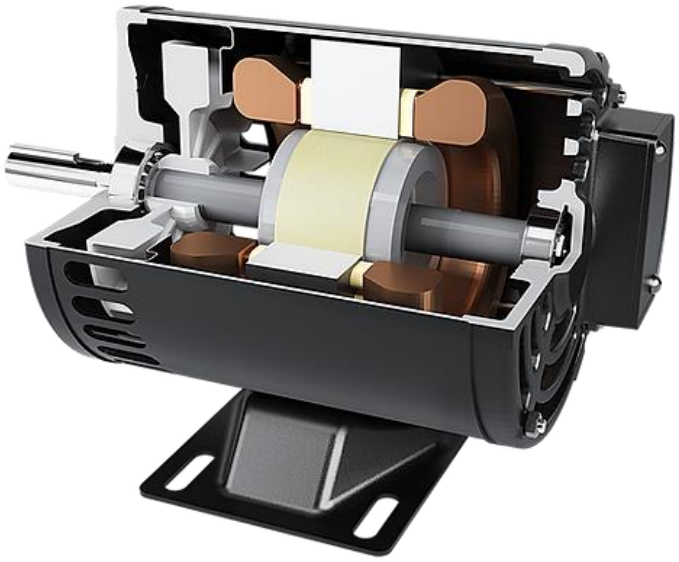
Ou seja, num primeiro caso (Sistema de Propulsão Eletromagnético) quem define o voo vertical é a corrente elétrica (i) e no segundo caso (Sistema com Rotores) quem define o voo vertical é a velocidade de rotação do inversor (w).





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

11) Inversores de Frequência trifásicos para Voo Vertical (4 inversores):

A proposta de operação do voo vertical é utilizar motores trifásicos e controlar a velocidade de subida de forma que a velocidade de rotação gere uma força de sustentação maior que o peso do sistema. São 4 rotores que, com velocidade de rotação ao quadrado, geram uma força de sustentação maior que a multiplicação da massa vezes a aceleração da gravidade.

Força de Sustentação:

L(w,R) = ½*rho*(w^2*R^2)/4*R*b*np*cl*nr

Voo vertical pairado: ½*rho*(w^2*R^2)/4*R*b*np*cl*nr = m*g

Voo vertical para cima: ½*rho*(w^2*R^2)/4*R*b*np*cl*nr > m*g

Voo vertical para baixo: ½*rho*(w^2*R^2)/4*R*b*np*cl*nr < m*g

rho = densidade da atmosfera

w = velocidade de rotação dos motores

R = raio dos rotores

b = comprimento da corda dos rotores

np = número de pás de cada rotor

nr = número de rotores

cl = coeficiente de sustentação

m = massa do sistema

g = aceleração da gravidade

L(w,R) = força de sustentação

A força de sustentação produzida pela velocidade de rotação dos rotores, impulsionam a aeronave para cima. Esta força é tão maior quanto maior for a velocidade de rotação, maior for o raio do rotor, maior for o comprimento da corda do rotor, maior for o número de pás, maior for o número de rotores e quanto maior for o coeficiente de sustentação das asas dos rotores. Este coeficiente de sustentação depende do perfil aerodinâmico das asas e do ângulo de ataque da asa rotativa. O sistema trabalha com ângulo de ataque das asas rotativas com valor fixo.

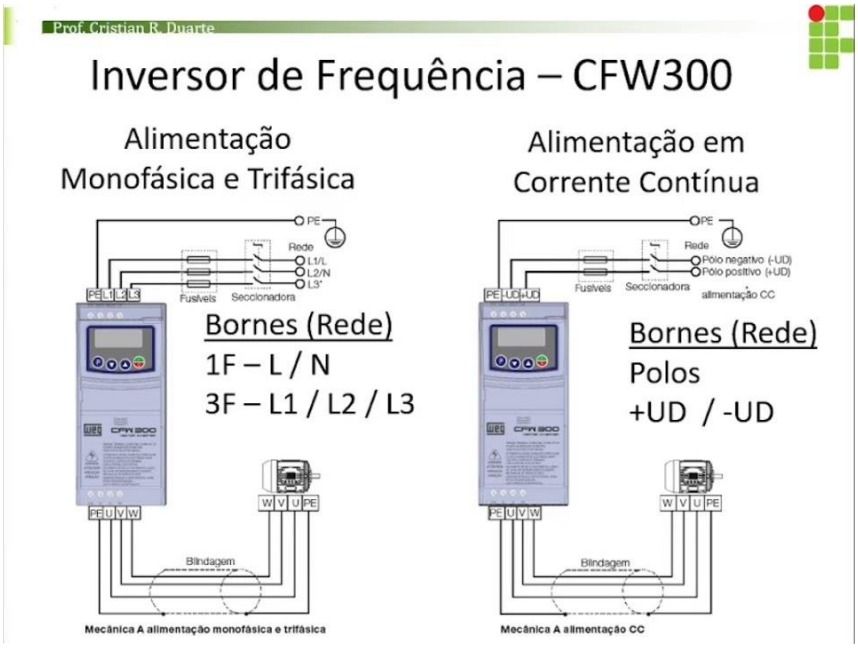
A aeronave voa pairado de acordo com a velocidade de rotação que gere este equilíbrio de voo. A aeronave voa para cima, com velocidade de rotação maior que a velocidade do voo pairado. E a aeronave voa para baixo, com velocidade de rotação menor que a velocidade de voo pairado.

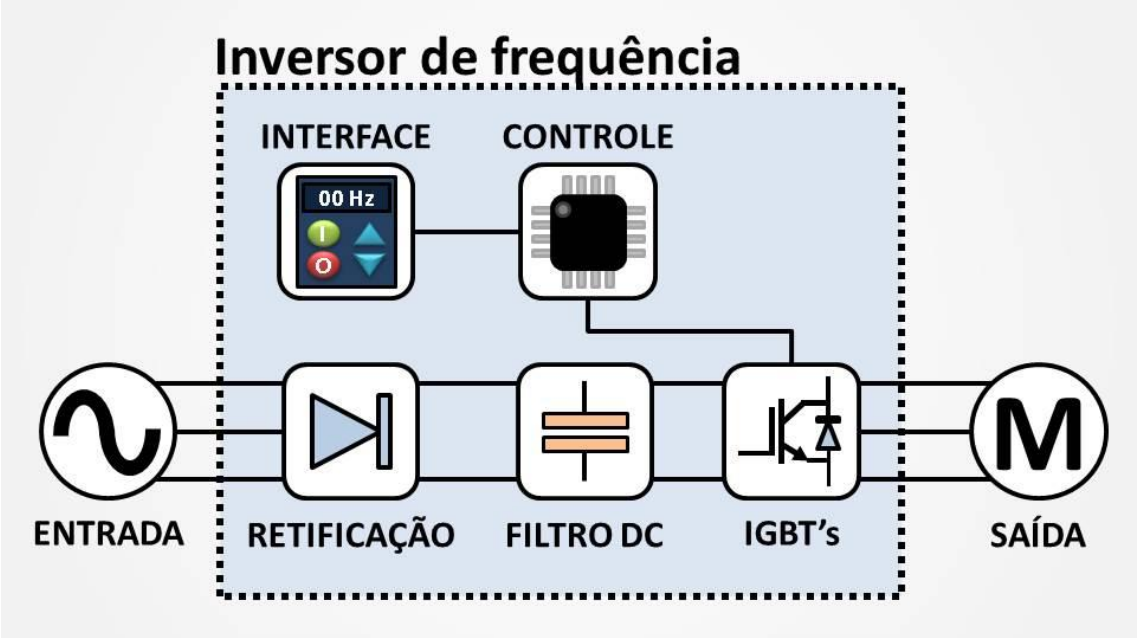
Desta forma, os 4 rotores, que trabalham com uma mesma velocidade de rotação de voo, gerando voo para cima, pairado e/ou para baixo. O controle de voo vertical é executado com um sistema de malha fechada, que define uma altitude desejada em comparação com a altitude real de trabalho. A diferença entre a altitude real e a altitude desejada, gera um erro que ao ser multiplicado por uma constante (K) define a rotação de controle (frequência do inversor). Esta frequência estabelece o valor para execução da altitude real para o exercício de subida, de voo pairado e/ou de voo de descida.

Ou seja, os 4 rotores / motores trabalham com a mesma velocidade de rotação alimentada pelos inversores de frequência. A proposta é utilizar 4 inversores de frequência cada um deles responsáveis pela alimentação de cada um dos 4 motores elétricos de 40 Hp e 3600 rpm. Os inversores de frequência de 40 Hp pesam em torno de 20,5 kg cada um e os motores de 40 Hp pesam em torno de 211 kg cada um. Os 4 rotores de 40 Hp cada um estabelecem um peso máximo de decolagem de 3610 kg e permitem uma carga de trabalho útil de 200 kg (ou duas pessoas de 100 kg cada uma). Com uma autonomia de voo de 5 horas usando 200 litros de etanol como combustível no motor Lycoming IO-540 (que trabalha com 300 Hp e 2700 rpm), este motor Lycoming trabalha como um gerador alimentando um alternador que alimenta os 4 motores elétricos de 40 Hp cada responsáveis

pelo voo vertical. Este alternador também alimenta os dois motores horizontais de 10 Hp cada.

O aumento ou a diminuição da frequência de trabalho dos inversores estabelece a intensidade das forças de empuxo vertical. Ou seja, aumentando ou diminuindo a frequência de trabalho dos inversores, aumenta ou diminui a altitude de voo do sistema.





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

12) Uso de Alternador (440 V 300 Hp):

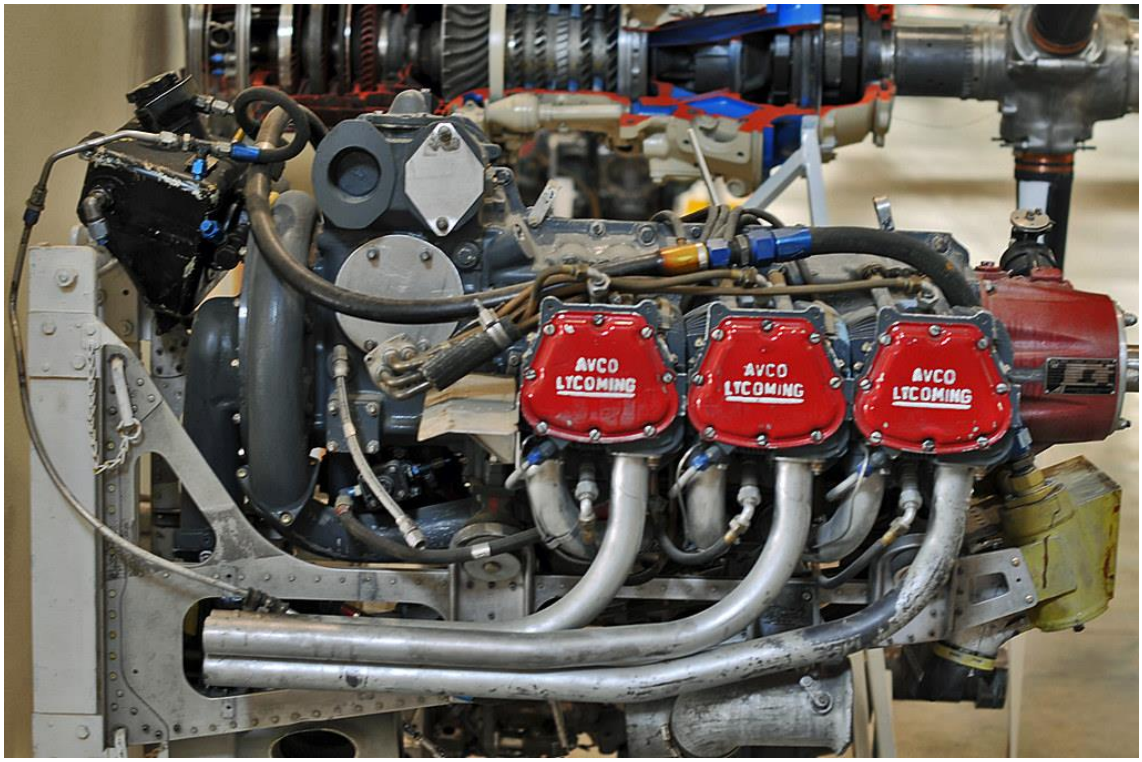
O projeto da VBJ Engenharia não usa baterias: as baterias são muito pesadas, tem autonomia muito baixa e tempo de recarga muito elevado. Ao invés de usar baterias, nós usamos um alternador na saída do motor Lycoming IO-540.

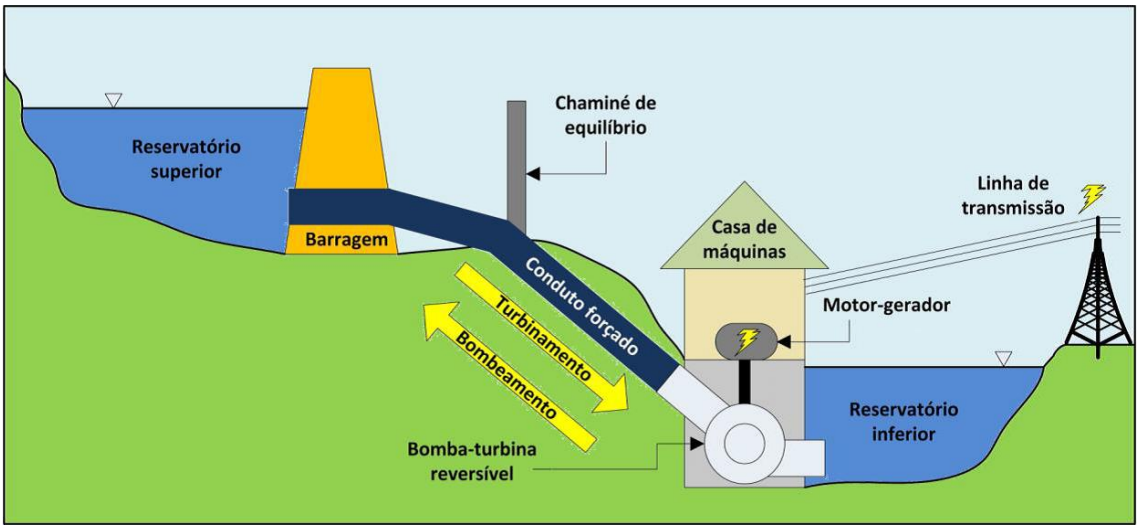
Por exemplo a autonomia de um sistema que usa bateria opera com cerca de 15 minutos de voo. E enquanto com 200 litros de etanol, o Lycoming IO-540 (300 Hp, 2700 rpm) trabalha com 5 horas. É uma diferença enorme. O alternador da saída do Lycoming opera com 440 Volts.

Outra vantagem do Lycoming IO-540 é o tempo de recarga de combustível. Ao carregar o combustível de etanol, o tempo desta recarga é bem baixo, entorno de 10 minutos. E o tempo de recarga das baterias trabalha com algumas horas.

E o terceiro aspecto: peso; uma bateria de 12 Vcc 200 Ah pesa cerca de 55 kg. E o peso dos 200 litros de etanol trabalha com 157 kg e o peso do motor Lycoming é de 199 kg. Ou seja, peso de aproximadamente 6 baterias de 200 Ah, totalizando 330 kg das baterias em comparação com 356 kg Lycoming. O que significa que 6 baterias trabalham com o equivalente a 200 litros de peso de etanol em temos de peso, mas em termos de potência, o etanol opera com 300 Hp durante 5 horas e as baterias trabalham com uma hora com potência de 14400 W 19,2 Hp. Isto mostra que a operação com bateria é totalmente inviável quando comparada com a operação usando etanol.

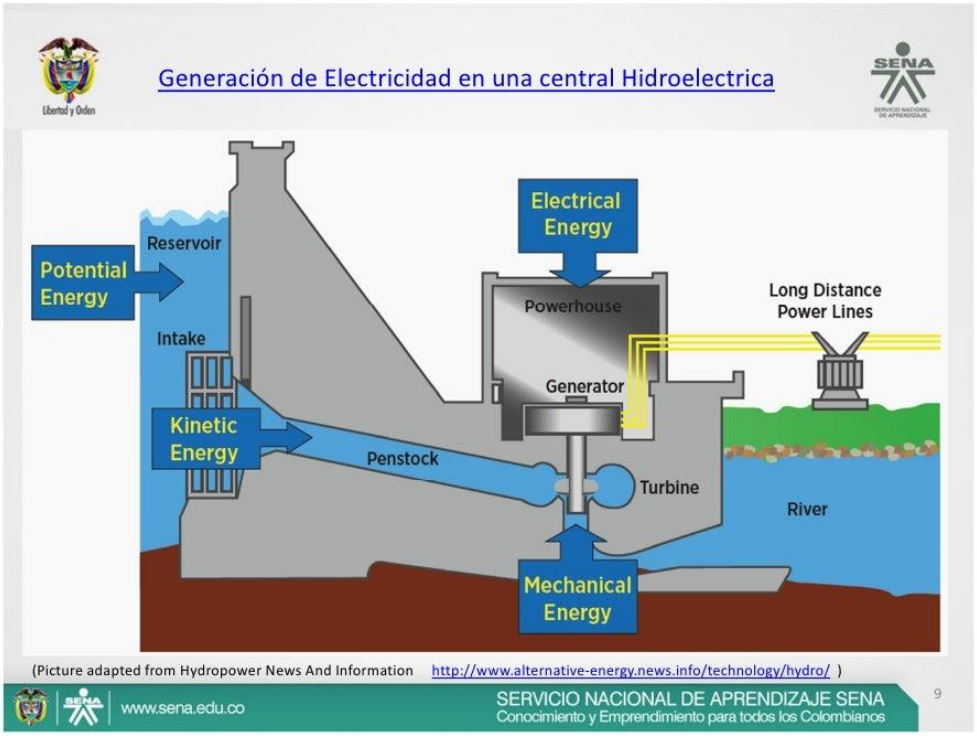
Sem contar que para recarregar as baterias, é necessário usar carvão ou diesel, ou querosene, ou gasolina. O que faz com que a matriz energética seja composta de combustível fóssil (principalmente na Europa); No Brasil a matriz energética é melhor, pois é formada por usinas hidrelétricas, solar e eólica. Sem usar carvão nem combustível fóssil.


AVCO
LYCOMING
AVCO
LYCOMING
AVCO
LYCOMING



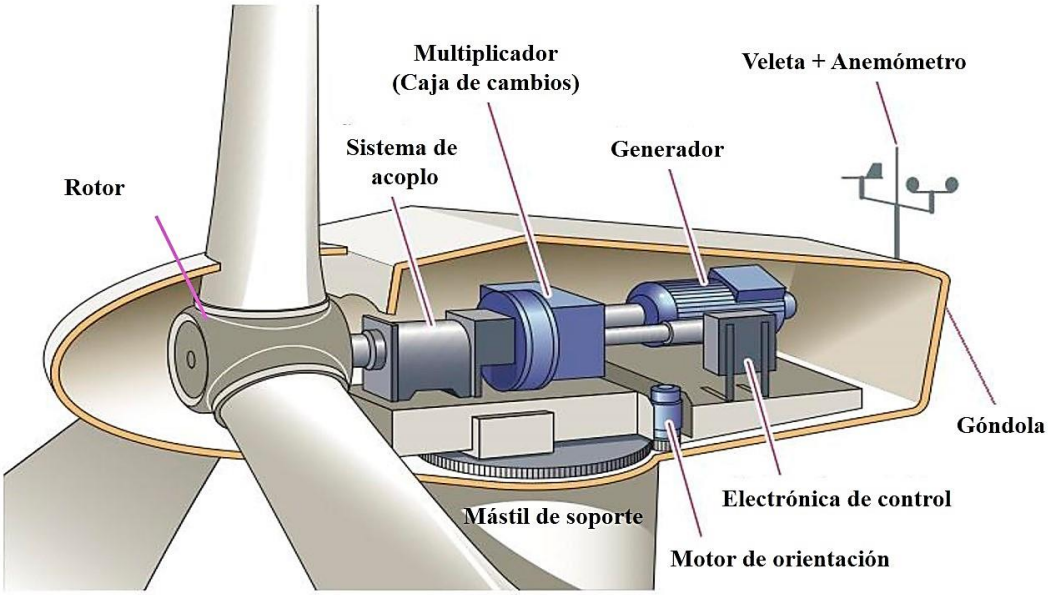
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

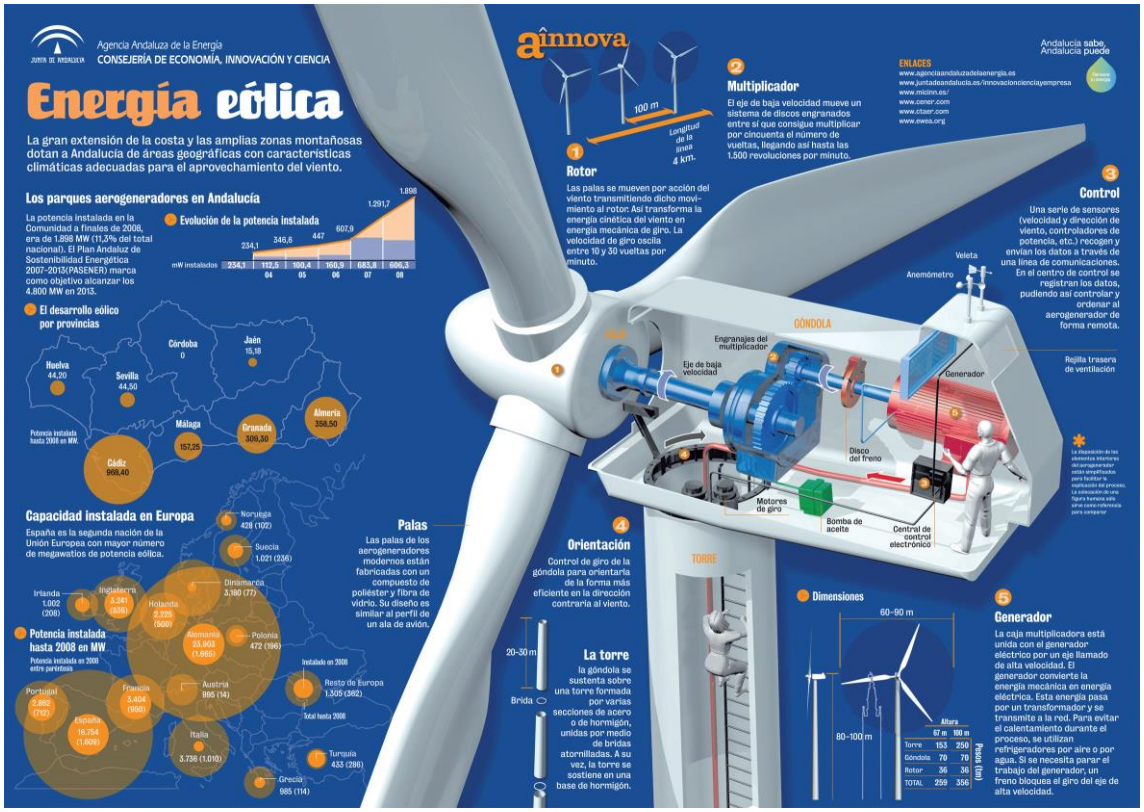


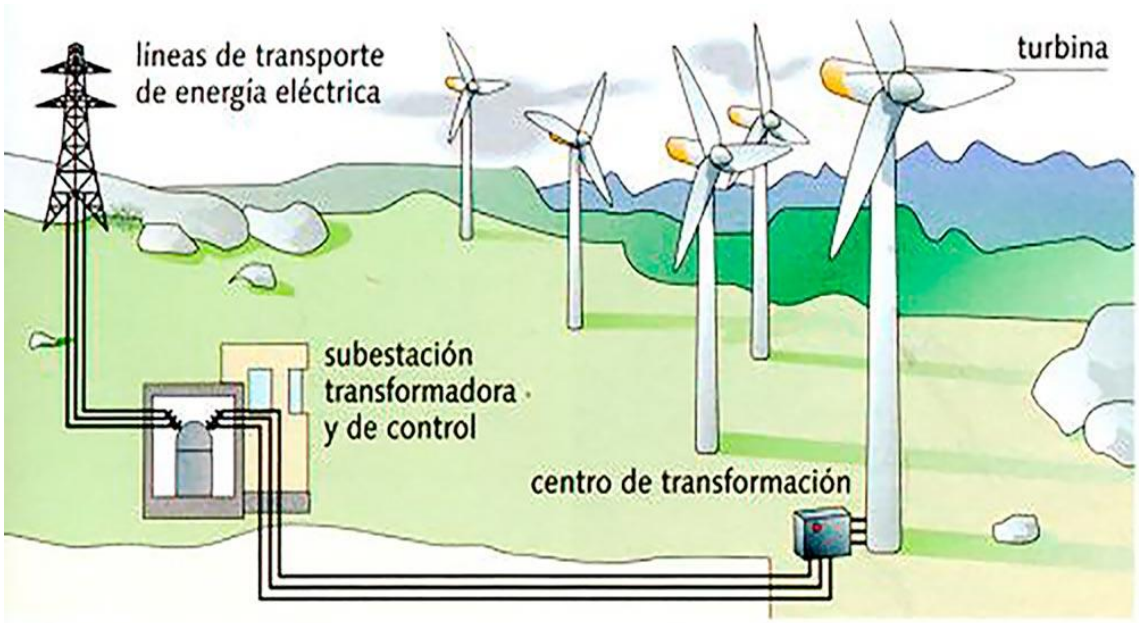
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

13) Peso do Alternador:

A relação peso/potência do alternador trabalha, em relação com o peso/ potência da bateria, com uma potência 300 Hp ou 225 kW; e com uma condição energética da bateria de 14400 Wh (para 6 baterias de 12 Volts e 200 Ah cada uma; cada bateria destas pesam 55 kg). Para um motor Lycoming a potência útil é de 225 kW por 356 quilogramas (do motor 199 kg; e do combustível 157 kg). Deve-se também considerar o peso do alternador (de 300 Hp e 440 Volts em torno de 660 kg), isto significa uma relação Peso Potência do alternador de 221,4 W/kg ou uma condição energética de 1107 Wh/kg (para 5 horas de autonomia); e para as baterias uma condição energética de 43,6 Wh/kg (para uma hora de autonomia).

Ou seja, o uso do Motor Lycoming IO-540 opera com uma relação peso potência 5 vezes maior quando comparado a um conjunto de baterias de peso semelhante; e com uma condição energética 25 vezes maior que a energia de uma bateria com pesos equivalentes, onde pode ser considerado o peso de 330 kg para 6 baterias e 356 kg para o conjunto combustível e motor; neste cálculo deve ser considerado também o peso do alternador de 660 kg. Além disso, deve ser levado em conta também a autonomia do motor a etanol de 5 horas (usando 200 litros de etanol) em relação a uma autonomia de 10 minutos para o uso de seis baterias em paralelo (200 Ah/1200 A).

Um alternador de 300 Hp (225 kW) e 440 Volts é a peça mais pesada presente no Sistema de Geração de Energia. É através deste conjunto (motor Lycoming IO-540 a etanol, combustível etanol e alternador) que se gera energia elétrica suficiente para aplicar nos 4 motores verticais trifásicos (de 40 Hp cada) e para aplicar nos 2 motores horizontais trifásicos (de 10 Hp cada).

O alternador opera de maneira a gerar voltagem trifásica de acordo com a variação do fluxo magnético do motor no alternador.

$V = - d/dt(phi)$

$phi = B*N*S*sen(w*t)$

$V = - B*N*S*w*cos(w*t)$

V = voltagem

phi = fluxo magnético

B = densidade do campo magnético

N = número de voltas da fiação elétrica do alternador

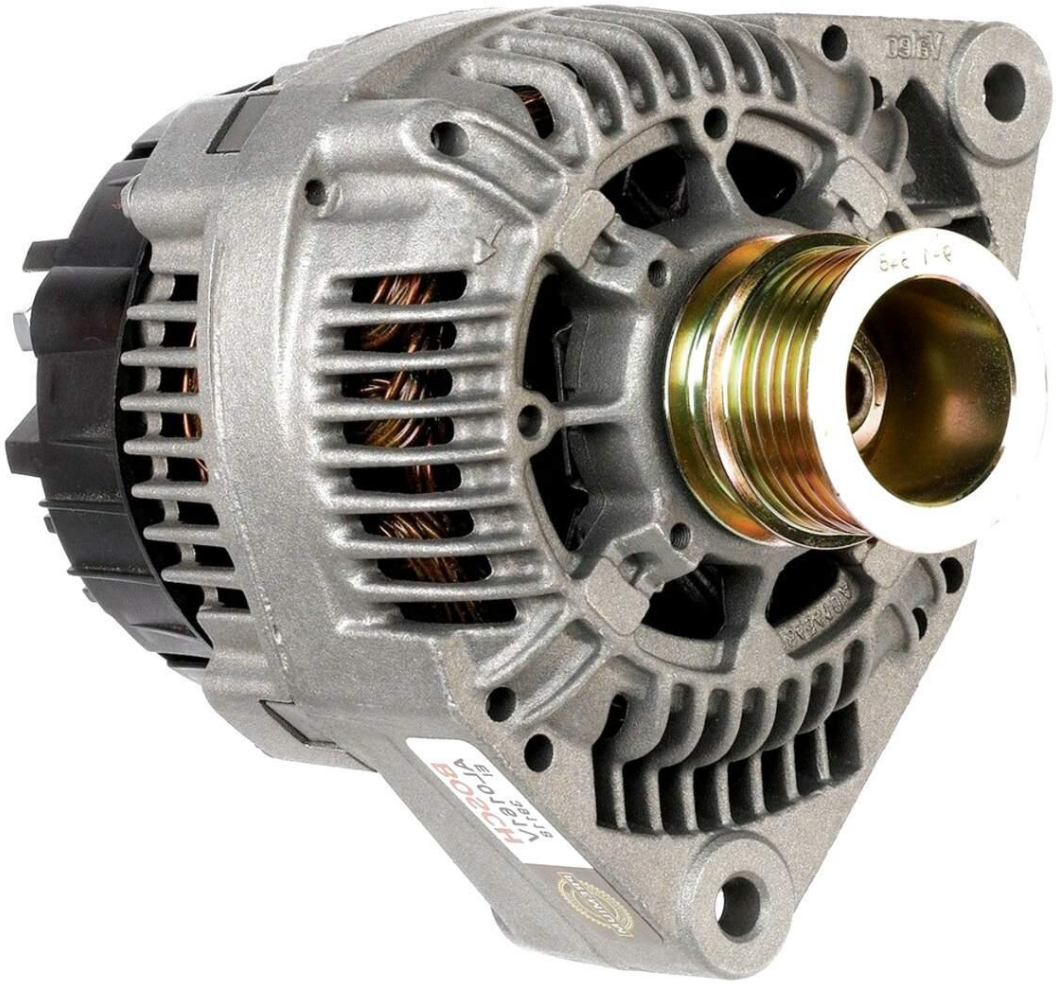
S = área do fluxo magnético no alternador

w = velocidade de rotação de giro do alternador

t = tempo

d/dt = (derivada no tempo)

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

14) Uso de Baterias Elétricas:

O uso de baterias tem sido a melhor escolha para implementar carros eVTOL (Aeronaves Elétricas com capacidade para Decolagem e Pouso na Vertical). Infelizmente o uso de baterias tem 3 grandes restrições: são muito pesadas, tem baixa autonomia e tempo de recarga muito grande.

Para um sistema que usa baterias, em comparação com um sistema que usa etanol e alternador, este pesa 1016 kg (199 kg do motor Lycoming IO-540, 157 kg de etanol para 200 litros e 660 kg do alternador de 300 Hp e 2700 rpm). Em comparação com um Sistema de baterias com 19 unidades (19 baterias de 12 Vcc e 200 Ah) que totaliza um peso de 1045 kg.

Os 1045 kg de baterias têm peso bem próximo dos 1016 kg do conjunto motor, etanol e alternador. O conjunto de 19 baterias opera com 45600 Wh (2400 Wh para cada bateria) e o conjunto do Alternador trabalha com 225 kW durante 5 horas o que significa 1125 kWh, definindo uma relação de energia de 24,6 vezes maior ou uma relação de 4,9 vezes maior de potência.

Isto demonstra que o uso de baterias possui uma relação peso potência bem menos eficaz que a relação peso potência ou energética do motor a combustível, mais especificamente em relação ao uso do etanol.

Sem contar que a matriz energética no mundo para alimentar a eletricidade das baterias necessita de combustível fóssil tais como carvão, diesel, avigás, gasolina e/ou gás gerando poluição e emissão de gás carbônico (CO2 do efeito estufa), principalmente na Europa. No Brasil a matriz energética não é tão poluidora, pois geramos energia elétrica a partir de usinas hidrelétrica, solar e eólica.

Ou seja, a matriz energética no Brasil permite o uso de energia limpa para alimentar o conjunto de baterias para serem alimentadas para o uso de veículos terrestres, náuticos e aéreos. O que significa uma opção razoável para o uso de eletricidade. Contudo as condições de peso, autonomia e recarga ainda são bem ineficientes.

Um carro elétrico necessita de 4 horas de recarga para se deslocar durante 40 minutos usando eletricidade das baterias (200 Ah/300 A). Ou seja, uma autonomia bem baixa em relação ao deslocamento útil. A opção do veículo híbrido tem sido usada devido a estas restrições.

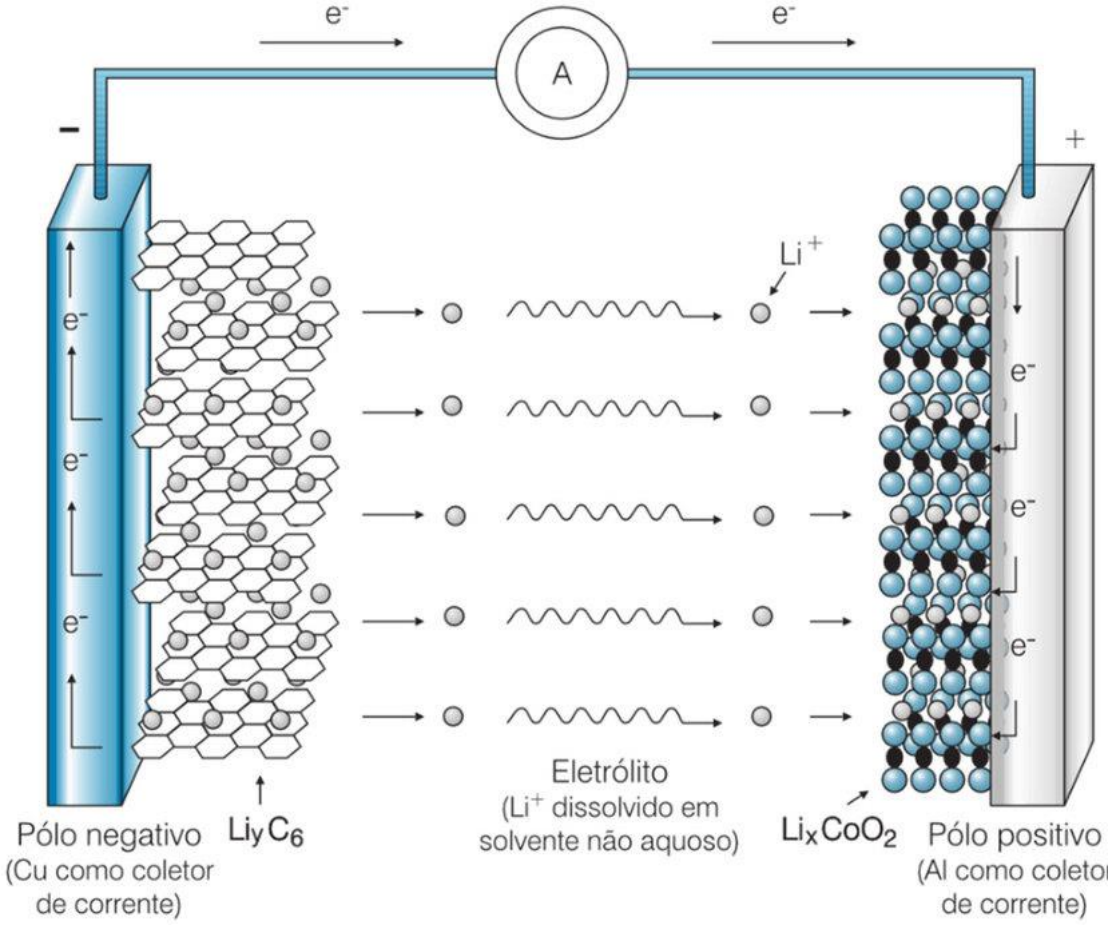
Já uma aeronave eVTOL trabalha com uma autonomia de apenas 10 a 15 minutos. Para uma recarga bastante demorada.

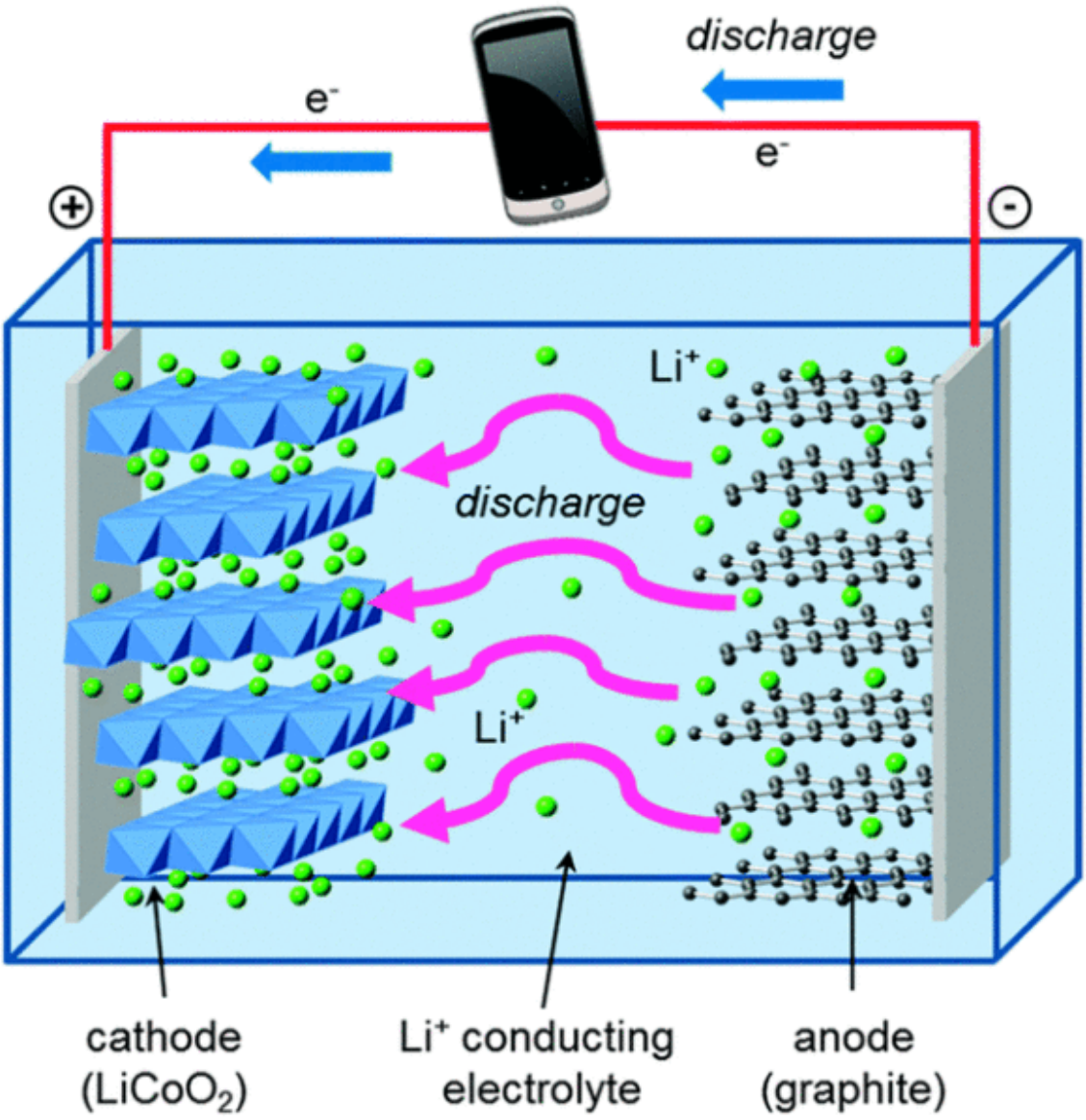
As principais baterias usadas atualmente nas aeronaves eVTOL e nos veículos elétricos são as baterias de íon de lítio. Existem hoje muitos estudos de pesquisa implementando outros tipos de baterias com outros materiais, como por exemplo as baterias de grafeno, mas ainda sem resultados concretos.

A aposta dos pesquisadores no setor de baterias é encontrar e desenvolver baterias melhores que as baterias de íon de lítio. Melhores nestes 3 aspectos restritivos: peso, autonomia e tempo de recarga, sem considerar um quarto aspecto chamado efeito não poluidor, sem gerar efeito estufa.

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

BATERIA LITHIUM ION
12 VOLTS
280Ah
energy source
INSTRUÇÃO DE USO
PROTEÇÃO ELETRÔNICA CONTRA CURTO-CIRCUITO
SERIAL Nº:


e⁻
e⁻
A
−
+
Li⁺
e⁻
e⁻
e⁻
e⁻
e⁻
e⁻
Pólo negativo
(Cu como coletor
de corrente)
LiyC6
Eletrólito
(Li⁺ dissolvido em
solvente não aquoso)
LixCoO2
Pólo positivo
(Al como coletor
de corrente)



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

15) Peso das Baterias:

A energia específica (Wh/kg) e a potência específica (W/Kg) de uma bateria são medidas importantes que auxiliam na melhor escolha de uma bateria de acordo com uma aplicação ou projeto específico.

Energia específica

A energia específica (Wh/kg) é a quantidade de energia que uma bateria contém em relação ao seu peso. Desta maneira quanto maior este valor, maior será a autonomia da bateria.
A energia de uma bateria é medida em watts-hora (watts por hora, o equivalente a usar um watt por uma hora). Logo, a energia específica de uma bateria é obtida ao dividir o watt-hora (Wh) pelo seu peso em quilogramas (kg), ou seja, a razão (Wh/Kg).

Quais são os benefícios de usar baterias com alta energia específica?

Baterias com alta energia específica transformaram o mundo ao nosso redor. Com mais energia, podemos colocar as baterias em espaços menores. Isso permite que os telefones, laptops, fones de ouvido e os diversos dispositivos alimentados por bateria tenha uma longa duração.

Qual bateria atualmente tem a maior energia específica?

Todos os tipos de baterias apresentam um certo valor de energia específica, entretanto, as baterias de lítio-íon se destacam quando se trata de alto valor de energia especifica.

A energia específica das principais baterias recarregáveis são:

- Bateria de chumbo-ácido

A energia específica varia entre 30-50 Wh/kg

- Bateria de níquel-cádmio

A energia específica varia entre 45-80 Wh/kg

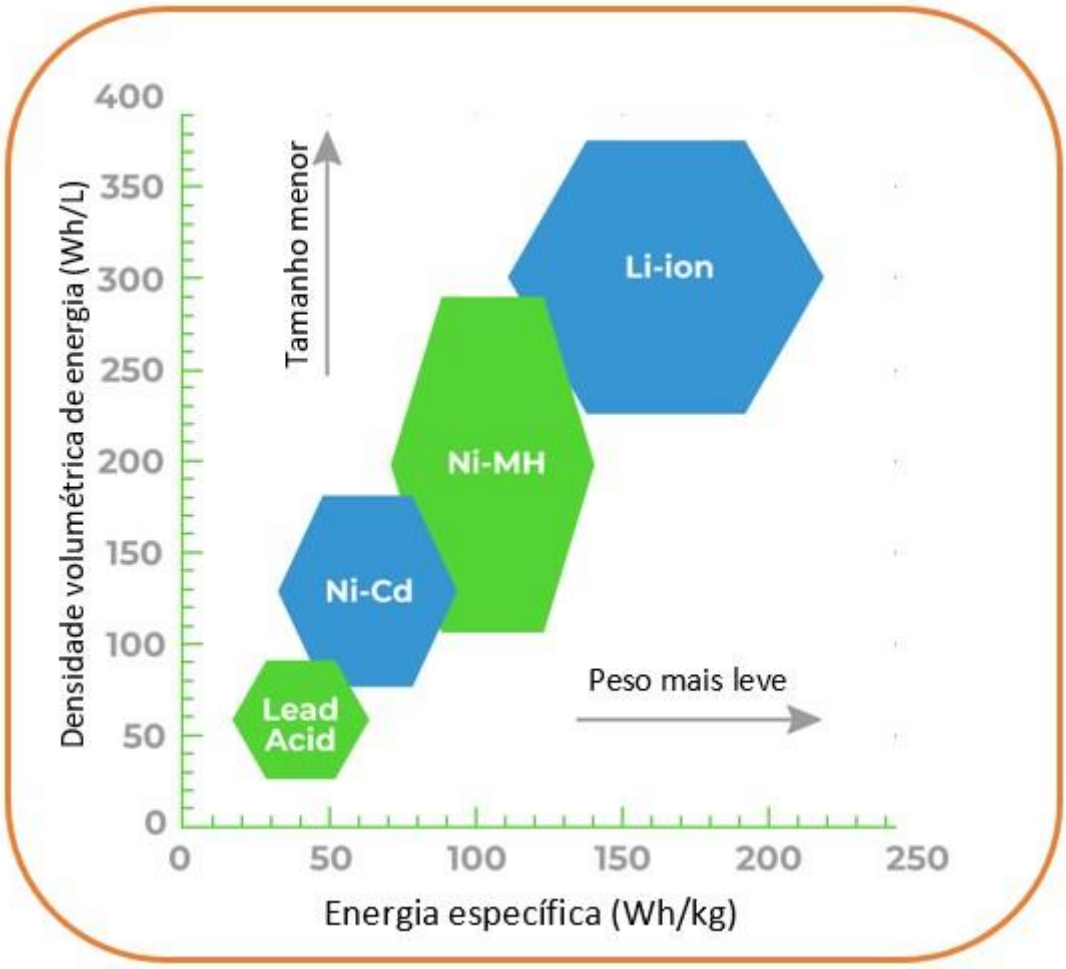
- Bateria de níquel-metal-hidreto

A energia específica varia entre 60-120 Wh/kg

- Bateria de lítio íon

A energia específica varia entre 50-260 Wh/kg

O gráfico a seguir compara os principais valores de energia específica para as baterias de chumbo ácido, níquel-cadmio, níquel metal hidreto e lítio-íon respectivamente.



A energia específica das principais baterias de lítio-íon

A bateria de óxido de lítio níquel cobalto alumínio (NCA) é uma das baterias que oferece maior valor de energia específica (entre 200 e 260), esta bateria existe desde 1999 e é mais comumente utilizada em aplicações especiais.

Seguindo a lista, as baterias de óxido de lítio níquel manganês cobalto (NMC) e de óxido lítio cobalto (LCO) possuem uma energia específica, com valores entre 150 e 220 Wh/Kg.

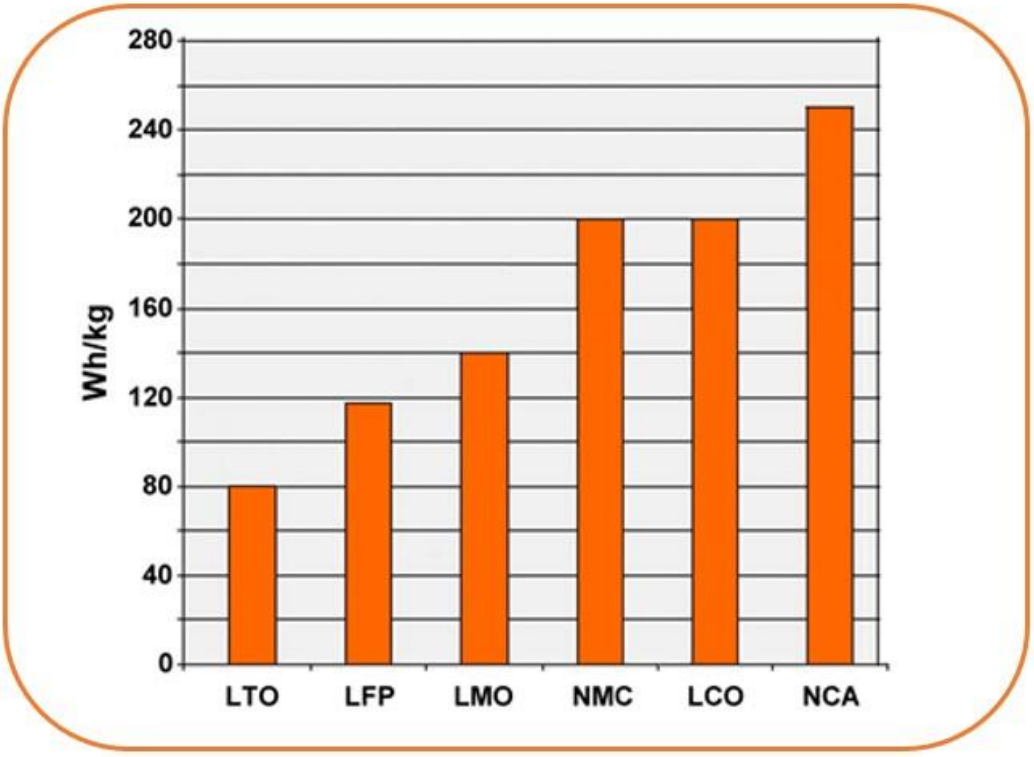
O níquel manganês cobalto (NMC) é um dos sistemas de íons de lítio mais bem-sucedidos. O grande segredo do NMC se encontra na combinação de níquel e manganês, o níquel é conhecido por sua alta energia específica, mas baixa estabilidade, já o manganês possui a vantagem de formar uma estrutura de espinélio para alcançar baixa resistência interna.

As baterias NMC são utilizadas em ferramentas elétricas, bicicletas elétricas e motores elétricos. A combinação de cátodo é feita com um terço de níquel, um terço de manganês e um terço de cobalto.

As baterias de óxido de lítio cobalto consiste em um eletrodo positivo de óxido de cobalto (cátodo) e um carbono de grafite no eletrodo negativo (ânodo). A longa autonomia devido a sua alta energia específica torna essa química atraente para telefones celulares, laptops e câmeras.

Na Figura a seguir, comparamos a energia específica (Wh/kg) das principais químicas de íons de lítio.

Energia específica das baterias de lítio-íon (Wh/kg)



BATERIA	SIGLA	ENERGIA ESPECÍFICA (Wh/kg)
Lítio-Titanato	LTO	50-80
Óxido fosfato de ferro	LFP	90-120
Oxido de lítio manganês	LMO	100-150
Óxido de lítio-níquel manganês-cobalto	NMC	150-220
Óxido de lítio cobalto	LCO	150-200
Óxido de lítio-níquel cobalto-alumínio	NCA	200-260

Quais são os riscos da alta energia específica?

Quando uma bateria acumula mais energia, ela tem mais energia para liberar se algo der errado.

Os eletrólitos líquidos encontrados nas baterias de lítio-íon são altamente voláteis e podem levar à combustão, apresentando risco de incêndio. Por causa disso, existem recursos de segurança incorporados a essas baterias, limitando o quão leves e compactas elas podem ser.

Portanto, quanto maior a energia específica de uma bateria, mais perigosa ela pode ser, o que impõe limitações (e riscos) para um maior avanço.

Potência específica

A Potência específica (W/kg) indica quanta energia uma bateria pode fornecer sob demanda. Quanto maior a potência específica, maior a corrente que uma bateria pode conduzir através de uma determinada carga em um curto período de tempo.

A potência específica é dada pela razão expressa em watts por quilograma (W/Kg).

Energia específica x Potência específica

É fácil confundir energia específica e potência específica porque elas são semelhantes em certos aspectos. Ambos medem uma característica elétrica de uma bateria em comparação com seu peso. No entanto, a energia específica e a potência específica diferem de uma maneira importante: enquanto a energia específica da bateria mede os watts-hora (wh) por quilograma (kg), a potência específica mede a saída de watts por quilograma.

Logo a energia específica (Wh/kg) mede quanta energia uma bateria contém, enquanto a potência específica (W/kg) mede a rapidez com que a energia pode ser fornecida.

Analogia entre energia específica x potência específica

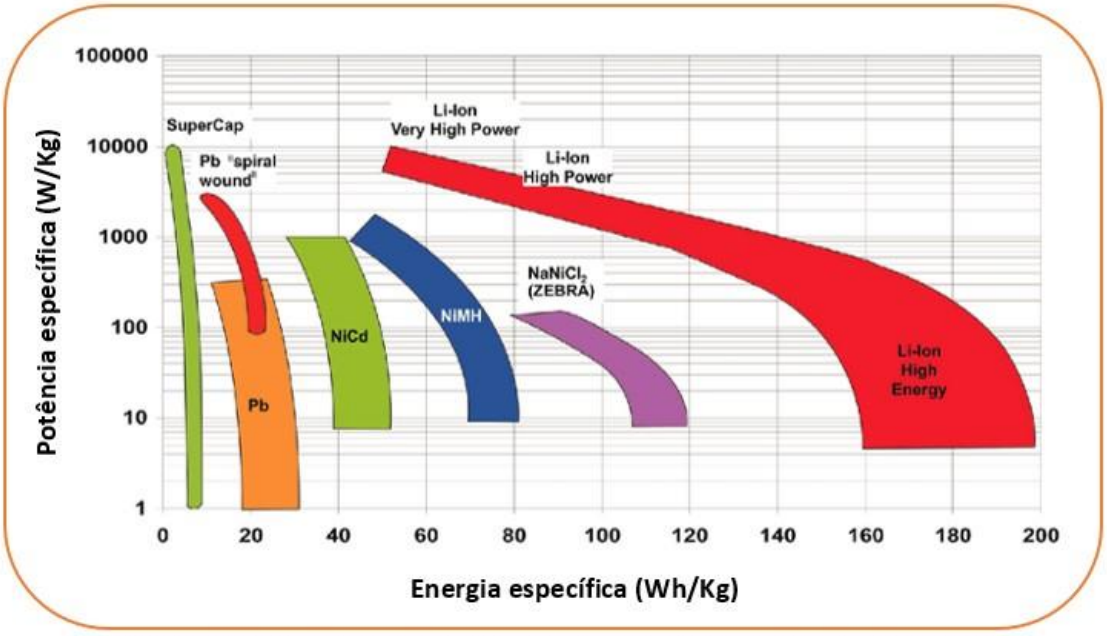
Para melhor compreensão, uma analogia pode ser feita entre a energia específica e a potência específica das baterias a partir de um reservatório de água. O tamanho do reservatório é a energia específica, enquanto a torneira se refere a potência específica. Um reservatório grande pode armazenar muita água, enquanto uma torneira grande pode esvaziá-

la rapidamente. Consequentemente um reservatório grande com uma torneira grande seria a melhor combinação.

Potência específica das baterias de lítio-íon

A potência específica das baterias de lítio-íon pode chegar até o valor de 10.000 W/kg, valor superior aos outros tipos de bateria (chumbo ácido, níquel-cádmio e níquel-metal hidreto).

O gráfico a seguir compara a potência específica em função da energia específica de diversos dispositivos.



Potência específica em função da energia específica de diversos dispositivos

Conclusão

Ao adquirir uma bateria para uma determinada aplicação ou no desenvolvimento de projetos é de extrema importância conhecer as características que diferem as baterias. Entre elas estão a energia específica e a potência específica, que são aspectos importantes que devem ser levados em consideração no momento da escolha.

Os valores de energia específica (Wh/Kg) e potência específica (W/Kg) diferem de acordo com o tipo e a composição química da bateria, uma alta energia específica confere uma longa duração da bateria enquanto a potência específica se refere ao quanto uma bateria é capaz de fornecer (potência) num determinado instante.

16) Autonomia das Baterias:

A autonomia de uma bateria é calculada da seguinte forma: a energia específica divido pela potência específica de cada modelo de bateria. Esta divisão gera o valor da autonomia de cada modelo.

A autonomia das baterias é bastante restrita. Enquanto uma bateria de 200 Ah que trabalha com 200 amperes opera com apenas uma hora, uma mesma bateria que trabalha com 300 amperes opera com apenas 40 minutos e uma bateria que trabalha com 800 amperes opera com apenas 15 minutos e uma mesma bateria que opera com 1200 amperes opera com somente 10 minutos.

Se comparado com um alternador de 300 Hp ou 225 kW ou 1125 kWh e 1016 kg, com 200 litros de etanol, estes operam durante 5 horas. O poder calórico do etanol é de 26790 kJ/kg. Ou seja, com 157 kg (200 litros), este trabalha com 4206030 kJ e com uma potência de 225 kW do motor Lycoming o sistema opera com 5 horas.

Enquanto as baterias têm uma autonomia de 10 a 15 minutos, o motor a etanol com 200 litros tem uma autonomia de 5 horas.

Autonomia das baterias de sódio para carros elétricos: tudo que você precisa saber

Com as baterias de sódio chegando ao cenário, surge a pergunta: qual é a autonomia dessas baterias em comparação às de lítio, considerando também a vantagem de seu custo mais acessível?

A autonomia de uma bateria de sódio de 30 kWh é de 305 km, de acordo com o ciclo de homologação asiático. Essa versão de bateria de sódio é a primeira a ser instalada de fábrica em um carro elétrico e foi apresentada no Salão Automóvel de Xangai 2023. É importante ressaltar que o ciclo de homologação asiático é considerado mais “generoso” em comparação ao ciclo de homologação utilizado na Europa.

Por outro lado, a versão com bateria de fosfato de ferro-lítio (LFP) de 38 kWh oferece uma autonomia de 405 km, de acordo com o mesmo ciclo de homologação. Portanto, podemos observar que a bateria de sódio tem uma capacidade de armazenamento inferior à bateria LFP, com 30 kWh em comparação aos 38 kWh, resultando em uma diferença de autonomia de apenas 100 km.

Essa comparação foi realizada com base nas duas versões de bateria disponíveis no mesmo modelo de carro elétrico, facilitando a análise das diferenças de autonomia.

Frente a frente: Bateria de sódio VS Bateria LFP

As baterias de sódio e as baterias de fosfato de ferro-lítio (LFP) são tecnologias diferentes com características distintas. Vamos analisar algumas diferenças entre elas:

1. Capacidade de armazenamento: As baterias de sódio geralmente têm uma capacidade de armazenamento menor em comparação com as baterias LFP. Isso significa que uma bateria de sódio de determinada capacidade pode fornecer menos energia do que uma bateria LFP do mesmo tamanho.

2. Autonomia: Como mencionado anteriormente, a autonomia de um veículo elétrico com uma bateria de sódio de 30 kWh pode ser menor do que a autonomia de um veículo com uma bateria LFP de 38 kWh. No entanto, é importante considerar que a autonomia também depende de outros fatores, como eficiência energética do veículo e estilo de condução.

3. Custo: Uma das vantagens das baterias de sódio é que elas tendem a ser mais baratas do que as baterias LFP. Isso pode tornar os veículos elétricos com baterias de sódio mais acessíveis em termos de preço. No entanto, é importante considerar a relação custo-benefício em relação à capacidade de armazenamento e desempenho.

4. Vida útil: As baterias LFP são conhecidas por sua longa vida útil, geralmente durando várias centenas de ciclos de carga e descarga. Já as baterias de sódio são uma tecnologia emergente e sua vida útil ainda está sendo avaliada. É necessários mais tempo e pesquisa para determinar a durabilidade das baterias de sódio em condições reais de uso.

É importante ressaltar que a escolha entre baterias de sódio e baterias LFP dependerá das necessidades e prioridades individuais. Cada tecnologia tem seus pontos fortes e limitações, e cabe aos fabricantes e consumidores avaliarem qual opção melhor atende às suas necessidades em termos de desempenho, custo e sustentabilidade.

Ao comparar as duas baterias, observamos que a bateria de sódio é significativamente mais barata. No entanto, em termos de autonomia, há uma pequena diferença entre os dois tipos de bateria.

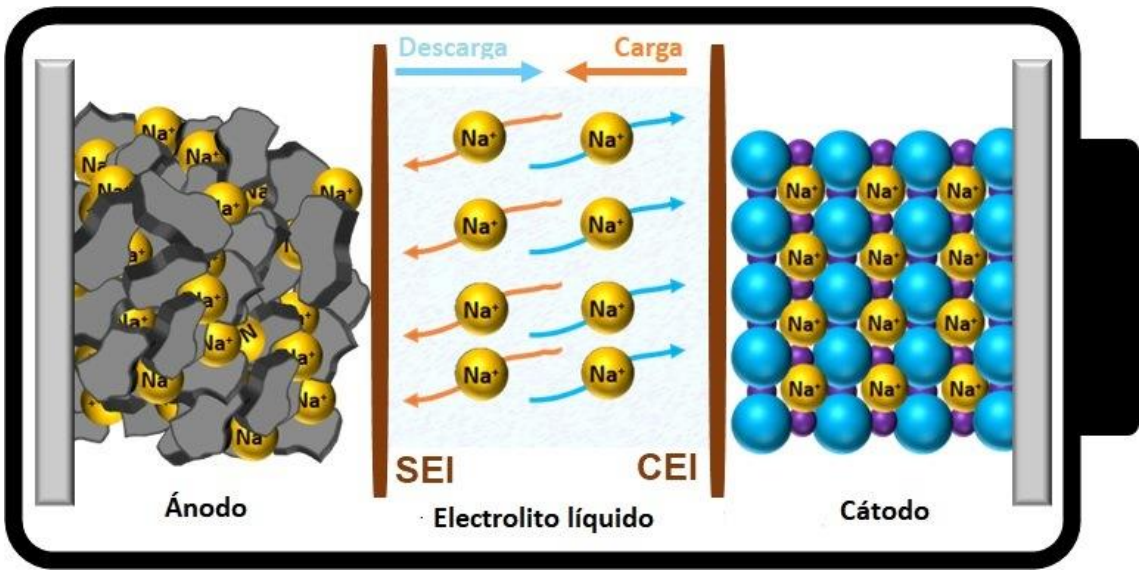
A bateria de sódio apresenta uma autonomia de aproximadamente 10,16 km por kWh, enquanto a bateria LFP oferece cerca de 10,6 km por kWh. É importante ressaltar que esses dados são baseados no mesmo modelo de carro elétrico, com a única diferença sendo o tipo de bateria utilizada. Dessa forma, não há influência de outras variáveis, como eficiência do motor ou aerodinâmica.

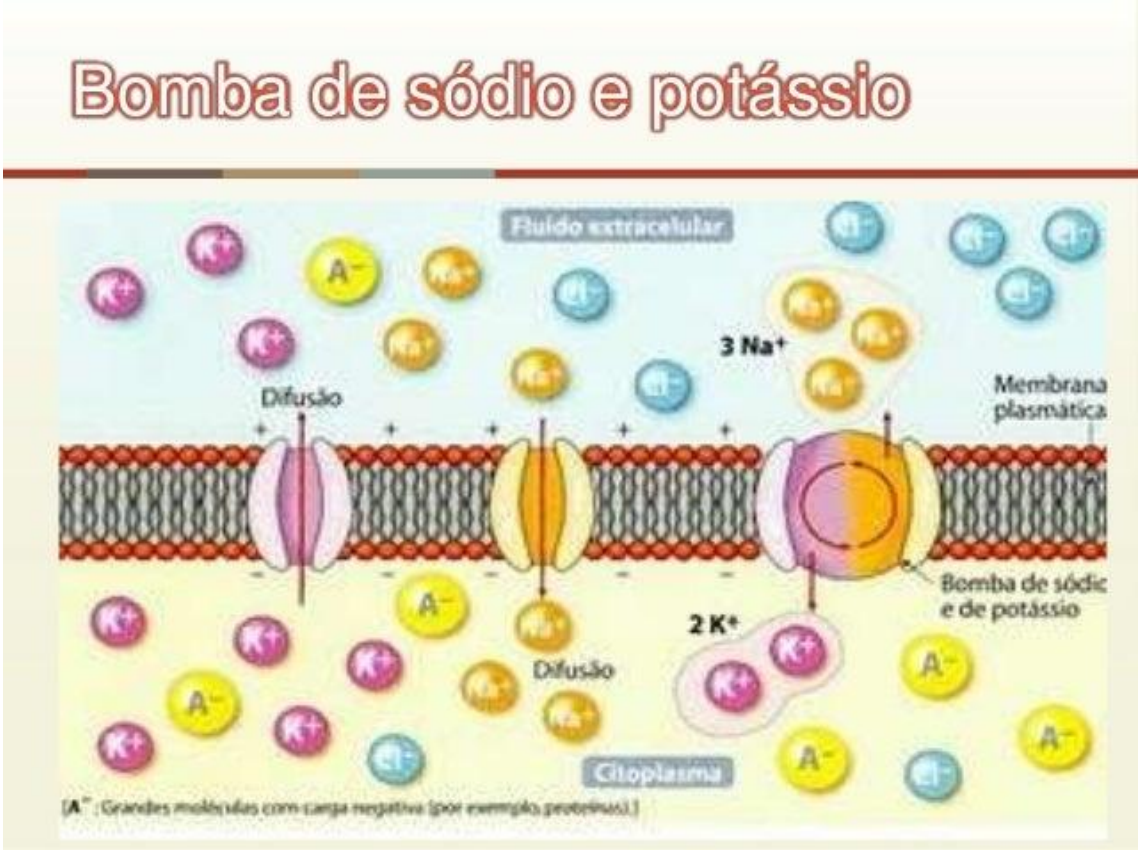
Em conclusão, a nova bateria de sódio perde apenas 0,44 km de autonomia por cada kWh de armazenamento, o que indica uma boa densidade energética. É importante ressaltar que a densidade energética específica dessa bateria ainda não foi divulgada, mas está utilizando células patenteadas pelo fabricante, o que pode resultar em uma maior densidade energética.

Isto representa uma perspectiva promissora para as baterias de sódio. Com o benefício de serem mais baratas.

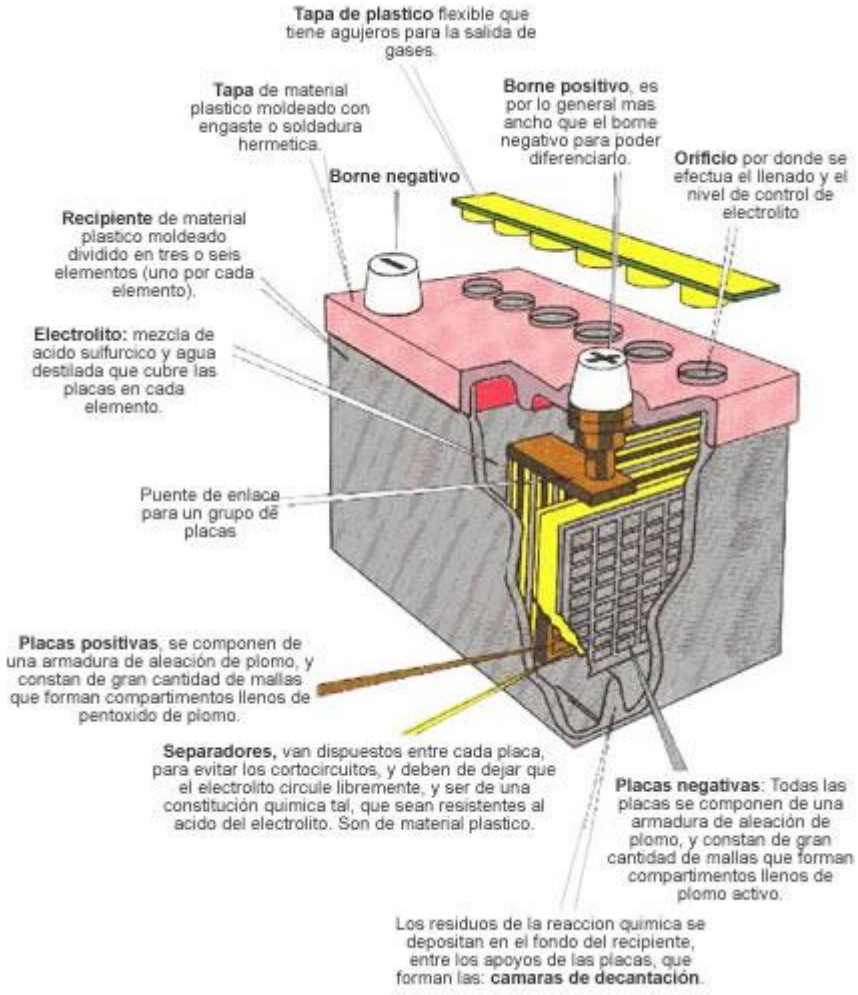
É importante ressaltar que a homologação da autonomia das baterias de sódio ainda precisa ser realizada. Esse processo garantirá a conformidade e a precisão dos dados de autonomia de acordo com os padrões de teste aplicáveis.

Para saber mais sobre as vantagens das baterias de sódio, você pode conferir o vídeo “Porque são melhores as baterias de Sódio”. Ele fornecerá informações adicionais e aprofundadas sobre os benefícios dessas baterias em relação a outros tipos de tecnologia de armazenamento de energia.

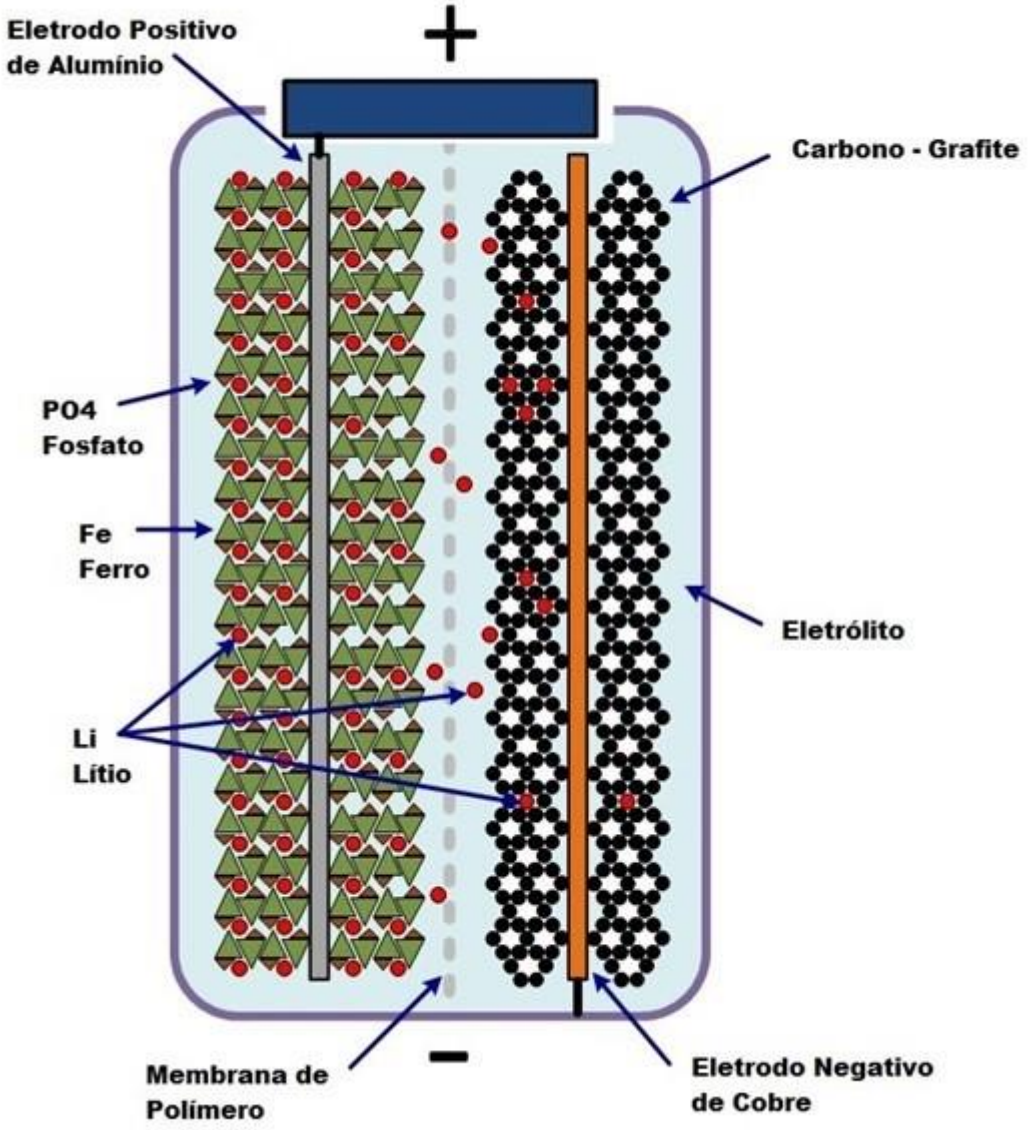




VBJ Engenharia *Valter Barbosa Junior*
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

17) Tempo de Recarga das Baterias:

A recarga das baterias é muito demorada. Enquanto um tanque de etanol de 200 litros leva em torno de 10 minutos para encher (20 litros por minuto), uma recarga de bateria pode durar cerca de algumas horas.

Jogando 18A na bateria de 60Ah, ela vai demorar cerca de **3,30 horas** para carregar. Nesse caso seria uma carga rápida. Uma carga ideal e lenta é de cerca de 6A, o que precisaria de 10 horas de carga. (6×10= 60). Em um equipamento especializado de grande amperagem, a sua bateria deve ficar muitas horas em "tratamento".

Para se carregar uma bateria de uma aeronave eVTOL necessita-se de várias horas de recarga. Por este motivo, para cerca de 800 Ah para 800 Volts, totalizando 640 kWh ou 850 Hp durante uma hora de potência (de um helicóptero de médio porte), que não existem hoje helicópteros puramente elétricos ainda hoje, mas existem aeronaves eVTOL.

É fundamental o uso de carga de bateria para aeronave eVTOL (electric Vertical Takeoff and Landing – decolagem e pouso na vertical usando eletricidade). Este é mais um motivo para a VBJ Engenharia dedicar seus projetos para o uso de etanol, e o uso do motor Lycoming IO-540 projetado em conjunto entre as empresas Lycoming e Embraer.

Nos próximos itens descrevemos as características das aeronaves eVTOL:

EVTOL Aeronaves - Tudo o que você precisa saber

- O que significa EVTOL?
- O que é uma aeronave eVTOL?
- Arquitetura de energia EVTOL
- Totalmente elétrico versus eVTOL elétrico híbrido
- EVTOL design de aeronaves
- Alcance EVTOL?
- Ruído EVTOL:
- Aeronaves eVTOL em desenvolvimento

O que significa EVTOL?

EVTOL significa DECOLAGEM E ATERRAGEM ELÉTRICA VERTICAL. Este termo se tornou muito popular recentemente, mas pode se referir a “carros voadores”, “táxi aéreo” ou “Veículo Aéreo de Passageiros (PAV)”.

O que é uma aeronave eVTOL?

Um eVTOL é uma aeronave que pode decolar, pairar e pousar verticalmente graças a um sistema de propulsão elétrica. Poucos eVTOL são totalmente elétricos, já que alguns projetos usam o motor de combustão tradicional ou célula de combustível para gerar a energia elétrica necessária. EVTOL se tornou muito popular devido ao grande impacto potencial em nosso estilo de vida que essa inovação representa. A tecnologia eVTOL é uma solução para a necessidade de transporte aéreo urbano que tem fascinado muitas gerações consecutivas. Associadas aos grandes avanços da navegação autônoma, essas duas tecnologias pretendem revolucionar a forma como nos deslocamos na área urbana.

Arquitetura de energia EVTOL

Existem duas características principais que podemos usar para categorizar os diferentes projetos. A arquitetura de potência das aeronaves e o tipo de projeto da aeronave.

A arquitetura de energia eVTOL é definida pelo tipo de tecnologia da qual a aeronave vai contar para gerar e distribuir a energia para o sistema de propulsão elétrica. Existem basicamente dois tipos de arquitetura de energia:

- Totalmente elétrico - a aeronave possui uma bateria que alimenta seu sistema de propulsão.
- Híbrido elétrico - a aeronave gera a energia a partir de um motor de combustão ou célula a combustível e a propulsão ainda é elétrica.

Ambas as arquiteturas têm diferentes prós e contras, dependendo da necessidade almejada para alcançar.

Totalmente elétrico versus eVTOL elétrico híbrido

Com as tecnologias atuais, uma bateria embutida é capaz de gerar menos energia do que um motor de combustão tradicional. Uma bateria aeroespacial certificada atualmente em vôo tem uma relação de peso de potência de aproximadamente 60 - 80 Wh / Kg. Um modelo Tesla S como bateria com uma relação de 157 Wh / Kg. Novas tecnologias de íon de lítio são projetas atualmente. Toda tecnologia elétrica é direcionada para o transporte intra-urbano, enquanto a eletricidade híbrida pode ser usada em rotas mais longas, como da cidade para os aeroportos das cidades para atingir o máximo de 200 Wh / Kg e tecnologias futuras, como o estado sólido, devem atingir 400 Wh / Kg. Como comparação, um motor de aeronave tradicional tem uma proporção entre 1000 - 2000 Wh / Kg dependendo do projeto e uma célula de combustível tem uma proporção de 500 - 600 Wh / Kg. Uma arquitetura elétrica híbrida usará um motor de combustão ou célula de combustível para gerar energia elétrica para o sistema de propulsão. Ter uma arquitetura totalmente elétrica é atualmente limitante em termos de alcance e desempenho em comparação com uma arquitetura elétrica híbrida. No entanto, todos os eVTOL elétricos têm as vantagens de permitir projetos de aeronaves menores, criar aeronaves mais silenciosas (importante na área urbana), fornecer redundância múltipla no projeto com várias baterias, ser uma tecnologia de engenharia mais simples e mais econômica. A arquitetura elétrica híbrida tem um design comprovado que é mais complexo, mas o ganho de desempenho permite que a aeronave seja implantada em rotas mais longas.

Toda a tecnologia elétrica é direcionada para o transporte intra-urbano, enquanto a eletricidade híbrida pode ser usada em rotas mais longas, como da cidade para os aeroportos.

EVTOL design de aeronaves

O que podemos usar para categorizar o eVTOL é o projeto da aeronave. Esta escolha de projeto tem uma influência significativa no desempenho da aeronave e no seu perfil de missão. Existem 3 tipos diferentes de escolha de design:

- O design de multi-rotor
- O design do elevador e do cruzeiro
- O design do rotor de inclinação

Em nossa análise comparativa dos principais projetos eVTOL, cada projeto tem diferentes vantagens e disponibilidades de mercado. O projeto multirrotor é o mais simples que possui a limitação de não se beneficiar da aerodinâmica da aeronave em sua missão. Isso resulta em um alcance reduzido em comparação com outras soluções, como os designs de levantamento e cruzeiro e do rotor de inclinação. O projeto do rotor de inclinação é o mais otimizado, pois a aeronave se beneficia de sua aerodinâmica para voar até seu destino e não possui sistemas de propulsão diferentes para sua fase de sustentação e vôo. Cada motor elétrico é usado em potência total durante a fase de levantamento e a potência é reduzida quando os motores se inclinam para o modo de cruzeiro. O projeto do elevador e do cruzeiro usa motores separados para ambas as fases.

Alcance EVTOL?

Dependendo do design e da escolha da arquitetura de energia, cada eVTOL terá um alcance muito diferente.

Um eVTOL totalmente elétrico com um design multirotor tem um alcance anunciado de 70 km a 120 km. Esta gama atende totalmente a necessidade de transporte intra-cidade.

Um eVTOL totalmente elétrico com um design de tilt lift tem um alcance anunciado de aproximadamente 250 a 300 km. Esta faixa permitirá que essas aeronaves realizem rotas intra-cidade, mas permitirá que cheguem a destinos fora da cidade.

As aeronaves híbridas eVTOL geralmente têm um alcance ligeiramente melhor, dependendo de seu design e tamanho.

O projeto da VBJ Engenharia trabalha com velocidade de voo máxima de 100 km/h e opera com 5 horas de voo de autonomia, ou seja, 200 litros de combustível o que define um alcance de 500 km de distância. É importante observar que se pode abastecer o etanol em qualquer posto de gasolina no Brasil.

Ruído EVTOL:

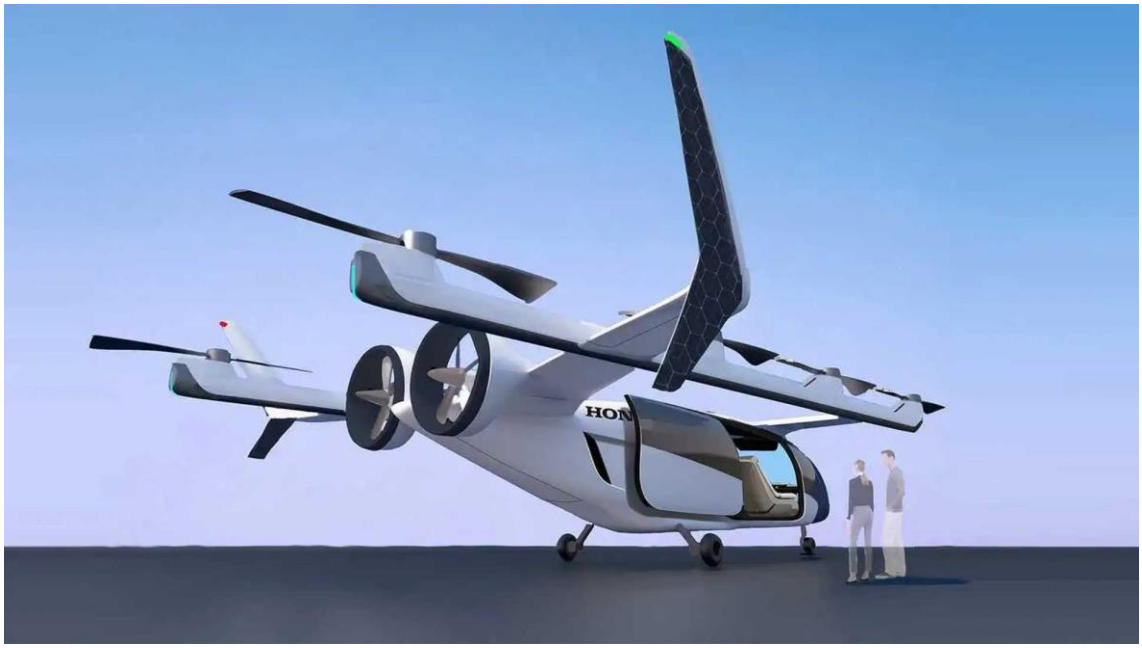
O ruído é um elemento importante a ser levado em consideração, pois é uma das principais queixas na atividade aeronáutica atual (voos

comerciais e helicópteros em cidades do mundo todo). O Uber anunciou na cúpula elevada que uma melhoria significativa na tecnologia de redução de ruído deve ser realizada para obter a aceitação da população.

Aeronaves eVTOL em desenvolvimento

Aqui estão algumas das aeronaves principais que pensamos serem as mais avançadas e melhores de seguir:

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



18) Potência dos Motores Elétricos:

O projeto da moto voadora da empresa VBJ Engenharia poderia usar baterias e motores elétricos, mas devido às condições de peso, autonomia, recarga da bateria e poluição de CO2, decidimos desenvolver um projeto a base de etanol.

Poderíamos usar um projeto 100% elétrico, mas devido à estas restrições, optamos por usar o motor Lycoming IO-540 baseado em etanol e um gerador/alternador responsável por gerar energia elétrica para alimentar os 4 motores elétricos para voo vertical (subida, descida e voo pairado) e 2 motores elétricos para o voo horizontal (de aceleração, desaceleração e guinado).

Os motores elétricos, do projeto da moto voadora da VBJ Engenharia, trabalham para voo vertical com 40 Hp de potência cada um e os motores elétricos para voo horizontal trabalham com 10 Hp cada um.

Cada um destes motores elétricos de 40 Hp pesam 211 kg e os motores elétricos de 10 Hp pesam 67 kg

O motor da Lycoming, que opera com etanol, trabalha com 300 Hp, assim temos uma boa margem de trabalho, pois consumimos apenas 180 Hp nos motores elétricos.

O motor da Lycoming opera com 2700 rpm de rotação e cada um dos motores elétricos trabalham com 3600 rpm. A potência destes motores permite que o sistema voe na vertical com os 4 motores elétricos (de 40 Hp cada um) e voe na horizontal com os 2 motores elétricos (de 10 Hp cada um)

Para se controlar a velocidade dos motores verticais e horizontais, o sistema disponibiliza um inversor de frequência para cada um dos motores. Isto permite executar o voo vertical de subida, descida e pairado e executar a aceleração, desaceleração e guinada durante o voo. Tanto a velocidade horizontal quanto a altitude vertical são controladas baseadas no modelo de Engenharia de Controle PID (Proporcional Integral e Derivativo). Ou seja o sistema compensa o erro de altitude entre a altitude desejada e a altitude realizada; e com o mesmo princípio compensa o erro de velocidade entre a velocidade desejada e realizada.

A potência dos motores elétricos na vertical totaliza 160 Hp. A aeronave Robinson 22 que é o helicóptero bem leve, barato e econômico usa 131 Hp para decolagem e 124 Hp para voo contínuo.

A VBJ Engenharia usa para voo vertical de decolagem 160 Hp e para voo horizontal contínuo 20 Hp. De fato, o sistema de motores do projeto de moto voadora da VBJ Engenharia usa uma independência mecânica entre o voo vertical e o voo horizontal.

A potência dos motores elétricos é o fator responsável para provocar a rotação dos motores, rotação dos rotores e execução do voo vertical e também do voo horizontal. Quanto maior for a potência de trabalho dos motores, maior será a velocidade de subida, e maior será a velocidade de trabalho de voo.

A potência de trabalho é tanto maior, quanto maior for o peso carregado e maior for a velocidade de trabalho. O fato de a VBJ Engenharia optar por uma independência entre os motores elétricos de voo vertical e de voo horizontal, permite uma otimização no desenvolvimento dos deslocamentos.

A força de sustentação da nossa moto voadora, é baseada no raio dos rotores e também na velocidade de rotação dos rotores. Depende também da densidade do ar atmosférico, do comprimento da corda, do perfil e do ângulo de ataque da asa, do número de pás e do número de rotores.

L(w,R) = ½*rho*(w*R/2)^2*R*b*cl*np*nr

L(w,R) = Força de Sustentação

rho = densidade do ar atmosférico

w = velocidade de rotação do rotor

R = raio do rotor

b = corda do rotor

cl = coeficiente de sustentação

np = número de pás do rotor

nr = número de rotores

A potência de operação total deve ser calculada uma em relação ao peso total de voo e em relação à velocidade de voo vertical somada à potência de voo horizontal da velocidade e força horizontal.

Potv = Fv*vv

Poth = Fh*vh

Pot = Potv + Poth

Potv = potência vertical

Fv = força vertical

vv = velocidade vertical

Poth = potência horizontal

Fh = força horizontal

vh = velocidade horizontal

Pot = Potência total.

A potência também pode ser calculada pela rotação e pelo torque de cada um dos 6 motores/rotores:

Pot = T*w

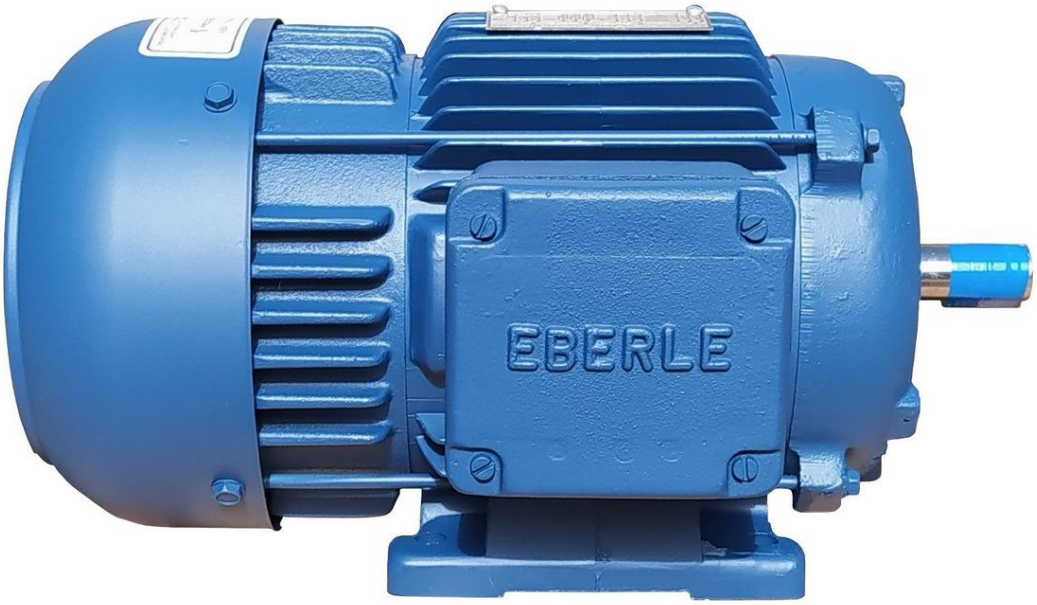
Pot = potência de cada um dos 6 motores

T = torque de cada motor

w = velocidade de rotação dos motores.

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

19) Etanol / Avigás / Gasolina / Diesel / Querosene (combustão e CO2):

O **etanol** (CH_3CH_2OH ou C_2H_6O), também chamado **álcool etílico** e, na linguagem corrente, simplesmente **álcool**, é uma substância orgânica obtida da fermentação de açúcares, hidratação do etileno ou redução de acetaldeído, encontrado em bebidas como cerveja, vinho e aguardente, bem como na indústria de perfumaria. No Brasil, tal substância é também muito utilizada como combustível de motores de explosão (ver: motor a álcool), constituindo assim um mercado em ascensão para um combustível obtido de maneira renovável e o estabelecimento de uma indústria de química de base, sustentada na utilização de biomassa de origem agrícola e renovável (ver: Produção de álcool no Brasil e Etanol como combustível no Brasil).

O etanol é o mais comum dos álcoois. Os álcoois são compostos que têm grupos hidroxila ligados a átomos de carbono sp3 (ou seja, cadeias carbônicas saturadas). Podem ser vistos como derivados orgânicos da água em que um dos hidrogênios foi substituído por um grupo orgânico.

As técnicas de produção do álcool, na Antiguidade apenas restritas à fermentação natural ou espontânea de alguns produtos vegetais, como açúcares, começaram a se expandir a partir da descoberta da destilação. Mais tarde, já no século XIX, fenômenos como a industrialização expandem

ainda mais este mercado, que alcança um protagonismo definitivo, ao mesmo ritmo em que se vai desenvolvendo a sociedade de consumo no século XX. O seu uso é vasto: em bebidas alcoólicas, na indústria farmacêutica, como solvente químico, como combustível ou ainda com antídoto. O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (33,9%), de açúcar (18,5%) e etanol (36%), sendo também o maior exportador de açúcar e etanol do mundo. No Brasil os índios produziam o cauim, uma fermentação da mandioca cozida ou de sucos de frutas, mastigados e depois fervidos.

O etanol é muito importante no meio médico, onde é utilizado, bem como outros álcoois também são, no extermínio de vida microbiana nociva, que poderia piorar o estado dos doentes já que o etanol mata os organismos desnaturando suas proteínas e dissolvendo os lípidos sendo eficaz contra a maioria das bactérias, fungos, e vários tipos de vírus, mas é ineficaz contra os esporos bacterianos e preservação em fluido. É usado também na produção de biodiesel, onde o óleo da mamona reage com o etanol, gerando éster etílico e glicerina. Há utilização também na produção de bebidas alcoólicas e de produtos farmacêuticos e de perfumaria.

- **Anidro** - o álcool anidro é bastante caracterizado pelo teor alcoólico mínimo de 99,3° (INPM), sendo composto apenas de etanol ou álcool etílico. É utilizado como combustível para veículos (Gasolina C) e matéria prima na indústria de tintas, solventes e vernizes.
- **Hidratado** - é uma mistura hidroalcoólica (álcool e água) com teor alcoólico mínimo de 92,6° (INPM), composto por álcool etílico ou etanol. O emprego de álcool hidratado é na indústria farmacêutica, alcoolquímica e de bebidas, combustível para veículos e produtos para limpeza. O etanol é também usado como matéria prima para a produção de vinagre e ácido acético, a síntese de cloral e iodofórmio.

O etanol se forma na fermentação alcoólica de açúcares, como a glicose, pelo microorganismo *Saccharomyces cerevisiae*, reação que simplificadamente pode ser representada por:

- $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2$

O **Avgas** ou **gasolina de aviação** é um combustível de alta octanagem usado em aeronaves com motor a pistão ou motor Wankel. A Avgas evapora rapidamente e é altamente inflamável.

O principal componente do petróleo usado na mistura da Avgas é o alquilato, que é basicamente uma mistura de isoctano (2,2,4-trimetilpentano) com olefinas. Algumas refinarias usam a reforma catalítica para obter combustíveis de alta octanagem.

As misturas aditivas utilizadas atualmente na Avgas foram desenvolvidas ainda entre as décadas de 1950 e 1960. Uma delas é o etil-fluido: uma substância que contém alta porcentagem de tetraetilchumbo, que por sua vez é um antidetonante que eleva a octanagem da Avgas porém é altamente tóxico e cancerígeno, o que inclusive levou à proibição de seu uso em combustíveis automobilísticos. Também por esta razão o uso da Avgas é evitado em grande parte da aviação comercial.

Desde que o tetraetilchumbo começou a se tornar um aditivo caro, apenas uma quantidade mínima desta substância (aproximadamente 0,56%)[3] tem sido adicionada à Avgas para aumentar o índice de octanagem. No entanto, a gasolina de aviação com chumbo infelizmente ainda é um elemento vital para o sistema de segurança de um motor a pistão: aproximadamente 230 000 aeronaves no mundo inteiro dependem da Avgas 100LL para uma operação segura. Atualmente, a Avgas 100LL é a única dos Estados Unidos que ainda contém o aditivo tetraetilchumbo. A Avgas usada hoje em dia é uma consequência do desenvolvimento de motores aeronáuticos de alta potência, o que foi necessário para possibilitar voos comerciais e militares econômicos e confiáveis. Há décadas o TEL vem sendo usado como um aditivo da Avgas para criar níveis de octanagem elevados o bastante para prevenir a detonação de motor (*engine knock*). Qualquer operação conduzida sem quantidade adequada desse aditivo pode resultar em falha de motor.

Algumas aeronaves utilizam a gasolina automotiva. A maior parte dessas aeronaves tem motores de baixa compressão com um certificado de originalidade para usar entre 80 / 87 Avgas. Há aeronaves que utilizam a “gasolina regular 87” (nome dado à gasolina comum usada em veículos nos Estados Unidos e Canadá). Dentre os aviões que usam este tipo de combustível estão os populares Cessna 172 e o Piper Cherokee.

Os principais consumidores do Avgas são os Estados Unidos, Canadá, Austrália, Brasil e África do Sul. Na Europa, o preço do Avgas é alto, levando um número grande de aviões a sofrerem a conversão do diesel,

que não é tão caro e, além disso, apresenta um número enorme de vantagens de uso em aviação.

Para identificar a octanagem da Avgas foi criado um código de cores, cada qual correspondendo a uma faixa de octanagem:

Amostra de Avgas azul sendo coletada para análise de impurezas.

- Entre 80 e 87 Avgas: vermelho
- Entre 100 e 130 Avgas: verde
- Entre 115 e 145 Avgas: roxo
- 100 LL: azul

A maioria dos motores de avião usa combustível entre 80 e 87 Avgas, que tem aproximadamente o mesmo nível de octanagem usado nos carros atuais. Conversões diretas para o combustível automobilístico são bastante comuns. No Brasil, essas modificações devem ser homologadas mediante processos de Certificação Suplementar de Tipo (CST) ou de Homologação Suplementar de Tipo, com a emissão de CHST (Certificado de Homologação de Suplementar de Tipo) pela autoridade competente.

Uma das razões para a dificuldade de utilização da gasolina comum na aviação é a fácil evaporação, que provoca uma "fechadura de vapor" (uma bolha em forma de linha), impedindo que o combustível chegue ao motor. Este não é considerado um obstáculo insuperável mas requer verificação do sistema de combustível, para garantir que haja um "escudo" adequado a altas temperaturas e a manutenção de uma pressão suficiente nos tanques de combustível. Esta é a principal razão pela qual as conversões de combustível, em ambos os motores específicos de aeronaves, precisam obter a devida certificação. O Avgas tem uma densidade de 2,727 kg por galão a 15 °C ou 0.72 kg/l . A

densidade aumenta para 2,899 kg por galão, quando a temperatura chega a -40 °C.

A **gasolina** é um combustível constituído basicamente por hidrocarbonetos (compostos químicos constituídos apenas por átomos de carbono e hidrogênio) e, em menor quantidade, por produtos oxigenados. Esses hidrocarbonetos são, em geral, menos densos do que aqueles que compõem o óleo diesel, pois são formados por moléculas de menor cadeia carbônica (normalmente de 5 a 10 átomos de carbono). Além dos hidrocarbonetos e dos oxigenados, a gasolina também pode conter compostos de enxofre e compostos contendo nitrogênio. A faixa de destilação da gasolina automotiva varia de 40 a 175 °C.

A gasolina básica (sem oxigenados) possui uma composição complexa. A sua formulação pode exigir a utilização de diversas correntes nobres oriundas do processamento do petróleo como nafta DD (produto obtido a partir da destilação direta do petróleo), nafta craqueada que é obtida a partir da quebra de moléculas de hidrocarbonetos mais pesados (gasóleos), nafta reformada (obtida de um processo que aumenta a quantidade de substâncias aromáticas) e nafta de coque, obtida através do processo de coqueamento, nafta alquilada (de um processo que produz isoparafinas de alta octanagem a partir de isobutanos e olefinas), etc.. Quanto maior a octanagem (número de moléculas com octanos) da gasolina maior será a sua resistência à detonação espontânea.

Constituintes	Processo de Obtenção	Faixa de ebulição (°C)	Índice de Octano Motor (Clear)
Butano	destilação e processos de transformação	-	101
Isopentano	destilação, processos de transformação, isomerização	27	75
Alcoilada	alcoilação	40 - 150	90 - 100
Nafta leve de destilação	destilação	30 - 120	50 - 65

Nafta pesada de destilação	destilação	90 - 220	40 - 50
Hidrocraqueada	hidrocraqueamento	40 - 220	80 - 85
Craqueada cataliticamente	craqueamento catalítico	40 - 220	78 - 80
Polímera	polimerização de olefinas	60 - 220	80 - 100
Craqueada termicamente	coqueamento retardo	30 - 150	70 - 76
Reformada	reforma catalítica	40 - 220	80 - 85

A tabela acima mostra os principais constituintes da gasolina, como de suas propriedades e processos de obtenção.

A Petrobras, empresa petrolífera brasileira, produz diversos tipos de gasolina utilizando tecnologia própria, fabricando as diversas frações de petróleo constituintes da gasolina e misturando-as entre si e com os aditivos, através de formulações convenientemente definidas para atender aos requisitos de qualidade do produto.

A Galp, empresa petrolífera portuguesa detentora de toda a capacidade refinadora do país, produz gasolinas com índice de octanas 95 e 98, e a BP comercializa uma gasolina que atinge as 100 octanas.

Estas gasolinas possuem aditivos que visam a melhorar a performance do combustível, nomeadamente:

1. detergente: visa a reduzir os depósitos no sistema de injeção e no motor de forma a melhorar a combustão;
2. inibidor de corrosão: agente que visa a proteger as zonas de circulação de combustível de forma a reduzir a corrosão provocada;
3. desemulsificante: promove a separação da água no sistema de distribuição e armazenagem do combustível, de forma a diminuir a corrosão daí resultante;

4. agente veículo (solvente sintético): por ser estável a altas temperaturas, provoca resíduos diminutos durante a combustão que se realiza na câmara de combustão do motor.

O grande crescimento da produção de gasolina, motivado pelo desenvolvimento da indústria automobilística, foi possível não só através do refino, mas também de processos de transformação de frações pesadas, que fazem aumentar o rendimento total do produto em relação ao petróleo.

A busca de combustíveis alternativos tem pressionado diversos países a criarem políticas de substituição da gasolina em suas frotas de veículos para daqui a alguns anos. Já estão em cursos planos de metas para uso de veículos elétricos ou movidos a combustíveis menos poluentes como gás natural ou etanol.

A gasolina aditivada, disponível em alguns postos, é uma gasolina comum acrescentada de aditivos detergentes-dispersantes. Esses aditivos têm como finalidade a limpeza do sistema de alimentação de combustível, incluindo linha de combustível, bomba, galeria de combustível, injetores e válvulas de admissão. Seu uso permite que o motor opere nas condições especificadas pelo fabricante por mais tempo, o que reduz consumo e emissões e aumenta o intervalo entre manutenções. Ao contrário do que se pensa, a gasolina aditivada não aumenta a octanagem do combustível. As gasolinas de alta octanagem são chamadas, genericamente, de "gasolinas *premium*".

Diesel ou **gasóleo** é um óleo derivado a destilação do petróleo bruto usado como combustível nos motores a diesel/gasóleo, constituído basicamente por hidrocarbonetos. O óleo diesel é um composto formado principalmente por átomos de carbono, hidrogênio e em baixas concentrações por enxofre, nitrogênio e oxigênio. O diesel é selecionado de acordo com suas características de ignição e de escoamento, adequadas ao funcionamento dos motores ciclo diesel. É um produto pouco inflamável, medianamente tóxico, pouco volátil, límpido, isento de material em suspensão.

O Diesel recebeu este nome em homenagem ao engenheiro alemão Rudolf Diesel, que inventou um meio mecânico para

explorar a reação química originada da mistura de óleo e do oxigênio presente no ar.

O óleo diesel é um combustível líquido cuja principal característica é permitir sua queima à alta taxa de compressão no interior da câmara de combustão. Em geral, quanto maior a taxa de compressão, maior será a eficiência na conversão da energia térmica em energia cinética (movimento linear do pistão). Essa característica em conjunto à baixa velocidade de combustão permite a ignição (por compressão, ver ciclo diesel) desse combustível, dispensando o uso de centelhas, velas de ignição e todo seu sistema elétrico. A simplicidade (confiabilidade) do motor diesel, seu regime de baixas rotações (queima lenta) e sua alta compressão (peças internas mais robustas) permitem seu uso em aplicações pesadas como furgões, ônibus, caminhões, embarcações marítimas, máquinas de grande porte, locomotivas, navios e aplicações estacionárias (geradores elétricos, por exemplo).

A evolução dos projetos de motores diesel permitiu seu funcionamento em rotações maiores e o uso de peças mais leves, adequando sua utilização também aos automóveis (carros de passeio). No Brasil essa aplicação do diesel não é permitida, pois o Brasil ainda não é "autossuficiente em óleo diesel", muito menos autossuficiente em petróleo. O petróleo brasileiro possui, na média, um baixo grau API, o que resulta em uma menor produção de diesel em comparação ao petróleo de alto grau API (comum no Oriente Médio). Em função dos tipos de aplicações, o óleo diesel apresenta características e cuidados diferenciados para conservar sempre o mesmo ponto de fulgor e não fugir dos padrões de ignição pré-estabelecidos por essa tecnologia. Porém, em alguns países, essa regra vem sendo descumprida e já é costume os governos permitirem a mistura de outras substâncias ao óleo diesel.

Apesar de nos veículos motorizados a utilização de gasóleo (óleo diesel) ser mais poluente para o meio ambiente devido à sua composição química, este oferece mais segurança na prevenção de incêndios e/ou casos de perigo de fogo. Isto porque este combustível apenas é inflamável pelo fogo se encontrar sob altíssimas temperaturas ou altíssimas pressões.

A densidade do diesel de petróleo é de cerca de 0,853 kg/L, que é mais denso que a gasolina em 12%. Cada litro quando queimado oferece um valor energético de 35,86 MJ (que também é mais que a gasolina que é de 32,18 MJ) e liberta 2,6 kg de CO_2.(Também convenientemente expresso na forma de 1 litro/100km = 26,5 g/km CO_2 usado para calcular as emissões dos veículos a diesel). Em 2011 motores turbo a diesel conseguem

eficiências da ordem 45% entre energia química em energia mecânica (Valor superior aos motores a gasolina que são 30%).

O **querosene**, também designado por **petróleo luminante** ou **óleo de parafina**, é um líquido resultante da destilação fracionada do petróleo, com temperatura de ebulição entre 150 e 290 graus Celsius, fração entre a gasolina e o óleo diesel.

É uma combinação complexa de hidrocarbonetos (alifáticos, naftênicos e aromáticos) com um número de carbonos na sua maioria dentro do intervalo de C9 a C16, produzida por destilação do petróleo bruto, com faixa de destilação compreendida entre 150°C e 239°C. O produto possui diversas características específicas como uma ampla curva de destilação, conferindo a este um excelente poder de solvência e uma taxa de evaporação lenta, além de um ponto de combustão que oferece relativa segurança ao manuseamento. É insolúvel em água.

Historicamente, o querosene foi o primeiro derivado do petróleo de valor comercial, substituindo o azeite e o óleo de baleia na iluminação. Os usos mais comuns do querosene são para iluminação, solvente e como combustível para aviões. Pesquisas em andamento vem desenvolvendo um combustível alternativo, derivado da biomassa, denominado bioquerosene

Combustão ou **queima** é uma reação química exotérmica (há exceções) entre uma substância (o combustível) e um gás (o comburente), geralmente o oxigênio, para liberar calor e luz. Durante a reação de combustão são formados diversos produtos resultantes da combinação dos átomos dos reagentes. No caso da queima em ar de compostos orgânicos (metano, propano, gasolina, etanol, diesel, etc) são formados centenas de compostos, por exemplo CO_2, CO, H_2O, H_2,CH_4, NO_x, SO_x, fuligem, etc,

sendo que alguns desses compostos causam a chuva ácida, danos aos ciclos biogeoquímicos do planeta e agravam o efeito estufa.

Os processos de combustão são responsáveis pela produção de cerca de 85 % da energia do mundo, inclusive o Brasil, em transporte (carros, aviões, trens, navios, etc), usinas termoelétricas, processos industriais, aquecimento doméstico, geradores, cozimento de alimentos e outro. Em uma reação estequiométrica ideal de um hidrocarboneto em ar são formados apenas CO_2 e H_2O, sendo o N_2 um gás inerte.

De uma forma geral:

$C_xH_yO_zN_t + (x+y/4-z/2)[O_2 + 3{,}76N_2] \rightarrow xCO_2 + (y/2)H_2O + (y/2)H_2O + [t/2+3{,}76(x+y/4-z/2)]N_2$.

Exemplos: $C_2H_5OH + 3\,[O_2+3{,}76N_2] \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O + 3.3{,}76N_2$ + calor

$CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$ +calor

$CH_2S + 6\,F_2 \rightarrow CF_4 + 2HF + SF_6$ + calorias

Numa forma geral as combustões são reações que ocorrem entre um combustível e um comburente.

Combustão resultante da mistura de gases ou partículas finamente divididas com o ar numa percentagem bem determinada – mistura explosiva ou detonante – propagando-se a uma velocidade superior a 340 m/s. Neste caso, a mistura tem de ocupar todo o espaço onde está contida e, no momento da explosão, provoca uma elevação de temperatura ou de pressão ou de ambas, simultaneamente, sobre todo o espaço confinante. Usamos como combustível a gasolina, o etanol ou o diesel. Combustão é o processo de obtenção de energia.

Em uma combustão completa, o reagente irá queimar no oxigênio, produzindo um número limitado de produtos e uma chama oxidante, azul. Quando um hidrocarboneto queima no oxigênio, a reação gerará apenas dióxido de carbono e água. Quando elementos como carbono, nitrogênio, enxofre e ferro são queimados, o resultado será os óxidos mais comuns. Carbono irá gerar o dióxido de carbono. Nitrogênio irá gerar o dióxido de nitrogênio . Enxofre irá gerar dióxido de

enxofre . Ferro irá gerar óxido de ferro (III) . A combustão completa é naturalmente improvável de ocorrer, a menos que a reação ocorra em situações cuidadosamente controladas, como, por exemplo, em um laboratório.

Geralmente, a equação química para queimar um hidrocarboneto (como o octano) com oxigênio é a seguinte:

$C_xH_y + (x + y/4)O_2 \rightarrow xCO_2 + (y/2)H_2O$

Por exemplo, a queima de propano é:

$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

A equação, em síntese, de um hidrocarboneto é sempre a seguinte:

Combustível + Oxigênio → Dióxido de carbono + Água + Calor

A combustão é uma reação de uma substância (combustível) com o oxigênio (comburente) presente na atmosfera, com liberação de energia.

A liberação ou consumo de energia durante uma reação é conhecida como variação da entalpia (ΔH), isto é, a quantidade de energia dos produtos da reação (Hp) menos a quantidade de energia dos reagentes da reação (Hr):

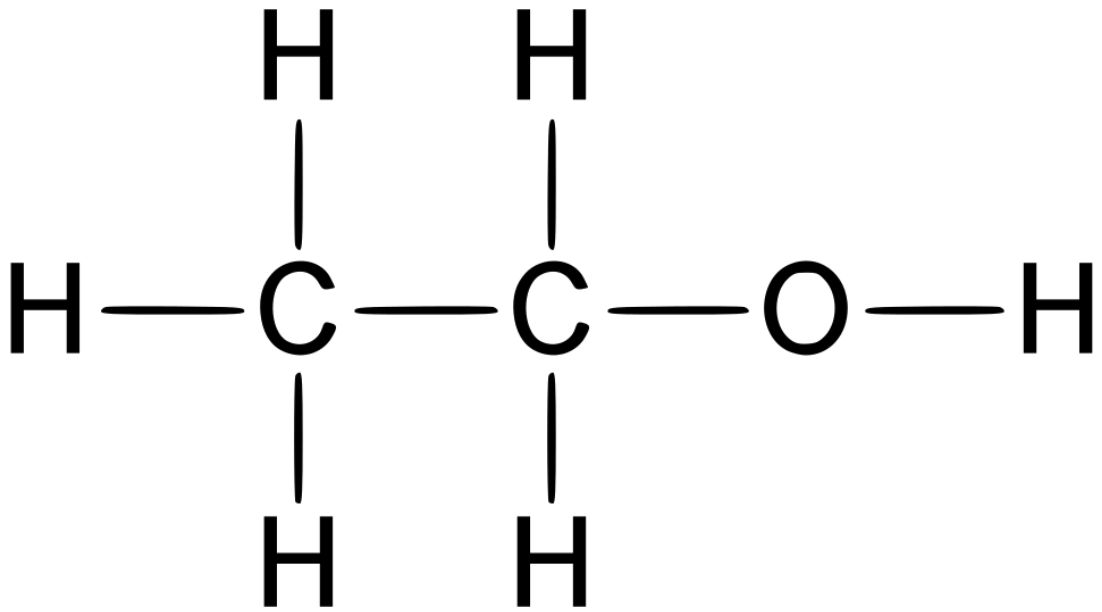
$$\Delta H = Hp - Hr$$

Quando $\Delta H > 0$ isto significa que a energia do(s) produto(s) é maior que a energia do(s) reagentes(s) e **a reação é endotérmica**, ou seja, absorve calor do meio ambiente. Quando $\Delta H < 0$, isto significa que a energia do(s) reagente(s) é maior que a energia do(s) produto(s) e **a reação é exotérmica**, ou seja, libera calor para o meio ambiente, como no caso da combustão da gasolina, por exemplo.

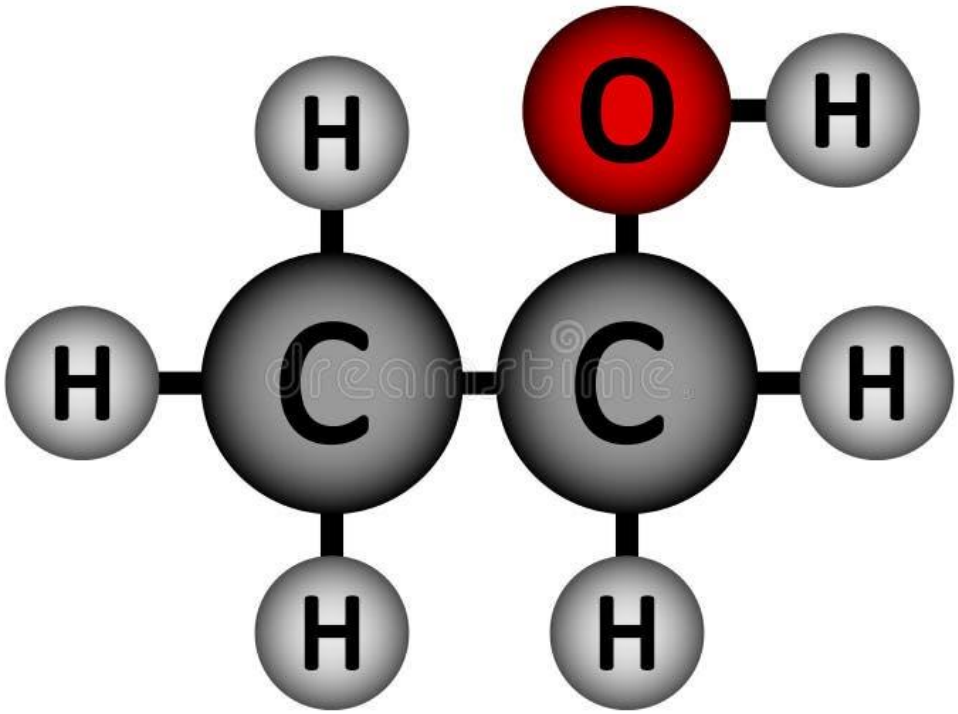
A respiração é um processo de combustão (“queima de alimentos”) que libera energia necessária para as atividades realizadas pelos organismos. É interessante notar que a reação inversa da respiração é a fotossíntese, que ocorre no cloroplasto das células vegetais, onde são necessários gás carbônico, água e energia (vinda da luz solar) para liberar

oxigênio e produzir material orgânico (celulose, glicose, amido, etc.) utilizado no crescimento do vegetal.

Entre todas estas opções de combustão (etanol, avigás, gasolina, diesel e querosene), a VBJ Engenharia escolheu usar o etanol como combustível e o principal motivo é que o etanol não colabora com o aquecimento global, nem com o efeito estufa. E produz mais energia por unidade de peso que as baterias elétricas.



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



20) Tanque e Peso do Etanol (200 litros):

O etanol trabalha com uma densidade de 789 kg/m^3; E com um poder calorífico de 5.380 kilocalorias por litro, ou seja, 22.596.000 Joules por litro. O que significa 4,5192*10^9 para 200 litros, que divido por 225.000 W (300 Hp) define uma carga horaria de 20.085 segundos ou 5,57 horas de autonomia. E o peso de combustível etanol para 200 litros é de 157,8 kg

Se o cálculo for feito por unidade de litro a energia de um litro é de 22.596.000 Joules, divido por 225.000 W (300 Hp), estabelece uma carga horária de 100,4 segundos o que representa apenas 1,67 minutos de trabalho. Onde o peso de um litro é de 0,789 kg

Se o cálculo for feito para 1 m^3 de etanol, a autonomia resultante é de 27,8 horas. E o peso de combustível é de 789 kg.

O equilíbrio de peso para uma boa autonomia (desejável 5 horas) é projetar a o equipamento com 200 litros, pois com este volume de combustível é viável realizar um deslocamento de 5 horas (sem um grande comprometimento de peso), que para uma velocidade máxima de 100 km/h estabelece um alcance de 500 km.

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

ETHANOL

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

21) Autonomia do Etanol:

A autonomia do uso de etanol depende do poder calorífico do combustível, do volume de etanol disponível no tanque da aeronave e da potência de trabalho do motor, no caso o motor Lycoming IO-540 (que trabalha com 300 Hp), usado no avião IPANEMA da empresa Embraer.

Auton = EnerCombEtanol*VolumeDoTanque/PotenciaDoMotor*DeltaT

Auton = autonomia de voo em horas

EnerCombEtanol = Energia de Combustão do Etanol por litro

VolumeDoTanque = Volume do Tanque de Combustível

PotenciaDoMotor = Potência de Trabalho do Lycoming IO-540

DeltaT = 1/3600

Usando uma dimensão volumétrica de 5 dm X 4 dm x 5 dm, totaliza 100 dm^3 e trabalhando com 2 tanques deste volume, opera-se com 200 dm^3 ou seja, 200 litros.

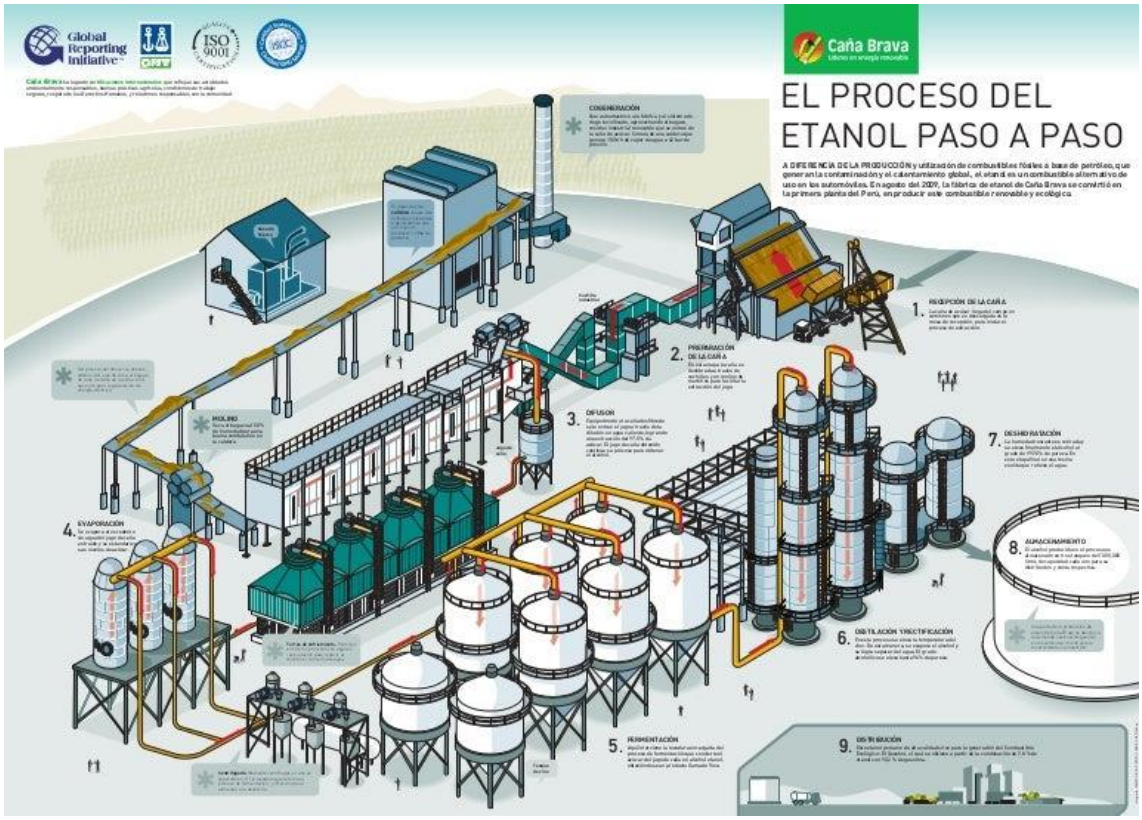
Com 200 litros de etanol e um motor com potência de 300 Hp, o sistema opera com uma autonomia de 20.085 segundos ou seja 5,57 horas.

O equipamento prevê um voo seguro de 5 horas, para executar um pouso de segurança que dura 0,5 horas.

A autonomia de voo da Aeronave eVTOL Motorbike (moto voadora), projetada pela VBJ Engenharia, opera com 5 horas de trabalho somado à 0,5 hora reservada para execução de pouso seguro.

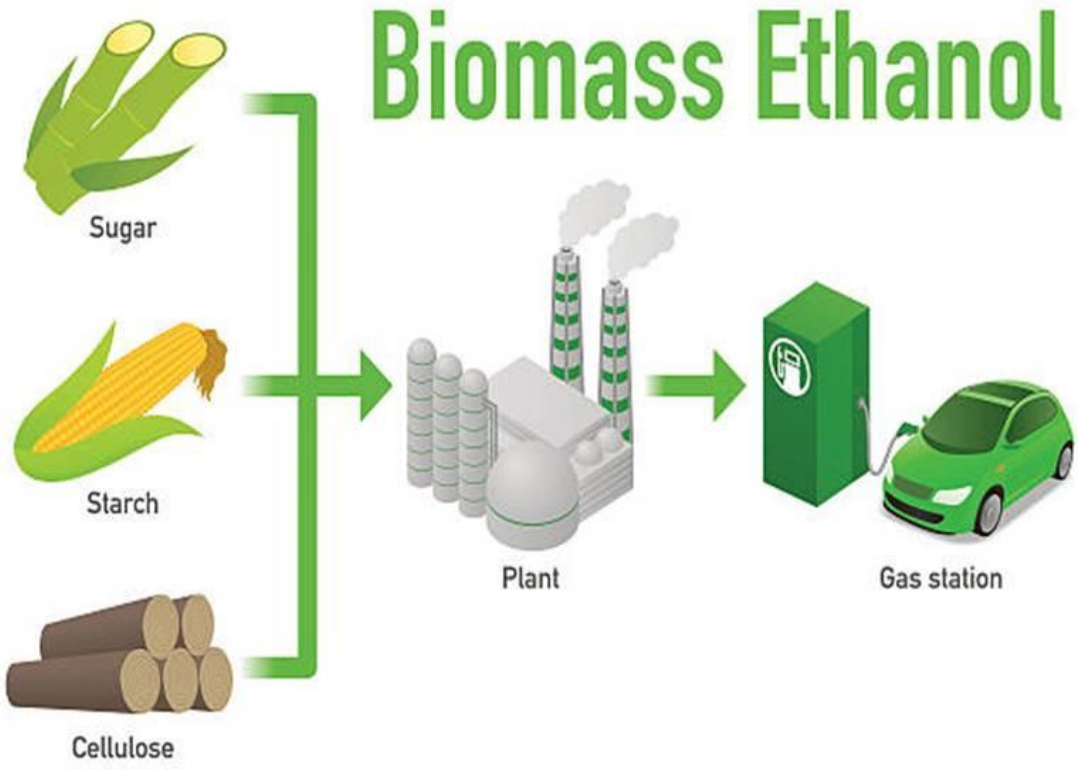
A aeronave também reserva o tanque de combustível tradicional da moto para deslocamento em solo, com o objetivo de alcançar um necessário posto de gasolina para enchimento o tanque da aeronave.

Ou seja, a aeronave eVTOL Motorbike projetada pela VBJ Engenharia tem autonomia tanto para deslocamento em solo, quanto para voo na atmosfera.



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



22) Tempo de enchimento do Tanque de Etanol:

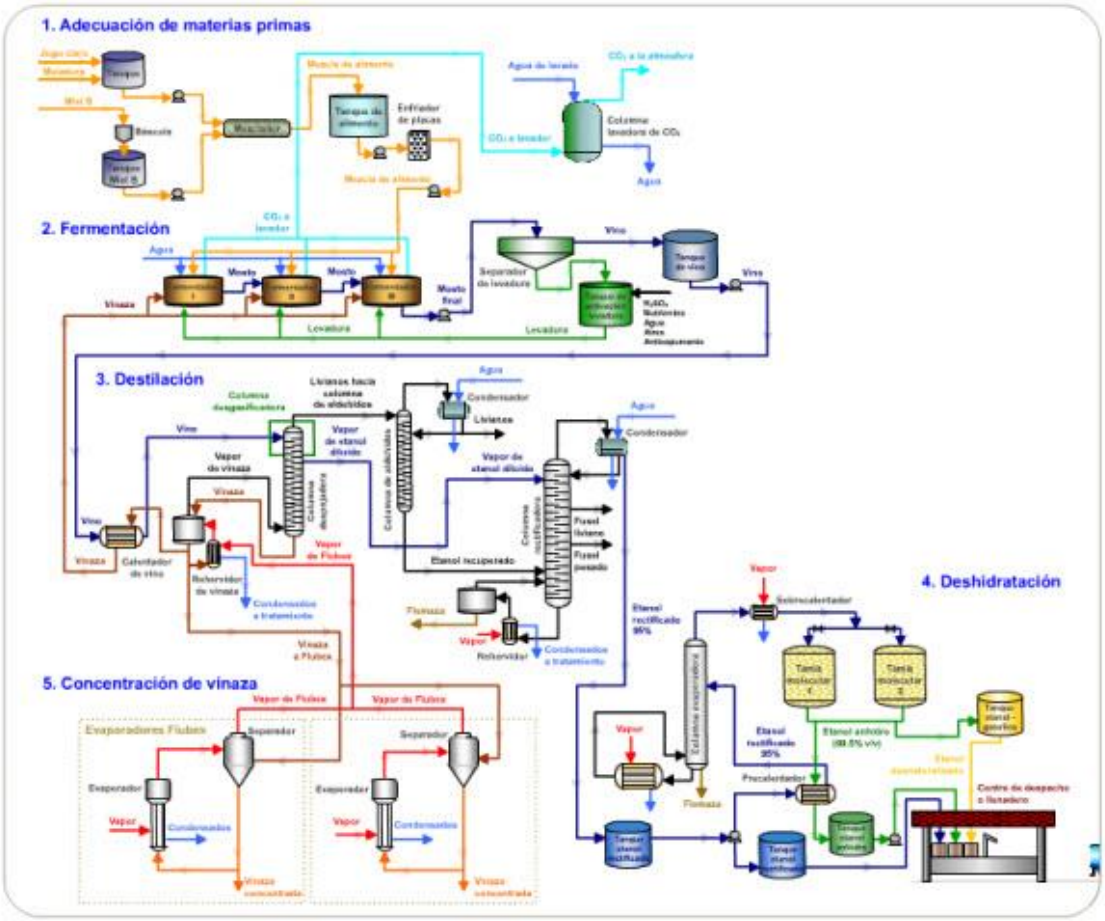
A recarga de baterias é muito demorada. Para uma bateria de 1200 Ah, por exemplo, são necessárias 6 horas de 200 amperes para permitir que a bateria seja recarregada por completo.

Com uma vazão de 20 litros por minuto de etanol, a recarga completa de 200 litros dura 10 minutos. 20 litros por minuto são 333 ml por segundo.

Trata-se de uma diferença enorme entre a recarga da bateria e a recarga do tanque de etanol.

É importante lembrar que a densidade do etanol é 0,789 kg/litro, ou seja, 262,7 gramas por cada 333 ml. O que significa uma taxa de 262,7 gramas por segundo de vazão (para o enchimento do tanque) para definir uma recarga de combustível de 200 litros (157,8 kg) durante 10 minutos.

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

Assim, o tempo de enchimento do tanque de etanol é muito mais rápido do que a recarga da bateria de uma aeronave eVTOL 100% elétrica. 10 minutos do enchimento do tanque de etanol de 200 litros (para uma aeronave híbrida) contra 6 horas de recarga da bateria de 1200 Ah (para uma aeronave 100% elétrica).

É importante observar que 300 Hp são 225.000 W de potência que durante 5 horas representam 1125 kWh de energia. Energia esta que se dividia por 640.000 Wh (800 Vcc e 800 Ah) estabelecem 1,75 baterias (ou seja, arredonda-se para 2 baterias) ou se for dividido por 2400 Wh (12 Vcc e 200 Ah) definem uma necessidade de 468 baterias. Esta necessidade de 468 baterias, pesando 55 kg por bateria gera um peso total de bateria no valor de 25.740 kg, o que torna a construção da aeronave inviável.

Esta condição de trabalho mostra que a opção de uso do etanol é extremamente mais atraente que ao se usar uma aeronave 100% elétrica.

Assim a VBJ Engenharia está optando por projetar uma aeronave híbrida, sendo que se utiliza de um motor Lycoming IO-540 a etanol para alimentar um alternador de 300 Hp e utiliza-se 4 motores elétricos da Weg para o voo vertical (decolagem, subida, voo pairado, descida e pouso) e utiliza-se 2 motores elétricos (aceleração, desaceleração, voo em guinada) também da Weg para o voo horizontal.

Num momento futuro, caso surjam no mundo baterias elétricas mais eficientes em relação ao peso, à autonomia, ao tempo de recarga, e em relação à poluição, a VBJ estará pronta para fazer a migração da tecnologia etanol para a tecnologia 100% elétrica, uma vez que bastará substituir o motor/alternador e o combustível etanol para a nova hipotética tecnologia elétrica, 100% baseada em baterias.

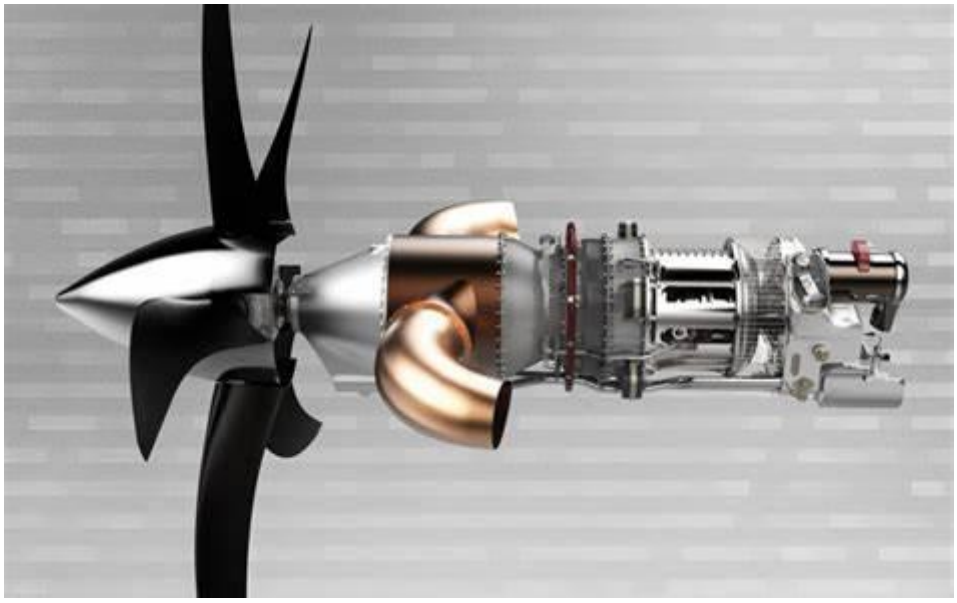
23) Potência do Motor Lycoming IO-540 do Avião Ipanema da Embraer (300 Hp 2700 rpm):

O motor Lycoming IO-540 foi projetado pela união entre a parceria da Embraer e da Lycoming para montar aplicar na aeronave IPANEMA (aeronave). Este motor foi projetado para usar etanol e não querosene, nem avigás.

Este motor trabalha com 300 Hp (225 kW) e opera durante 5 horas, ou seja 1.125 kWh de energia. E criar uma rotação de 2700 rpm. O torque de deslocamento é de 225 kW / (2*´pi()*45) = 796 N*m.

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Motor trifásico Inverter Duty Motor TEBC

Potência		Carcaça	RPM	Corrente nominal em 220V (A)	Corrente com rotor bloqueado I_p / I_n	Conjugado nominal C_n (kgfm)	Conjugado com rotor bloqueado C_p / C_n	Conjugado máximo C_{max} / C_n	Rendimento η %			Fator de potência Cos φ			Fator de serviço F S	Momento de inércia J (kgm²)	Tempo máx. com rotor bloqueado (s) a quente	Nível médio de pressão sonora dB (A)	Peso aprox. (kg)
									% da potência nominal										
cv	kW								50	75	100	50	75	100					
2 Pólos - 60 Hz																			
1,5	1,1	90S	3440	4,25	7,0	0,31	2,5	3,0	72,5	76,5	78,0	0,75	0,83	0,87	1,00	0,00157	7	68	23,9
2,0	1,5	90S	3410	5,70	6,5	0,42	2,2	2,6	75,5	78,5	78,5	0,76	0,84	0,88	1,00	0,00157	8	68	23,9
3,0	2,2	90S	3465	8,43	7,8	0,62	3	3,0	78,5	80,0	81,5	0,66	0,77	0,84	1,00	0,00205	5	68	25,6
4,0	3,0	90L	3450	11,0	7,9	0,83	3	3,4	81,5	82,5	83,0	0,70	0,80	0,86	1,00	0,00266	4	68	28,6
5,0	3,7	100L	3485	12,9	8,0	1,03	2,6	2,8	81,0	84,8	85,6	0,75	0,83	0,88	1,00	0,00672	6	71	41,5
6,0	4,5	112M	3465	15,8	7,5	1,24	2,2	2,9	83,0	84,4	85,1	0,77	0,85	0,88	1,00	0,00727	10	69	48,1
7,5	5,5	112M	3500	19,1	8,0	1,53	2,6	3,4	84,0	86,2	86,7	0,72	0,80	0,87	1,00	0,00842	8	69	50,4
10	7,5	132S	3510	25,5	7,8	2,04	2,2	2,8	84,0	86,5	87,6	0,77	0,85	0,88	1,00	0,02243	12	72	72,4
12,5	9,2	132M	3520	31,2	7,8	2,54	2,4	3,0	85,8	87,5	88,0	0,77	0,84	0,88	1,00	0,0243	10	72	77,1
15	11	132M	3520	36,9	8,5	3,05	2,6	3,3	85,0	87,5	87,8	0,77	0,85	0,89	1,00	0,02804	5	72	81,5
20	15	160M	3540	50,3	7,8	4,05	2,3	3,0	86,4	88,6	89,0	0,75	0,84	0,88	1,00	0,04706	9	75	115,8
25	18,5	160M	3525	61,6	8,0	5,08	2,4	2,8	88,0	89,5	89,5	0,78	0,85	0,88	1,00	0,05295	7	75	122,8
30	22	160L	3530	72,1	8,5	6,08	2,5	3,0	90,2	91,0	91,0	0,78	0,85	0,88	1,00	0,06471	8	75	137,4
40	30	200M	3555	99,0	7,2	8,06	2,9	2,9	88,5	90,0	90,4	0,80	0,86	0,88	1,00	0,17042	11	79	223,7
50	37	200L	3560	120	7,5	10,06	3	2,9	90,0	91,5	92,2	0,81	0,86	0,88	1,00	0,2063	17	79	256,2
60	45	225S/M	3560	142	8,0	12,07	2,6	3,0	88,6	91,0	92,5	0,82	0,87	0,90	1,00	0,34083	21	83	369,1
75	55	225S/M	3560	173	8,0	15,08	2,5	2,7	90,0	92,0	92,8	0,85	0,89	0,90	1,00	0,44846	16	83	414,6
100	75	250S/M	3560	231	8,2	20,11	3	3,3	91,0	92,5	93,5	0,85	0,90	0,91	1,00	0,50227	13	85	461,9
125	90	280S/M	3575	286	8,0	25,03	2,5	3,0	90,0	92,0	93,7	0,80	0,86	0,88	1,00	1,27083	30	84	717,0
150	110	280S/M	3570	344	7,8	30,08	2,5	2,7	89,0	92,0	93,3	0,82	0,86	0,90	1,00	1,27083	34	84	718,2
175	132	315S/M	3570	409	7,9	35,10	2,5	2,6	91,5	93,1	94,0	0,83	0,88	0,90	1,00	1,41204	15	87	806,4
200	150	315S/M	3575	464	7,8	40,06	2,7	2,8	91,5	93,2	94,2	0,84	0,88	0,90	1,00	1,64738	17	87	876,1
250	185	315S/M	3575	572	8,5	50,07	2,8	3,0	92,0	93,7	94,3	0,82	0,88	0,90	1,00	2,11806	18	87	1003,8
300	220	355M/L	3580	662	7,2	60,00	1,7	2,5	91,0	92,7	93,8	0,88	0,91	0,93	1,00	4,36666	70	96	1500,8
350	260	355M/L	3580	781	7,6	70,00	1,7	2,4	91,8	93,8	94,0	0,89	0,92	0,93	1,00	5,17105	60	96	1645,0
4 Pólos - 60 Hz																			
1,0	0,75	90S	1725	3,15	6,0	0,42	2,8	3,0	71,0	76,0	78,0	0,60	0,73	0,80	1,00	0,00392	6	51	25,0
1,5	1,1	90S	1710	4,57	6,6	0,63	2,8	2,8	74,0	77,5	79,0	0,60	0,73	0,80	1,00	0,00392	6	51	25,0
2,0	1,5	90S	1740	6,12	6,4	0,82	2,5	3,0	77,0	81,0	82,5	0,60	0,72	0,78	1,00	0,00560	7	51	27,7
3,0	2,2	90L	1730	8,70	6,8	1,24	2,6	2,8	79,0	82,0	83,0	0,64	0,75	0,80	1,00	0,00672	6	51	30,3
4,0	3,0	100L	1725	11,8	7,5	1,66	2,6	2,8	82,0	83,0	83,5	0,61	0,73	0,80	1,00	0,00918	7	54	40,0
5,0	3,7	100L	1715	14,0	7,6	2,09	2,9	3,1	82,5	84,3	85,5	0,63	0,75	0,81	1,00	0,00995	7	54	42,3
6,0	4,5	112M	1745	16,5	7,4	2,46	2,2	2,8	85,0	86,0	86,2	0,66	0,77	0,83	1,00	0,01741	11	58	52,6
7,5	5,5	112M	1740	20,0	7,0	3,09	2,2	2,8	86,6	87,5	88,0	0,63	0,74	0,82	1,00	0,01741	11	58	52,6
10	7,5	132S	1760	26,6	8,0	4,07	2,2	3,0	86,0	88,0	89,0	0,66	0,77	0,83	1,00	0,04652	5	61	71,0
12,5	9,2	132M	1755	33,3	8,7	5,10	2,5	2,9	86,3	87,8	88,5	0,62	0,73	0,82	1,00	0,05427	5	61	78,0
15	11	132M	1755	39,3	8,3	6,12	2,3	2,8	86,8	88,2	88,5	0,68	0,80	0,83	1,00	0,05815	5	61	80,6
20	15	160M	1760	52,6	6,3	8,14	2,3	2,2	88,0	89,3	90,2	0,69	0,79	0,83	1,00	0,09535	10	66	122,5
25	18,5	160L	1755	64,3	6,3	10,2	2,3	2,4	89,0	90,0	91,0	0,70	0,79	0,83	1,00	0,11542	11	66	137,0
30	22	160M	1765	75,5	7,5	12,17	2,8	2,8	89,3	90,0	91,0	0,70	0,80	0,84	1,00	0,16145	9	68	167,2
40	30	200M	1770	101	6,6	16,18	2,3	2,5	89,5	90,5	91,7	0,72	0,82	0,85	1,00	0,27579	14	71	224,9
50	37	200L	1770	122	6,6	20,23	2,3	2,3	90,2	91,5	92,4	0,75	0,83	0,86	1,00	0,33095	12	71	261,1
60	45	225S/M	1775	146	7,2	24,20	2,3	2,7	91,0	92,2	93,0	0,75	0,84	0,87	1,00	0,69987	20	75	371,5
75	55	225S/M	1775	176	7,4	30,25	2,2	2,7	90,3	92,0	93,0	0,76	0,84	0,88	1,00	0,80485	15	75	394,7
100	75	250S/M	1780	242	8,8	40,22	3,2	3,2	92,0	93,0	93,5	0,74	0,83	0,87	1,00	1,15478	12	75	494,7
125	90	280S/M	1780	293	7,3	50,28	2,2	2,5	91,5	92,9	93,8	0,75	0,83	0,86	1,00	1,92710	25	80	667,0
150	110	280S/M	1785	353	8,0	60,17	2,6	2,7	91,5	93,5	94,1	0,78	0,84	0,87	1,00	2,56947	20	80	782,0
175	132	315S/M	1780	433	7,5	70,39	2,5	2,5	91,0	93,0	94,1	0,80	0,83	0,85	1,00	2,81036	14	80	868,4
200	150	315S/M	1785	484	7,5	80,22	2,4	2,6	90,5	93,0	94,5	0,75	0,83	0,86	1,00	3,21184	19	80	932,6
250	185	315S/M	1785	597	8,3	100,28	2,8	2,8	91,0	93,0	94,5	0,76	0,84	0,86	1,00	3,77391	22	80	1018,9
300	220	355M/L	1790	691	7,0	120	2,2	2,3	93,0	94,5	95,0	0,79	0,85	0,88	1,00	6,33813	48	83	1446,5
350	260	355M/L	1790	815	7,3	140	2,3	2,4	92,9	94,6	95,1	0,77	0,85	0,88	1,00	7,45663	32	83	1563,2
400	300	355M/L	1790	939	6,6	160	2,1	2,1	93,3	94,7	95,3	0,81	0,86	0,88	1,00	9,32079	37	83	1741,7
450	330	355M/L	1790	1030	7,1	180	2,1	2,1	93,8	94,8	95,4	0,77	0,85	0,88	1,00	10,25287	39	83	1855,6
500	370	355M/L	1790	1160	6,6	200	2,1	2,2	93,9	95,0	95,4	0,79	0,85	0,88	1,00	11,18495	31	83	1942,4

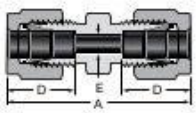
Obs: Valores sujeitos à tolerância da norma NBR 7094
Rendimentos conforme norma NBR 5383
Os valores apresentados estão sujeitos à alteração sem aviso prévio.

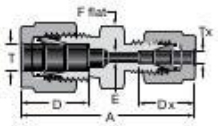
Ordering Numbers and Dimensions

- See **How to Order,** below. Minimum order quantities may apply to certain materials and configurations.
- Dimensions are for reference only and are subject to change. Dimensions are shown with Swagelok nuts finger-tight. For Swagelok nut dimensions, see page 50.
- CAD templates are available on www.swagelok.com.

Straight Fittings

Unions





Union

Tube OD	Basic Ordering Number	Dimensions A	D	E
Dimensions, in.				
1/16	-100-6	0.99	0.34	0.05
1/8	-200-6	1.40	0.50	0.09
3/16	-300-6	1.47	0.54	0.12
1/4	-400-6	1.61	0.60	0.19
5/16	-500-6	1.69	0.64	0.25
3/8	-600-6	1.77	0.66	0.28
1/2	-810-6	2.02	0.90	0.41
1/2	-810-6-0030①	4.30	—	0.50
5/8	-1010-6	2.05	0.96	
3/4	-1210-6	2.11		0.62
7/8	-1410-6	2.17	1.02	0.72
1	-1610-6	2.55	1.23	0.88
1 1/8	-1810-6			0.97
1 1/4	-2000-6	3.63	1.62	1.09
1 1/2	-2400-6	4.25	1.97	1.34
2	-3200-6	5.88	2.66	1.81
Dimensions, mm				
2	-2M0-6	35.6	12.9	1.7
3	-3M0-6	35.3		2.4
4	-4M0-6	37.3	13.7	
6	-6M0-6	41.0	15.3	4.8
8	-8M0-6	43.2	16.2	6.4
10	-10M0-6	46.2	17.2	7.9
12	-12M0-6	51.2	22.8	9.5
14	-14M0-6	52.0	24.4	11.1
15	-15M0-6			11.9
16	-16M0-6			12.7
18	-18M0-6	53.5		15.1
20	-20M0-6	55.0	26.0	15.9
22	-22M0-6			18.3
25	-25M0-6	65.0	31.3	21.8
28	-28M0-6	85.0	36.6	
30	-30M0-6	92.7	39.6	26.2
32	-32M0-6	97.3	42.0	28.6
38	-38M0-6	114	49.4	33.7
50	-50M0-6	146	65.0	45.2

① Bored through.

Union (Metric to Fractional)

Tube OD T	Tube OD Tx, in.	Basic Ordering Number	Dimensions A	D	Dx	E	F
Dimensions, mm							
2	1/8 1/4	-2M0-6-2 -2M0-6-4	35.2 38.6	12.9	12.8 15.3	1.7	12 14
3	1/8	-3M0-6-2	35.2	12.9	12.8	2.4	12
4	1/8 1/4	-4M0-6-2 -4M0-6-4	36.5 39.4	13.7	12.8 15.3	2.4	12 14
6	1/16 1/8 1/4 5/16 3/8	-6M0-6-1 -6M0-6-2 -6M0-6-4 -6M0-6-5 -6M0-6-6	34.3 38.5 41.0 42.3 43.2	15.3	8.6 12.8 15.3 16.2 16.8	1.3 2.4 4.8 4.8 4.8	14 14 14 14 16
8	1/4 3/8	-8M0-6-4 -8M0-6-6	42.3 44.3	16.2	15.3 16.9	4.8 6.4	15 16
10	1/8 1/4 5/16 3/8	-10M0-6-2 -10M0-6-4 -10M0-6-5 -10M0-6-6	41.8 44.5 45.1 45.9	17.2	12.8 15.3 16.2 16.9	2.4 4.8 6.4 7.1	18
12	1/4 5/16 3/8 1/2	-12M0-6-4 -12M0-6-5 -12M0-6-6 -12M0-6-8	47.0 47.8 48.4 51.2	22.8	15.3 16.2 16.9 22.8	4.8 6.4 7.1 9.5	22
15	1/2	-15M0-6-8	52.0	24.4	22.8	10.3	24
16	5/8	-16M0-6-10	52.0	24.4	24.4	12.7	24
18	3/4	-18M0-6-12	53.5	24.4	24.4	15.1	27
20	1/2 1	-20M0-6-8 -20M0-6-16	55.0 62.8	26.0	22.8 31.3	10.3 15.9	30 35
25	1	-25M0-6-16	65.0	31.3	31.3	21.8	35

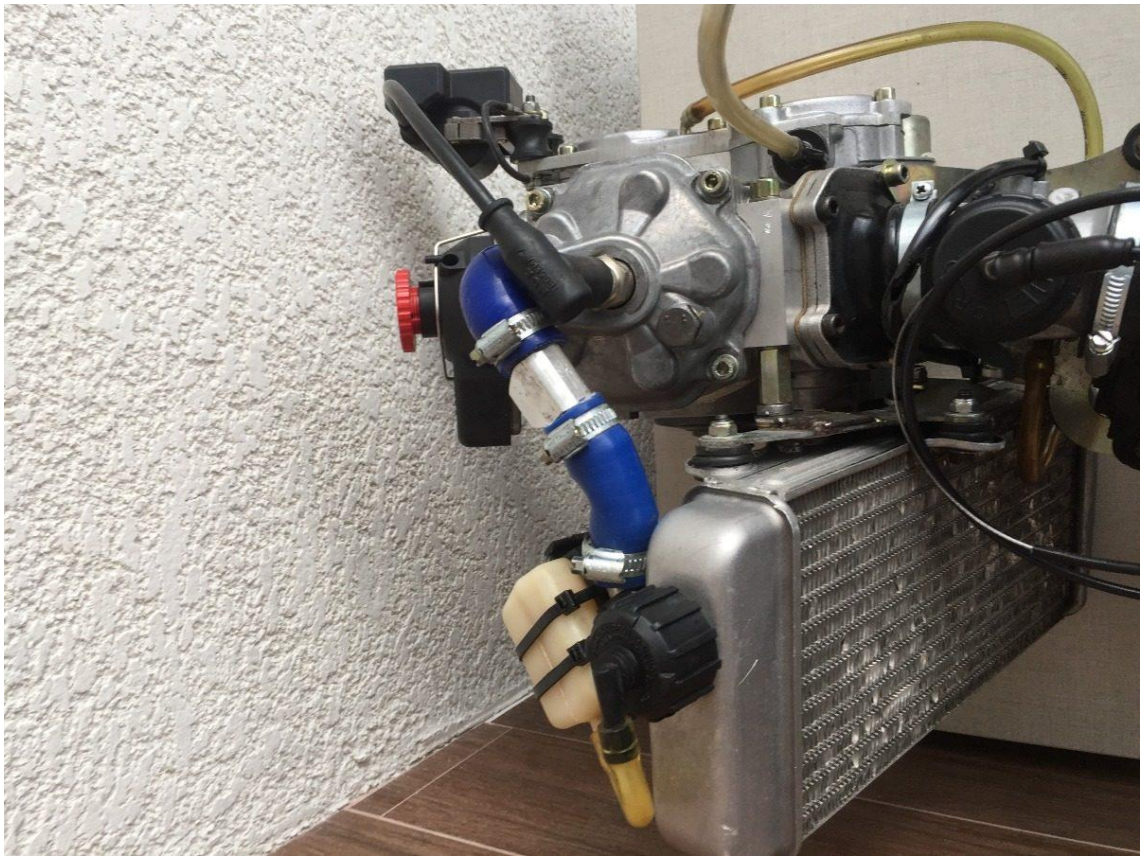
How to Order

Select a basic ordering number. Example **-100-6**

Add a material designator. Example: **SS**-100-6

Material	Designator	Material	Designator
316 SS	SS	Alloy C-276	HC
Aluminum	A	Brass	B
Alloy 20	C20	Carbon steel	S
Alloy 400	M	Nylon	NY
Alloy 600	INC	PTFE	T
Alloy 625	625	Titanium (grade 4)	TI
Alloy 825	825		

Swagelok



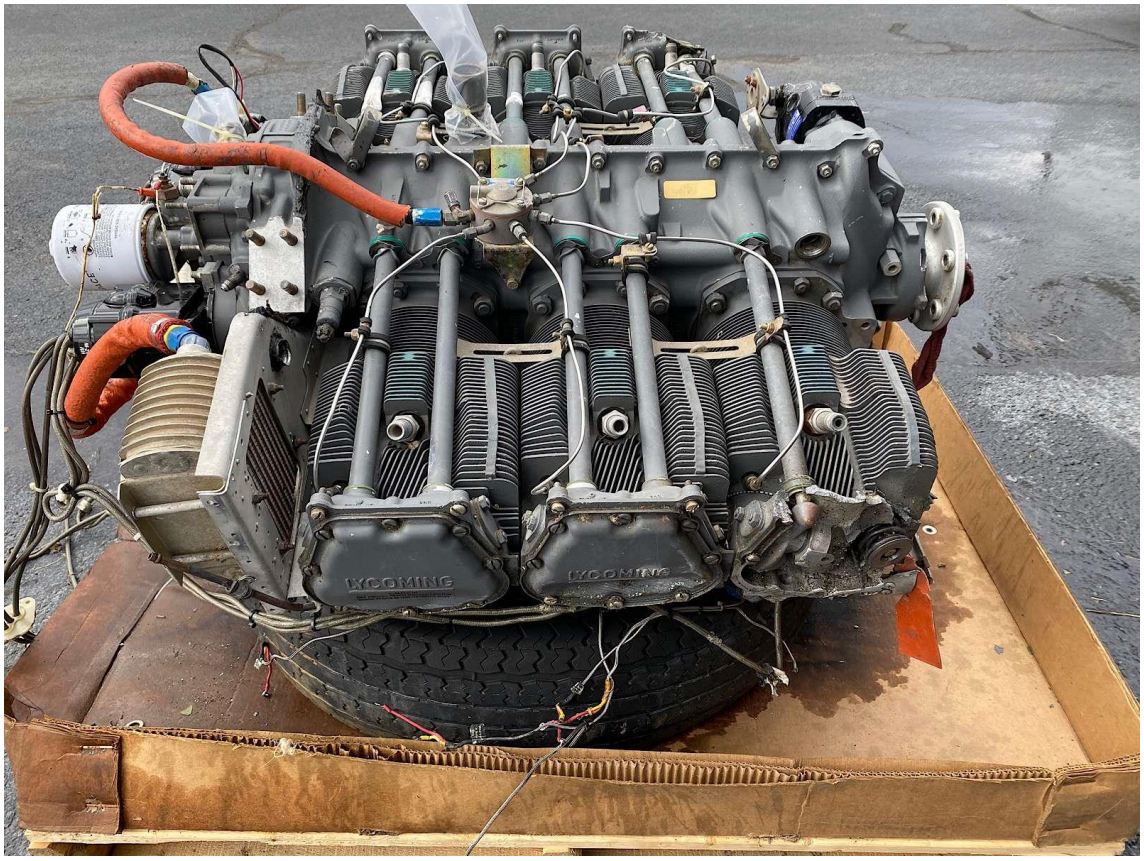
Este é o motor Rotax baseado a avigás.

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Este é o motor Lycoming.

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



Este e o motor Lycoming IO-540 baseado a etanol.

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Este é o motor Lycoming IO-540 baseado a etanol.

24) Projeto com 4 rotores verticais e 2 rotores horizontais:

A aeronave eVTOL motorbike (moto voadora) desloca-se no ar na direção vertical utilizando 4 rotores de 40 Hp cada um para voo de decolagem, subida, pairado, descida e pouso. Totalizando 160 Hp para uma carga de 200 kg para 2 passoas.

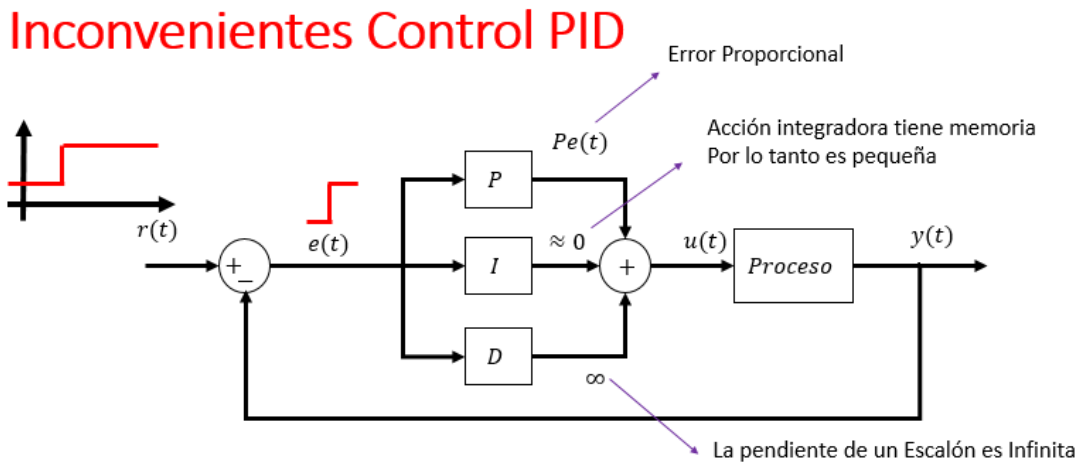
E desloca-se na horizontal utilizando 2 rotes de 10 Hp cada um para aceleração, desaceleração e voo em guinada. Voo frontal e também em retaguarda.

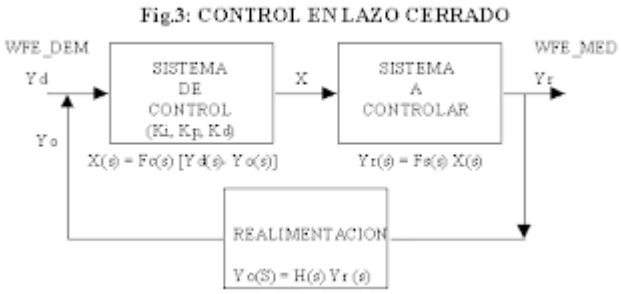
O voo de decolagem, subida, pairado, descida e pouso é calculado e corrigido usando sistema de controle de altitude baseado em PID (Controle Proporcional Integral e Derivativo) onde se calcula o erro de altitude desejada em relação a altitude real e define-se um fator de aplicação e proporção PID que estabelece a altitude real.

Do mesmo modelo, calcula-se o sistema de voo de velocidade horizontal e mede-se o erro entre a velocidade desejada e a velocidade real e e define-se o fator PID que estabelece a velocidade real.

Ou seja, o sistema PID vertical calcula a altitude desejada em relação a altitude real e estabelece esta altitude real. E o Sistema PID horizontal calcula a velocidade real.

O cálculo do PID vertical alimenta os 4 motores elétricos verticais e o cálculo do PID horizontal alimenta os 2 motores horizontais.





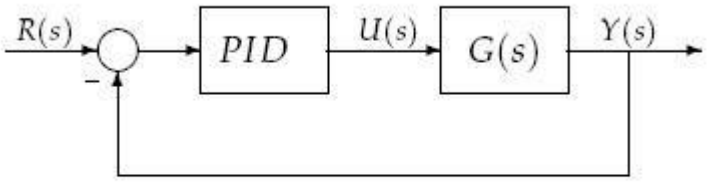
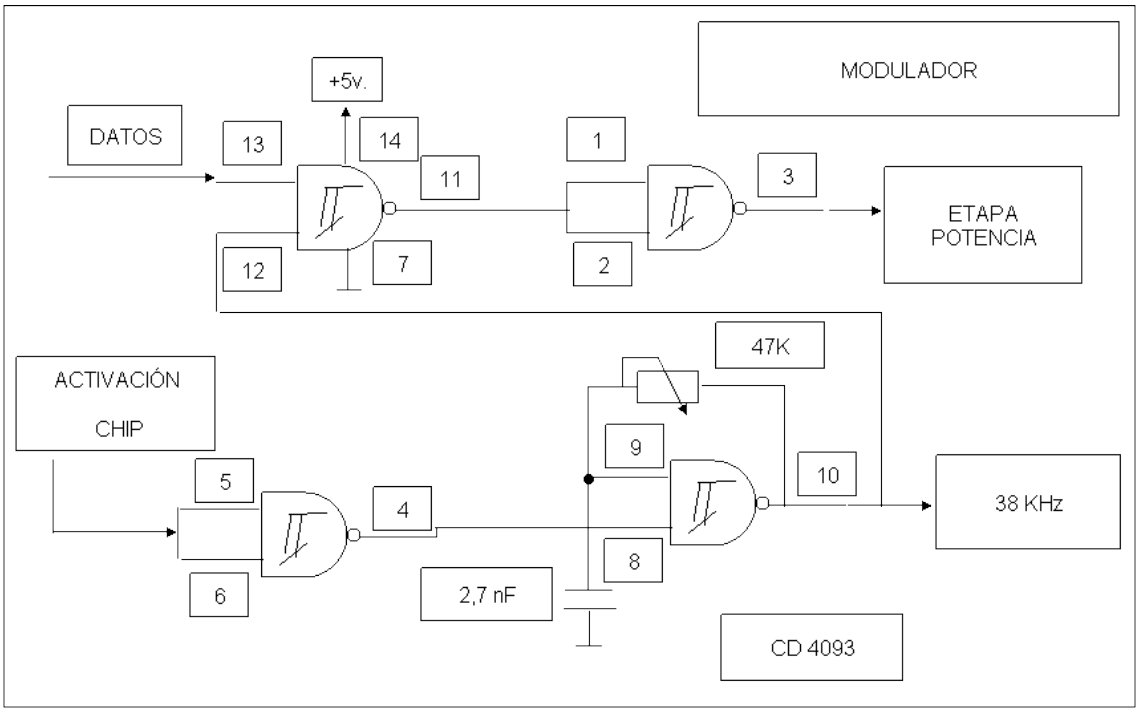
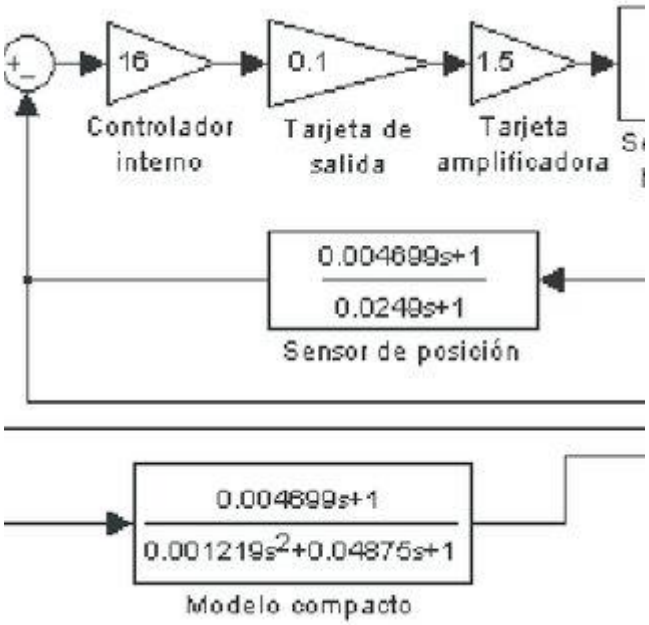
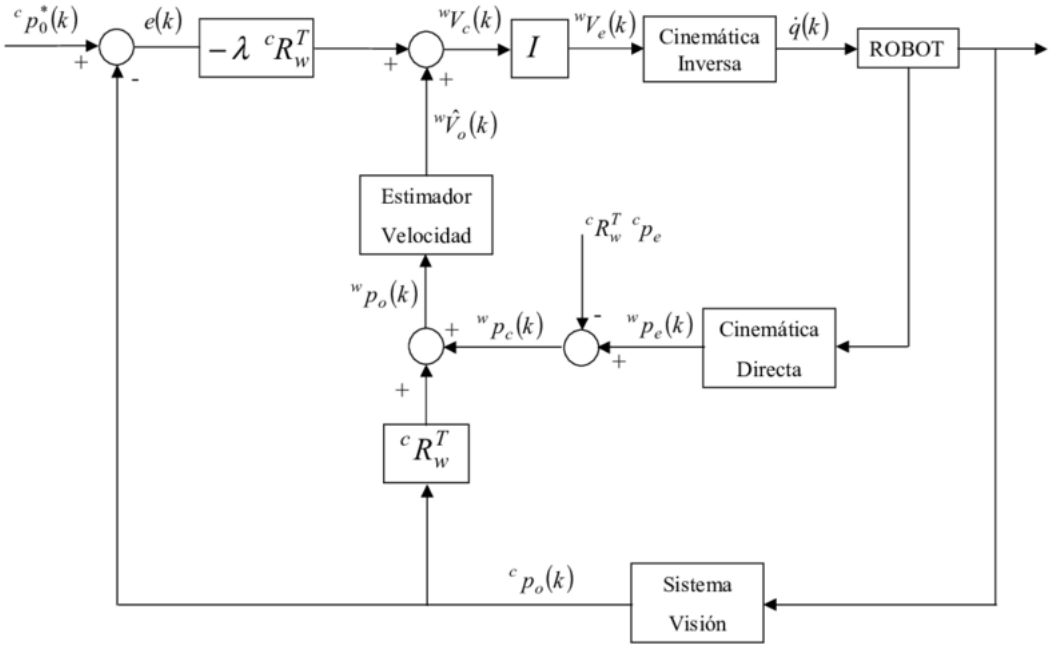


Figura 1: Diagrama en bloques



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

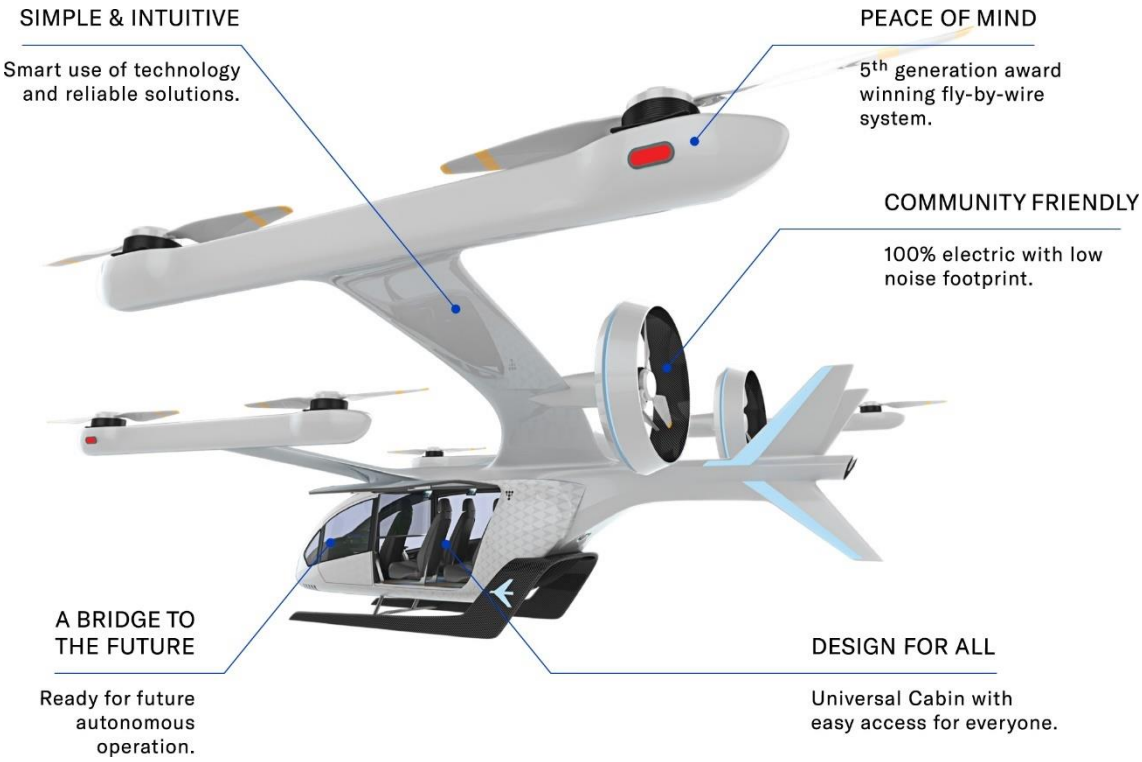
25) Outros modelos de projeto (6, 8 ou mais rotores):

Da mesma forma que as aeronaves eVTOL Motorbike possuem 4 rotores/motores para voo vertical, há a possibilidade de usar veículos para voo na vertical com mais motores/rotores, por exemplo 6 rotores para aumento da capacidade de carga máxima em 50 % e 8 rotores para aumento da capacidade de carga máxima em 100%.

Um exemplo para isso se trata da aeronave EVE da Embraer que usa 8 rotores na vertical e mais 2 rotores na horizontal. E está sendo projetada na Flórida nos EUA.

Existe uma outra aeronave que usa 36 motores para voo vertical, chamada Lilium projetada na Alemanha.

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

26) Combinação de um motor a etanol para geração de energia (alternador):

O uso de baterias no projeto da VBJ Engenharia está sendo não utilizado, devido ao peso, à autonomia e ao tempo de recarga da mesma.

O invés de usar baterias, usamos a geração elétrica de energia baseado no motor IO-540 de etanol da empresa Lycoming e utilizado na aeronave IPANEMA da empresa Embraer. Este motor através de alternador gera 300 Hp de potência e produz 2700 rpm de rotação com uma voltagem de 440 Volts.

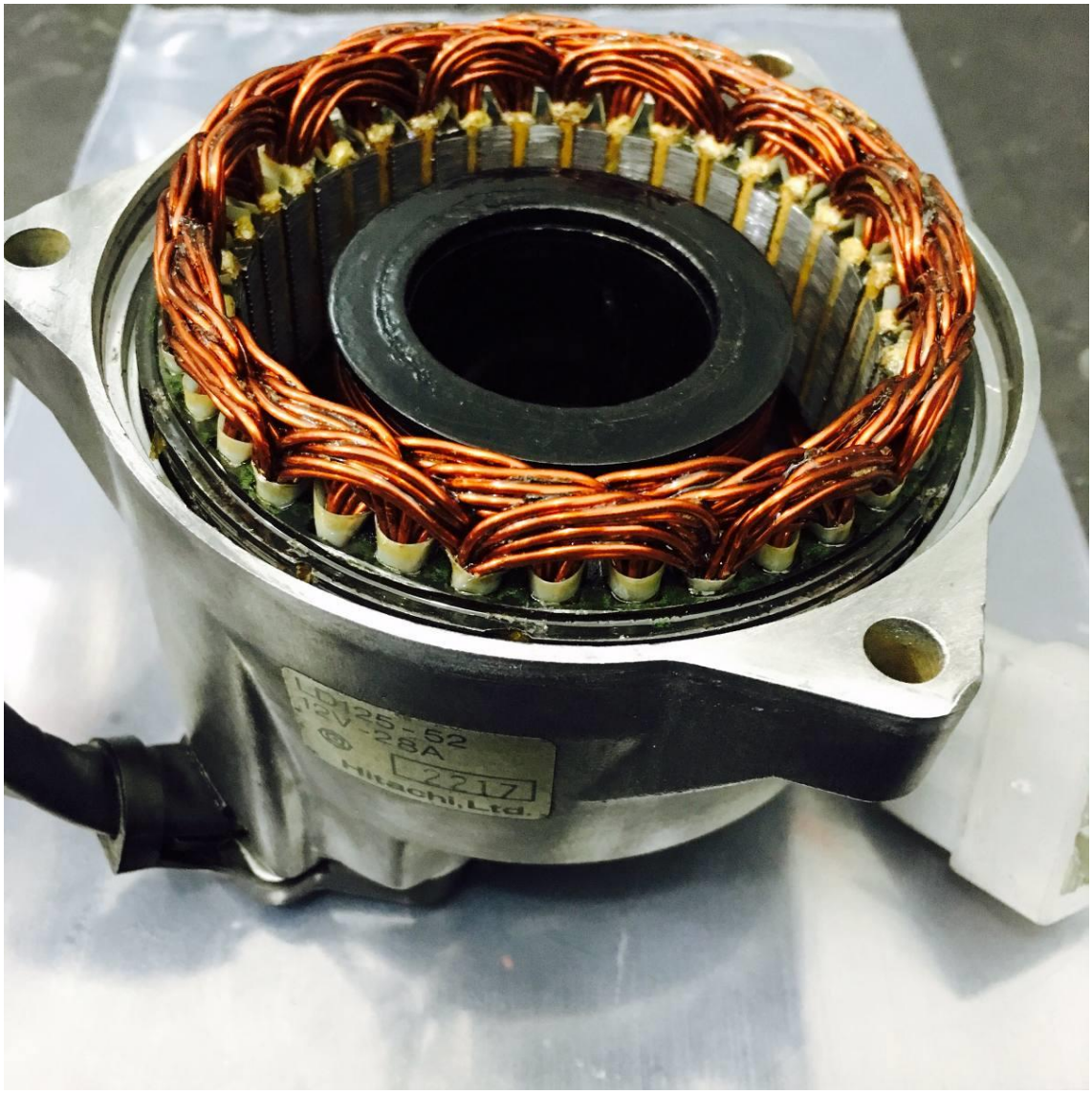
O motor Lycoming IO-540 pesa 199 kg e o alternador pesa 660 kg. Na saída do alternador monta-se 6 inversores de frequência, 4 para 60 Hz 440 V para cada motor na vertical e 2 para 60 Hz 440 V para cada motor na horizontal. Cada inversor pesa 20,5 kg.

A saída dos inversores de frequência trabalha com 40 Hp em cada motor vertical e 10 Hp com cada motor na horizontal.

Portanto, se trata de um sistema híbrido que usa combustível a etanol, motor a etanol, 6 alternadores inversores de frequência para controle de velocidade dos motores elétricos, e 6 motores elétricos (4 verticais e 2 horizontais).

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

27) 4 motores elétricos para voo eVTOL (electric Vertical Take Off and Landing: decolagem e pouso na vertical elétrica):

Para viabilizar o voo vertical, o sistema desenvolvido pela empresa VBJ Engenharia utiliza 4 motores elétricos e 4 rotores. Cada motor elétrico trabalha com 3600 rpm e ao se alterar a velocidade de rotação do inversor de frequência, altera-se a velocidade de rotação do motor e consequentemente altera-se a velocidade de rotação do rotor, onde cada rotor possui 3, 4, 5, 6 ou 8 asas.

As asas sustentam e impulsionam o corpo da aeronave segundo as seguintes equações de sustentação e de torque de arrasto:

L(w,R) = ½*rho*(w*R/2)^2*R*b*np*nr*cl

T(w,R) = ½*rho*(w*R/2)^2*R*R/4*b*np*cd

Onde

L = Força de Sustentação

T = Torque de Arrasto

w = velocidade de rotação angular

R = raio do rotor

b = corda da asa

np = número de pás

nr = número de rotores

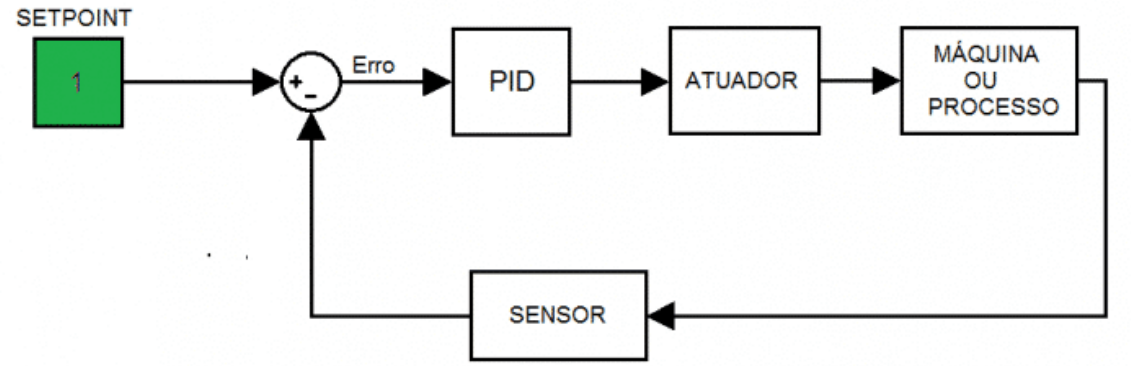
cl = coeficiente de sustentação

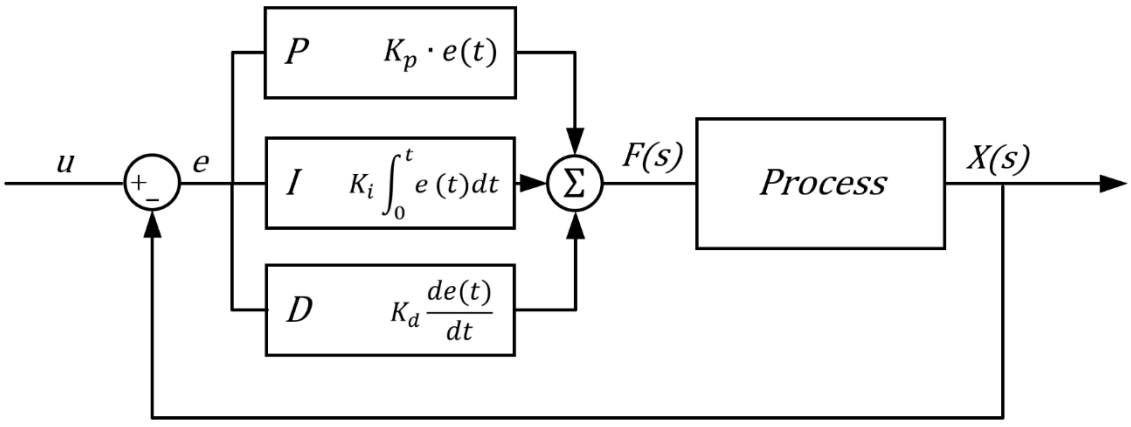
cd = coeficiente de arrasto

Ou seja, verificando que as variáveis R, b, np, nr, cl e cd são fixas, cabe a alteração da velocidade de rotação angular w modificar-se e com esta modificação, altera-se a força de sustentação L.

O que significa que se ao alterar a velocidade de rotação angular pelo inversor de frequência, esta alteração modifica a força de sustentação L, fazendo com que o sistema decole, suba, faça voo pairado, desça e pouse.

O controle de altitude da aeronave utiliza a modificação desta altitude como variável, onde se estabelece a altitude desejada e mede-se a altitude real. A diferença entre a altitude desejada e a altitude real define um erro de altitude. Erro este que é amplificado pela constante PID (Proporcional, Integral e Derivativo) altera a velocidade de rotação do inversor de frequência e desta forma altera-se a altitude para que a altitude real seja próxima da altitude desejada.





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Os motores elétricos executam o voo de altitude através da medição da altitude real e a comparação com a altitude desejada. Esta altitude desejada menos a altitude real estabelece o valor do erro de altitude. Este erro é multiplicado delas constantes PID (Proporcional Integral e Derivativo) e define uma força vertical que subtraída da força peso do sistema gera uma força resultante que impulsiona o sistema para decolagem, subida, voo pairado, descida de pouso.

O princípio de Engenharia de Controle trabalha com retroalimentação da variável a ser controlada que no caso do voo vertical é a altitude; e no caso do voo horizontal é a velocidade; e no caso do voo guinado é o posicionamento da bussola; e no caso da inclinação nos eixos x, y são as variáveis de inclinação que se pretende que seja zero o tempo todo de forma a criar estabilidade vertical na inclinação. Ou seja, controla-se a altitude, a velocidade, o ângulo de guinada e o ângulo de inclinação x, y durante o tempo todo e todos os controles utilizando o princípio de retroalimentação PID.

Cada uma destas 5 variáveis é independente entre si, e, portanto, o sistema e as equações de controle são também independentes entre si. Ou seja, uma variável não depende das outras o que permite a construção do sistema de controle das 5 variáveis de forma independente. E cada uma das 3 variáveis (altitude, velocidade e ângulo de guinada) é comandada para valores desejados através de 3 potenciômetros que alimentam o Sistema do Arduíno. As outras 2 variáveis (x, y) são comandadas através do valor zero de inclinação.

O sistema de medição de altitude pode utilizar 2 ou mais sensores de medição para garantir a segurança e a redundância dos sensores, e ambos alimentam o sistema de cálculo de erro de altitude; este erro de altitude alimenta o cálculo do PID que alimenta os 4 sistemas de inversão de frequência. Cada um destes 4 inversores de frequência alimenta cada um dos motores elétricos. O que significa que quanto maior for o valor do erro de altitude (PID), maior será a frequência do inversor e maior será a velocidade de rotação dos motores e dos rotores.

Utilizando este princípio de controle, pode-se executar não somente o voo vertical como desejado, mas também realizar o pouso de forma gradativa e segura.

28) 2 motores elétricos para voo horizontal e guinada:

No capítulo anterior eu falei sobre os 4 motores elétricos para voo vertical. Neste capítulo eu vou tratar dos 2 motores elétricos para voo horizontal e guinada.

O voo horizontal é produzido através de 2 motores elétricos e 2 rotores. Estes 2 rotores trabalham de forma independente. Se cada um dos rotores executarem a mesma rotação a aeronave desloca-se para frente. Se cada um dos rotores executarem a mesma rotação no sentido contrário, a aeronave freia ou desloca-se para trás. E caso um dos rotores tiver uma velocidade de rotação o diferente um do outro, a aeronave executa o voo em guinada.

O empuxo horizontal é dado pela seguinte equação:

E(w, R) = ½*rho*(w*R/2)^2*R*b*np*nr*ce

ETG(w1, w2, R) = ½*rho*((w1-w2)*R/2)^2*R*b*np*ceg

Onde

E = Força de Empuxo Horizontal

ETG = Empuxo em Torque e Guinada

w = velocidade de rotação angular de aceleração ou frenagem

w1 = velocidade de rotação angular de guinada motor 1

w2 = velocidade de rotação angular de guinada motor 2

R = raio do rotor

b = corda da asa

np = número de pás

nr = número de rotores

ce = coeficiente de empuxo

ceg = coeficiente em empuxo de guinada

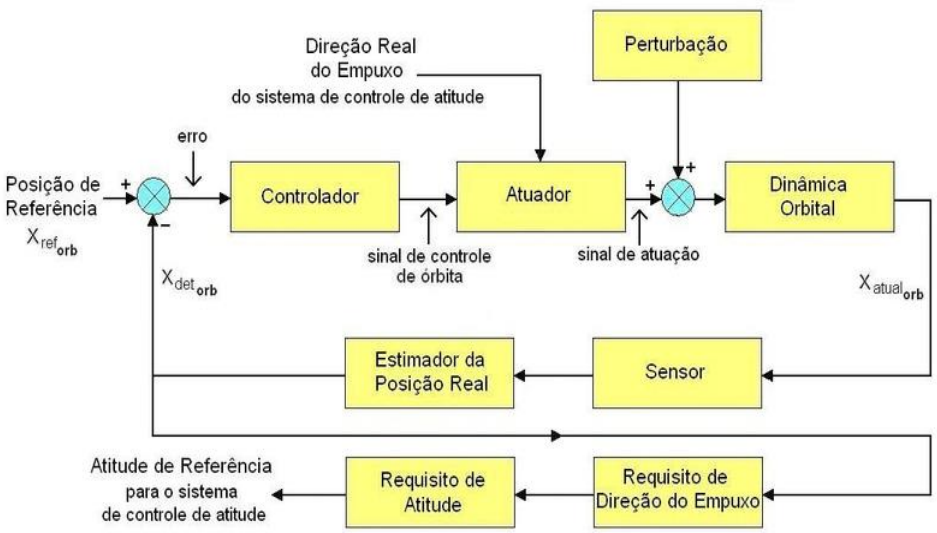
O controle de velocidade da aeronave é maximizado em 100 km/h devido à velocidade de ponta de asa que precisa ser menor que a velocidade do som. A velocidade é controlada segundo o modelo de Engenharia de Controle onde se estabelece uma Equação de Malha Fechada em que a velocidade desejada é estabelecida de acordo com um potenciômetro e a velocidade real é medida através de um tudo de pitot. Este tubo de pitot informa a velocidade real que é subtraída da velocidade desejada e gera um erro de velocidade que é amplificado com constantes PID (Proporcional, Integral e Derivativa) para definir a força de empuxo e a velocidade de voo. Trata-se de duas velocidades independentes, que trabalham de forma simultânea acelerando, freando, recuando ou em guinada. Para aceleração, frenagem ou recuo os dois motores trabalham com a mesma velocidade; e para voo em guinada os dois motores trabalham com velocidades diferentes, provocando a guinada. No caso do voo em guinada o sistema monitora o comportamento da bússola.

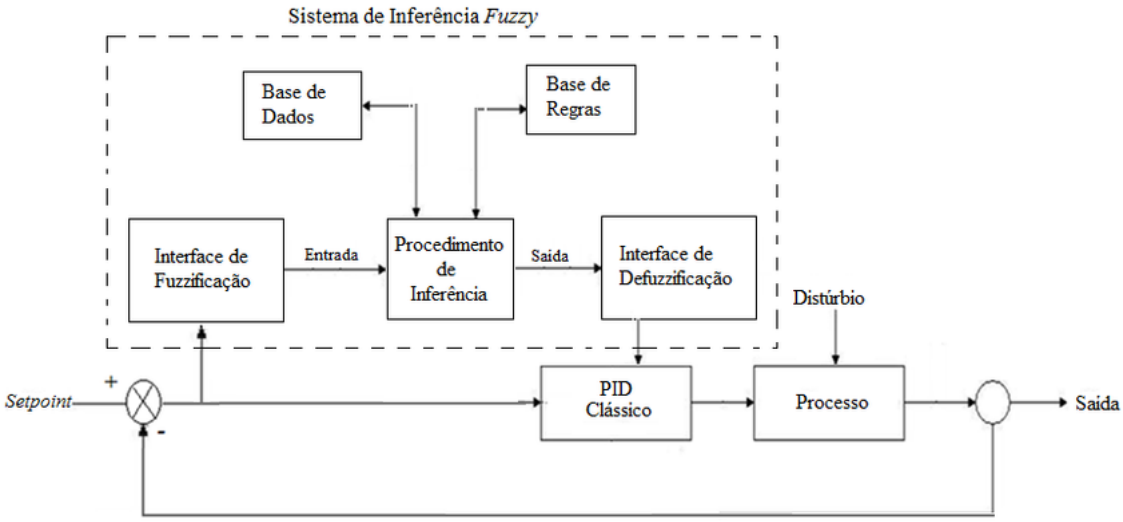
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

29) Sistema de Controle de Altitude:





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

O projeto da VBJ Engenharia tanto da moto voadora, quanto do carro voador, utiliza 4 motores e rotores para exercer o voo vertical (decolagem, subida, voo pairado, descida e pouso).

Estes 4 rotores/motores operam com a mesma frequência de saída dos inversores que operam em torno de 3600 rpm. Ao alterar para mais ou para menos a frequência de operação, aumenta-se ou diminui-se a velocidade de rotação dos motores/rotores. E consequentemente aumenta-se ou diminui-se a altitude de trabalho.

Com o peso (m*g) igual às forças de sustentação dos 4 motores/rotores a aeronave exerce o voo pairado.

L*4 = m*g

L(w) = Força de Sustentação de cada rotor

m = massa do sistema

g = aceleração da gravidade

Com as forças de sustentação de cada rotor sendo maior que o peso (m*g), o Sistema realiza voo vertical para cima

L*4 > m*g

E com as forças de sustentação de cada rotor sendo menor que o peso, o Sistema realiza voo vertical para baixo.

L*4 < m*g

O controle de velocidade vertical, ou melhor o controle de altitude vertical, é projetado para utilizar um modelo de controle de Malha Fechada, onde se define uma altitude de referência (altitude desejada), mede-se a altitude real, subtrai-se esta altitude real da altitude de referência, calcula-se o erro de altitude e multiplica-se este erro pelas constantes PID (Proporcional Integral e Derivativa) e desta forma cria-se uma frequência de trabalho que acelera ou freia os motores elétricos trifásicos.

Ao alterar a frequência dos motores elétricos trifásicos aumenta ou diminui a altitude do sistema como um todo.

A constante P do PID é o valor da constante proporcional ao erro; a constante I do PID é o valor da constante de cálculo da integral do erro; e a constante D do PID é o valor da constante de cálculo da derivada do erro.

A soma das 3 constantes dos erros define a equação da constante PID. Estas 3 constantes somadas definem o comportamento das forças de empuxo vertical.

F(s) = Kp*e + Ki/s*e + Kd*s*e

F(t) = Kp*e(t) + Ki*integral(e(t)*dt) + Kd*derivada(e(t))

F(s) = força de empuxo no plano s (transformada de Laplace no plano s)

F(t) = força de empuxo no plano t

t = tempo

s = derivada no plano s da transformada de Laplace

Kp = constante proporcional

Ki = constante de cálculo integral

Kp = constante de cálculo da derivada

e = erro da altitude no plano s

e(t) = erro de altitude no plano t

A transformada de Laplace migra as equações do plano t (tempo) para o plano s. A vantagem desta transformação é alterar uma equação diferencial para uma equação polinomial. O manuseio das equações polinomiais torna-se muito mais amigável do que o manuseio das equações diferenciais.

Estes modelos podem ser simulados e calculados através do Software Matlab e Simulink. Toda a dinâmica de sistema complexos podem ser simulados utilizando o Simulink.

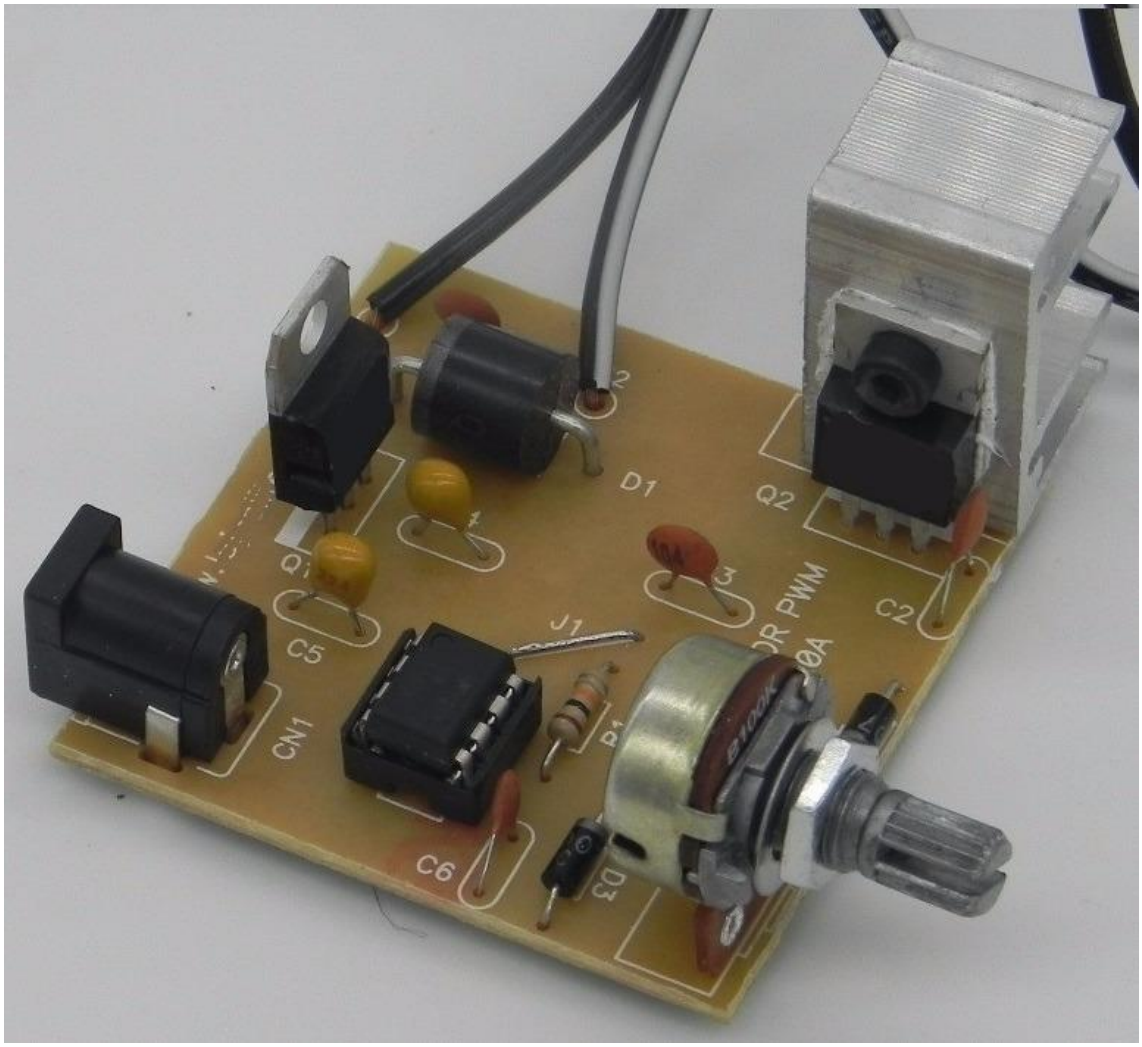
30) Sistema de Controle de Velocidade Horizontal:

A velocidade máxima da aeronave é 100 km/h, pois a velocidade de ponta de asa do rotor opera com 300 m/s e somado á velocidade de 30 m/s precisa ser limitada segundo a velocidade do vento (30 m/s ou 108 km/h).

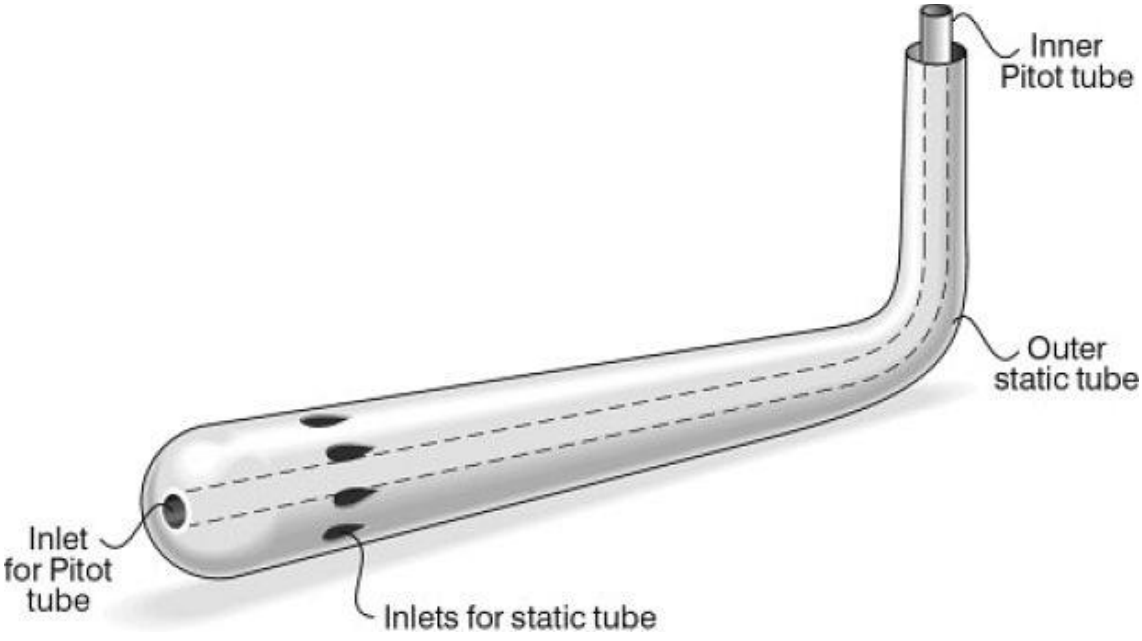
O controle de velocidade é provocado da mesma forma que o controle de altitude, ou seja, através de um modelo de retroalimentação em malha fechada, em que se define a velocidade desejada, mede-se a velocidade real, subtrai-se esta velocidade, gera-se um erro de velocidade, amplifica-se este erro de velocidade através de uma constante PID, define-se a frequência de trabalho do motor trifásico, implementa-se esta a rotação do motor/rotor que implementa a velocidade horizontal.

Esta velocidade pode ser acelerada para frente, pode ser freada, pode ser acelerada para trás, pode ser freada no sentido para frás; todos estes comportamentos utilizando os 2 rotores de forma simultânea e com o mesmo valor; ou pode ser voado em guinada, seja no sentido horário, ou sentido anti-horário, com cada um dos rotores trabalhando com velocidades e/ou sentidos diferentes.

O controle de velocidade é medido através do tubo de pitot.

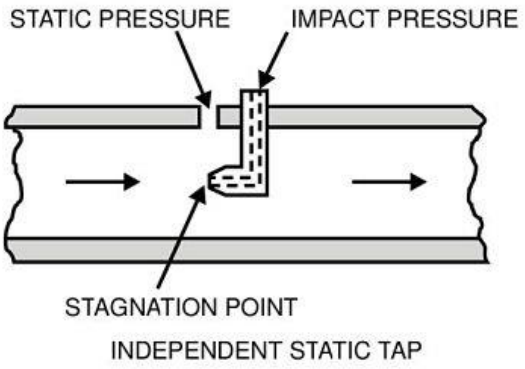


VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



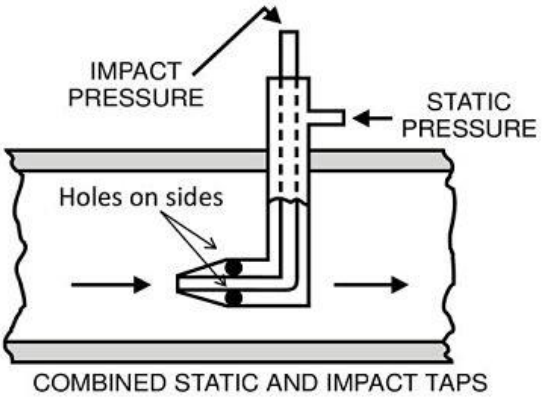
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

Pitot Tubes

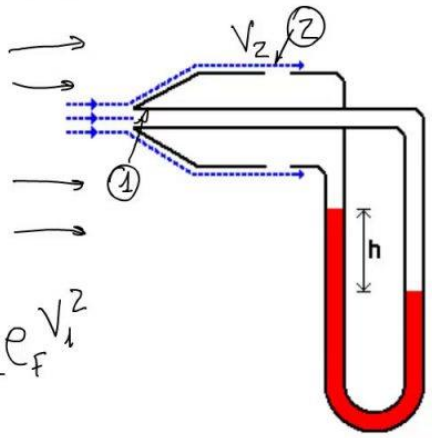


A pitot tube is used to measure velocity based on a differential pressure measurement:
Static vs. Impact pressures

A pitot tube can also give an estimate of the flowrate through a pipe or duct if the pitot tube is located where the average velocity occurs (average velocity times pipe area gives flowrate).



Tubo de Pitot



$V_1 = 0$;
$V_2 = ?$

$P_1 + \cancel{\rho g h^{0}} + \frac{1}{2}\rho_f V_1^2$

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

31) Sistema de Controle de Ângulo de Guinada (eixo z):

O ângulo de guinada é controlado pelo sistema de controle de malha fechada em que a bussola elétrica/eletrônica monitora o ângulo norte, leste, sul, oeste e cada subdivisão angular.

O sistema de controle bussolar mede o ângulo da aeronave e o este ângulo é subtraído pelo ângulo desejado definindo um erro angular. Este erro angular é multiplicado por uma constante PID (Kp + Ki + Kd) e assim define-se um valor de torque de rotação e uma direção e sentido. A aeronave gira em torno do ângulo z e se posiciona na direção e sentido desejado.

O torque é gerado a partir da modificação da rotação dos motores horizontais. Se a velocidade do motor da direita for maior que a velocidade do motor da esquerda, a aeronave gira no sentido anti-horário. Se a velocidade do motor da esquerda for maior que a velocidade do motor da direita, a aeronave gira para o sentido horário.

Isto ocorre também de forma mais intensa, se o motor da direita ou o motor da esquerda operar para trás.

Assim, o sistema opera de acordo com o ângulo de guinada desejado. O sistema trabalha de acordo com a função de transferência Teta(s).

Teta = T(s) /(J*s^2 + c*s)

Teta = ângulo de guinada

T(s) = Torque

T(s) = Fh(s)*r – Fah(s)*r

Fh(s) = força elétrica horária

Fah(s) = força elétrica anti-horária

r = raio de distância dos motores elétricos horizontais

Fh(s) = ½*rho*(w*R/2)^2*R*b*np*ce

Fah(s) = ½*rho*(w*R/2)^2*R*b*np*ce

rho = densidade da atmosfera

w = velocidade de rotação dos rotores (horário e anti-horário)

R = raio do Rotor

b = comprimento da corda do rotor

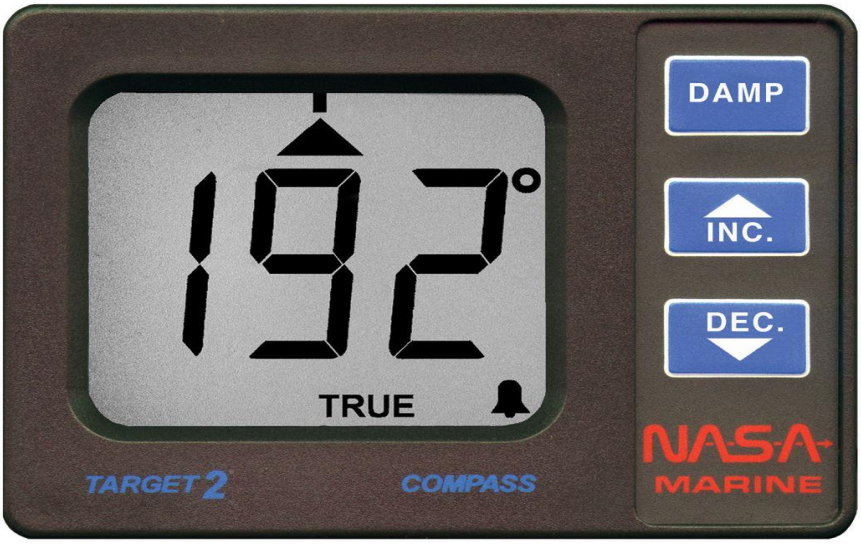
np = numero de pás

ce = coeficiente de empuxo

J = momento de inercia da aeronave

s = variável da Transformada de Laplace

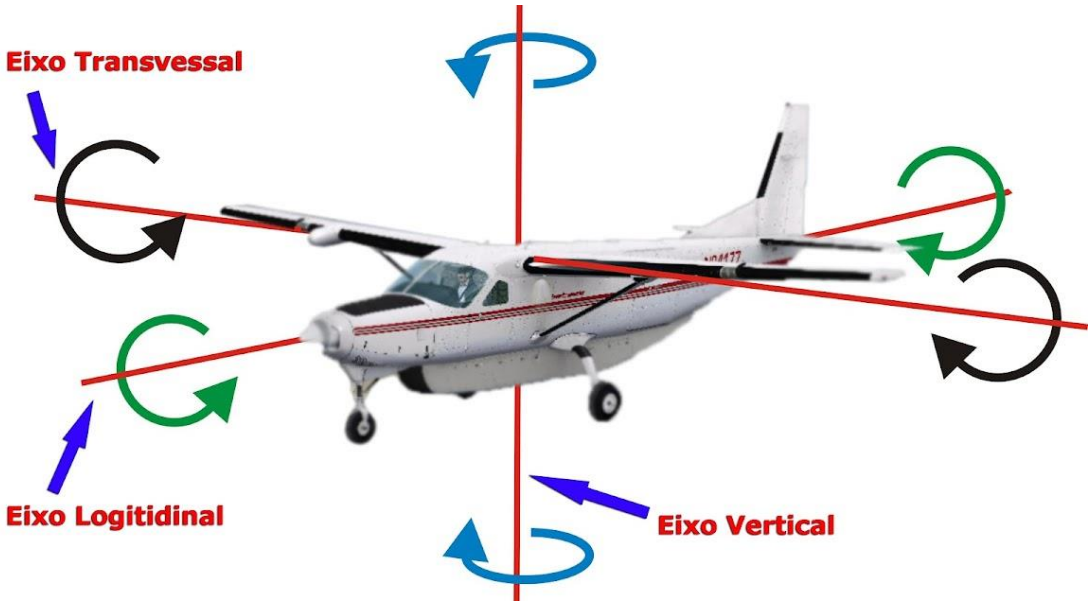
c = resistência angular



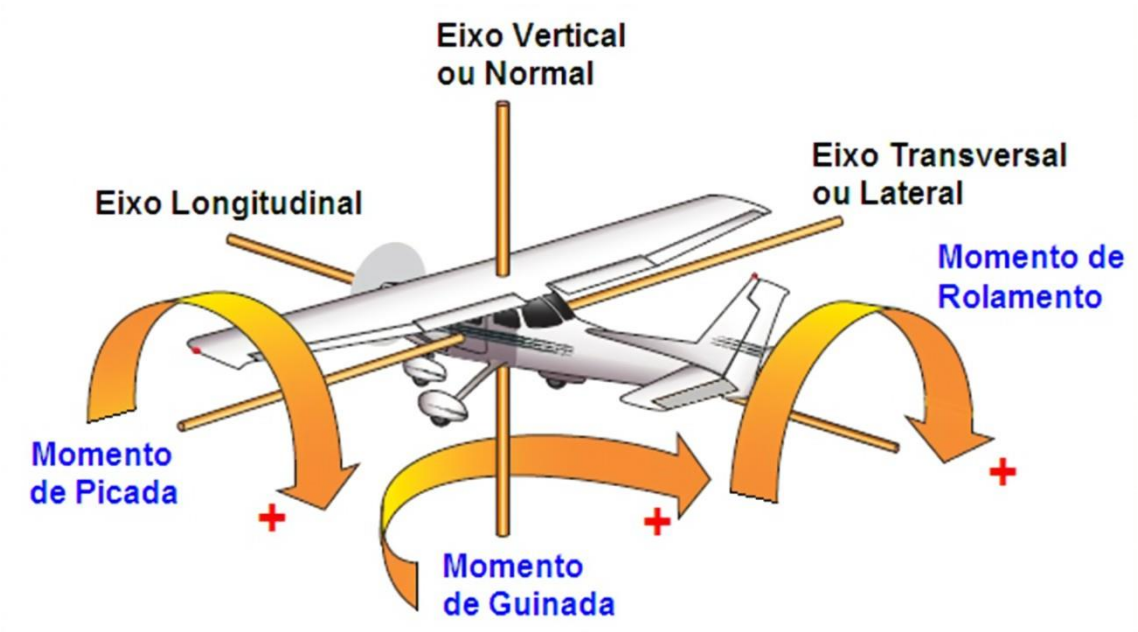
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



O Sistema de Controle de Guinada do Avião é diferente do Sistema de Controle de Guinada do Projeto da Aeronave eVTOL Motorbike e/ou Flying Car projetado pela VBJ Engenharia.

Enquanto o avião utiliza leme e aileron para realizar as curvas, o Projeto da VBJ Engenharia utiliza alteração de velocidade de rotação dos motores horizontais (o rotor da direita com velocidade diferente do rotor da esquerda).

O avião executa uma inclinação para o sentido desejado, enquanto o Projeto da VBJ Engenharia mantém-se estável sem inclinação. Da mesma maneira, os helicópteros realizam voo em guinada através da alteração do motor de cauda.

Ou seja, o voo de inclinação é diferente em relação aos aviões, aos helicópteros e ao projeto da Aeronaves eVTOL Motorbike e das Aeronaves eVTOL Flying Car.

32) Conservação do Momento Angular no eixo x (L = Jw):

A aeronave eVTOL Motorbike (moto voadora) e a aeronave eVTOL Flying Car (carro voador) projetada pela VBJ Engenharia utilizam o motor Lycoming IO-540 a etanol para geração de energia.

Esta geração de energia opera com a variação do fluxo magnético, gerando tenção e corrente elétrica. Para gerar esta tensão é necessário que o motor Lycoming opere com 2700 rpm a 300 Hp. Esta rotação de 2700 rpm gera uma voltagem proporcional 45 Hz, trabalhando com uma senoide.

w = 2*pi()*f

w = velocidade de rotação

f = frequência de rotação

Como o motor rotaciona, este gera um momento angular sobre o eixo x, e este momento angular precisa obedecer ao princípio de conservação do momento angular.

Ou seja, o giro do motor acaba gerando um giro no sentido contrário da aeronave de modo que a soma do momento angular do motor seja igual a soma do momento angular da aeronave.

L = Somatória (Jaer*waer-Jmot*wmot)

Taer = -Jaer*d/dt(waer)

L = momento angular

Jaer = momento de inércia da aeronave

waer = velocidade de rotação da aeronave

Jmot = momento de inércia do motor

wmot = velocidade de rotação do motor

Taer = torque de controle de estabilidade

O controle de estabilidade é exigido para manter no princípio de conservação do momento angular. Onde a variável de controle é o raio (r) do servo mecanismo.

Taer = m*g*r

m*g*r = -Jaer*d/dt(waer)

m = massa do servo mecanismo de estabilização

g = aceleração da gravidade

r = raio de operação do servo mecanismo

Este sistema é montado de maneira a criar um Sistema de Controle de Segunda Ordem, onde a variável de inclinação é zero e o raio r é movimentado de forma a criar a estabilidade de voo vertical.

A função de transferência deste equilíbrio é construída de forma a criar o sistema de segunda ordem e equilibrar a aeronave de maneira desejada, ou seja sem inclinação.

4. ANÁLISE DA ESTABILIDADE

A solução da equação diferencial do movimento vertical de uma parcela acima depende da constante, e permite três possibilidades:

a) $\Gamma_v - \Gamma_v' > 0$

(lapse rate da temperatura virtual da parcela maior que o do ambiente)

Neste caso a equação do movimento vertical da parcela toma a forma

$$\ddot{z} + \lambda^2 z = 0$$

que tem a solução

$$z(t) = A\,sen(\lambda t) + B\cos(\lambda t)$$

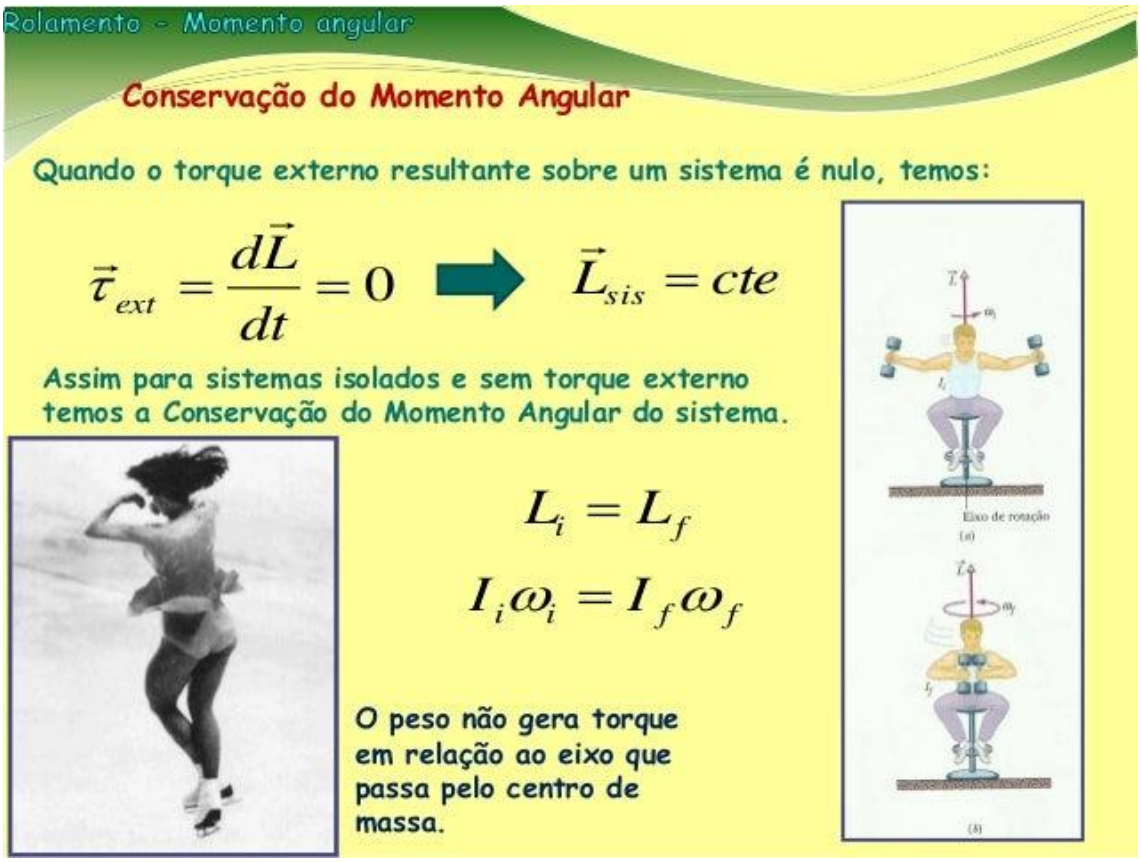
$$I = \sum_{i=1}^{n} = m_1 * r_1^2$$

Donde m son las masas de las diferentes particulas que forman el sistema y r son sus radios de giro alrededor de un eje común .

$$I = m_1 * r_1^2 + m_2 * r_2^2 \ldots\ldots m_3 * r_3^2 + \ldots$$

$$I = m * r^2$$

Y si este sistema esta compuesto por una soal particula que gira alrededor de un eje externo entonces su mementum de inercia se reduciria a esta formula

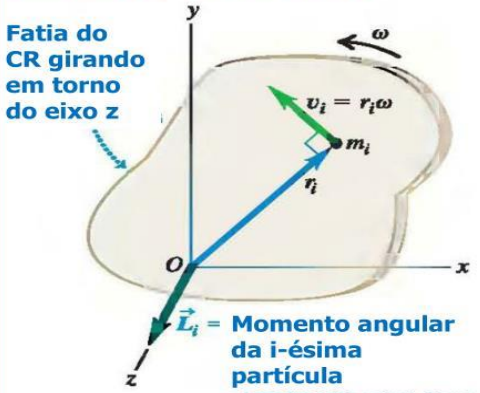


VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

$$\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$ (análogo a $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$)

Momento angular de corpo rígido girando em torno de um eixo:

Dividimos o CR em fatias:



$$\left|\vec{L}_i\right| = L_i = m_i r_i v_i \operatorname{sen}90^\circ$$
$$= m_i r_i (r_i\omega) = m_i r_i^2 \omega$$

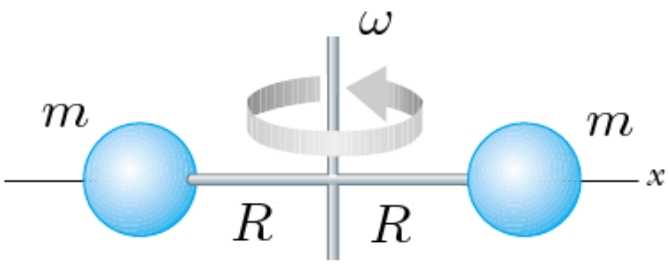
Somando por todas as partículas da fatia:

$$L = \left(\sum_i m_i r_i^2\right)\omega = I\omega$$

(análogo a $p = mv$)

$$I_1\omega_1 = I_2\omega_2 = cte$$

$$I = mR^2$$



$$2mR_1^2\omega_1 = 2mR_2^2\omega_2$$

$$\omega_2 = \frac{R_1^2}{R_2^2}\omega_1$$

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

33) Sistema de Controle de Estabilidade de Inclinação no eixo x:

A aeronave eVTOL Motorbike e a aeronave eVTOL Flying Car voam de forma a executar uma inclinação no eixo x. Esta inclinação ocorre quando o centro de gravidade se movimenta no sentido horário e/ou no sentido anti-horário, deslocando-se para direita ou para a esquerda ou devido a alteração do momento de inércia, provado pela rotação do motor Lycoming IO-540.

No caso do eVTOL Flying Car o sistema usa 2 motores totalizando 600 Hp e com estes dois motores operando em sentidos opostos, não há a necessidade do sistema de controle no valor do ângulo desejado igual a zero (somente a correção provocada pelo deslocamento do centro de gravidade).

No caso do motor Lycoming IO-540 trabalha-se de maneira a criar a inclinação para o sentido inverso de rotação que precisa ser corrigido através do modelo de função de transferência de segunda ordem com a variável desejada igual a zero graus.

Esta inclinação deve ser corrigida de forma que a função de transferência opere de maneira a ter a variável de voo de inclinação no valor zero.

Tetax(s) = K*G/(1 + H*K*G)

Tetax(s) = função de transferência do ângulo teta inclinação x

K = constante de PID (proporcional, integral e derivativa)

G = função de transferência da planta: 1/(J*s^2+c*s)

J = momento de inércia

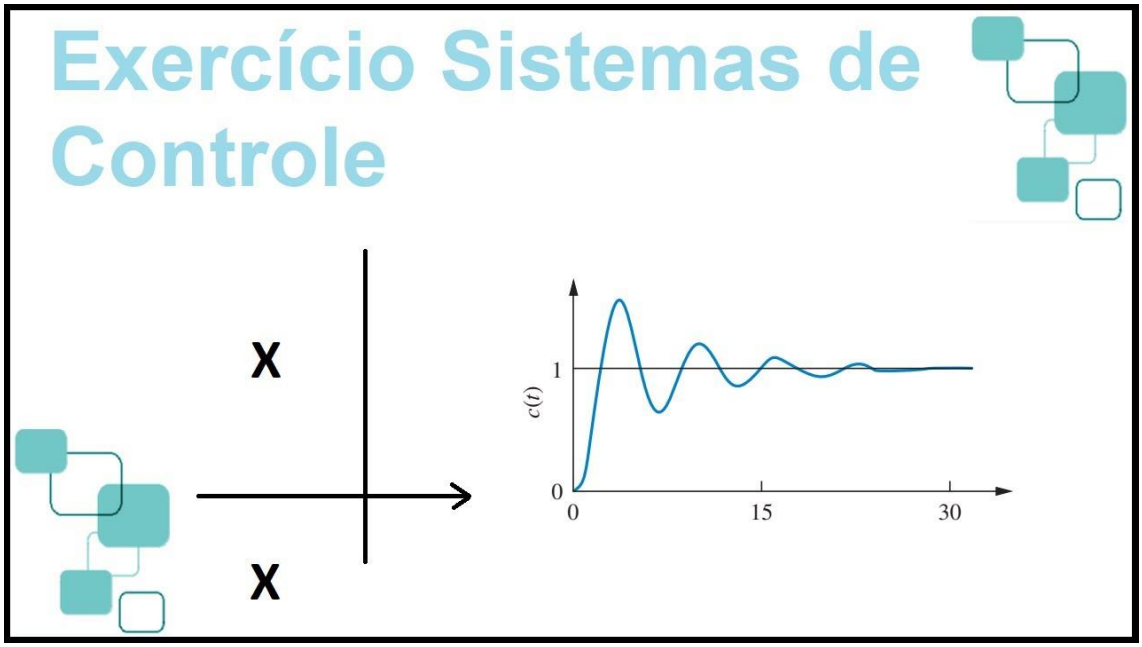
c = constante de resistência aerodinâmica

H = constante de medição do ângulo de inclinação

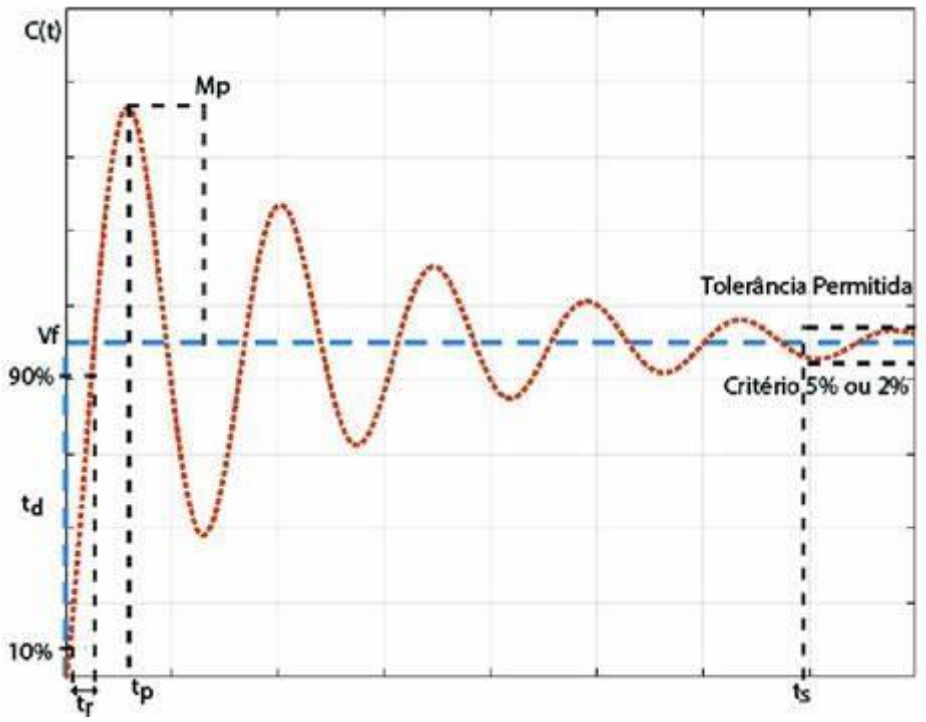
Tetax(s) = K/(J*s^2 + c*s + H*K)

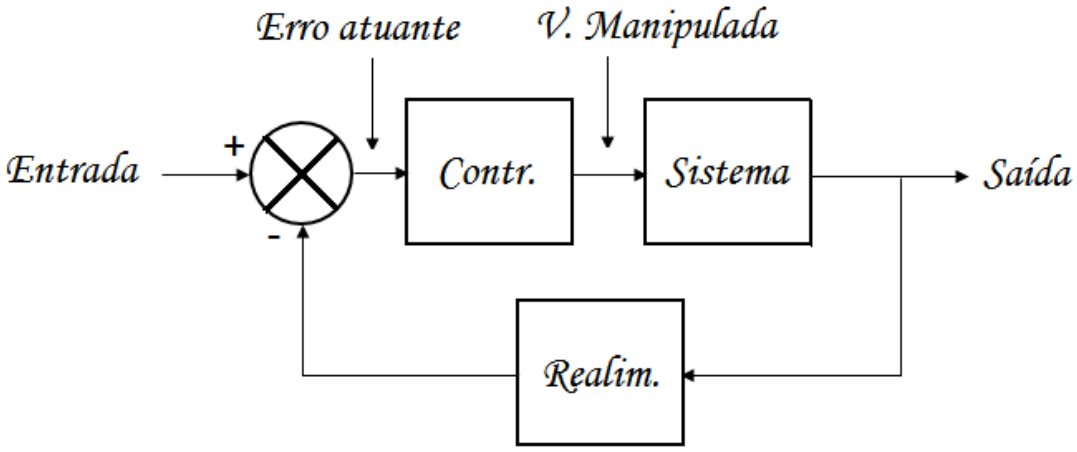
Ou seja, a inclinação é corrigida de acordo com o valor desejado igual a zero, e multiplicada pela função de transferência de maneira a exercer a inclinação real igual a zero.

A proposta é montar um sistema de segunda ordem baseado na inclinação do eixo x de maneira que a inclinação opere de forma a exercer um valor de segunda ordem em torno da inclinação zero.

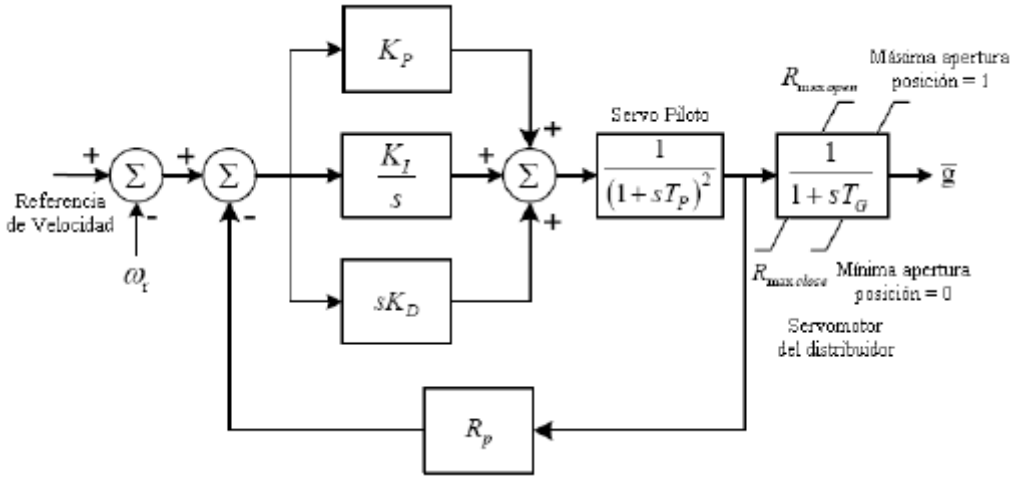


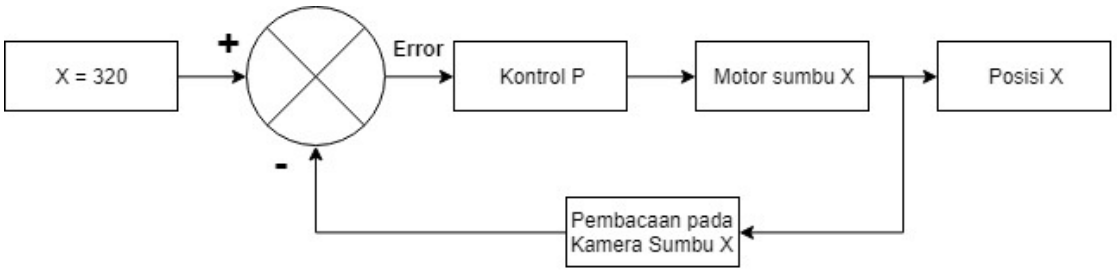
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



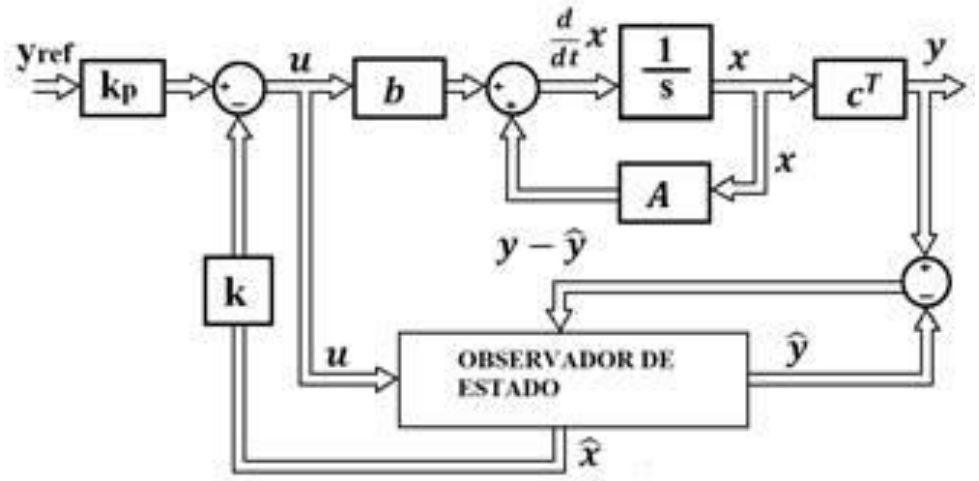


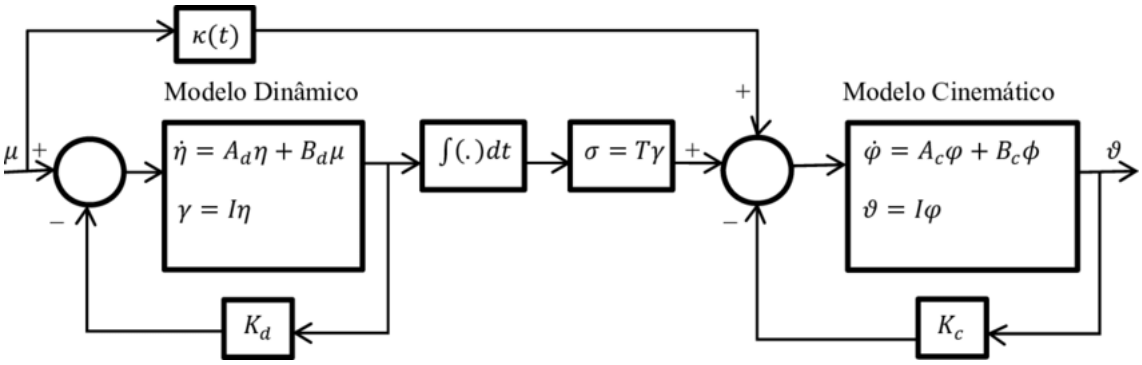
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

Existe também a opção de se trabalhar com um sistema de primeira ordem:

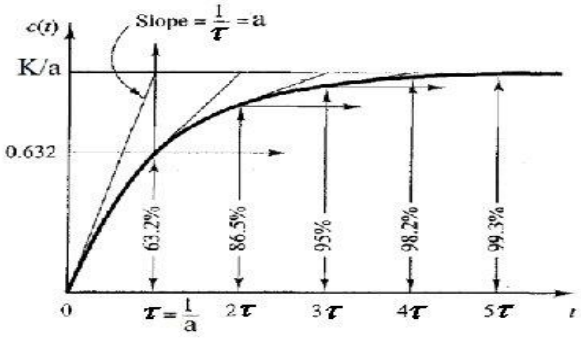
SISTEMAS DE PRIMEIRA ORDEM

Determinação experimental da função de transferência de primeira ordem, método útil quando informações detalhadas do sistema não são acessíveis:

Considerando a função de transferência na forma $G(s) = \frac{K}{s+a}$, e **aplicando uma entrada em degrau unitário**:

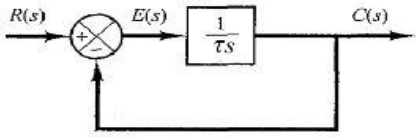
$$C(s) = \frac{1}{s}\frac{K}{s+a} = \frac{K/a}{s} - \frac{K/a}{s+a}$$

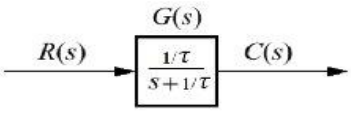
Determinando K e a da resposta experimental, determina-se a função de transferência do sistema.

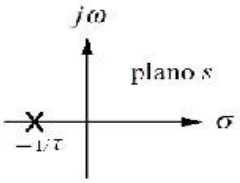


SISTEMAS DE PRIMEIRA ORDEM

Representação por diagrama de blocos **da forma geral da função de transferência** de primeira ordem:







$$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{\tau s+1} = \frac{1/\tau}{s+1/\tau} = \frac{a}{s+a}$$

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

34) Sistema de Controle de Estabilidade de Inclinação no eixo y:

Da mesma maneira que a aeronave eVTOL Motorbike inclina sobre o eixo x, ocorre também a inclinação sobre o eixo y. Para ocorrer esta inclinação, ocorre o deslocamento do centro de gravidade para frente ou para trás. Ao correr o deslocamento do centro de gravidade para frente a aeronave inclina-se para frente e caso ocorra o deslocamento do centro de gravidade para trás a aeronave inclina-se para trás.

A proposta de estabilidade da aeronave de maneira a não ocorrer a inclinação é feita da mesma forma que ocorre sobre o eixo x, ou seja, estabelece-se um sistema de controle de malha fechada onde a inclinação desejada é zero; e a inclinação zero menos o valor da inclinação real estabelece um erro de inclinação, e este erro de inclinação é multiplicado por uma constante K (Kp + Ki/s + Kd*s : Proporcional, Integral e Derivativa). E o valor desta multiplicação define o valor do raio (r) que multiplicado pela constante m*g (peso do sistema de controle do torque y), define o valor de torque y que define o valor de Tetay.

Tetay(s) = K*G/(1 + H*K*G)

Tetay(s) = função de transferência do ângulo teta inclinação y

K = constante de PID (proporcional, integral e derivativa)

G = função de transferência da planta: 1/(J*s^2+c*s)

J = momento de inércia

c = constante de resistência aerodinâmica

H = constante de medição do ângulo de inclinação

Tetay(s) = K/(J*s^2 + c*s + H*K)

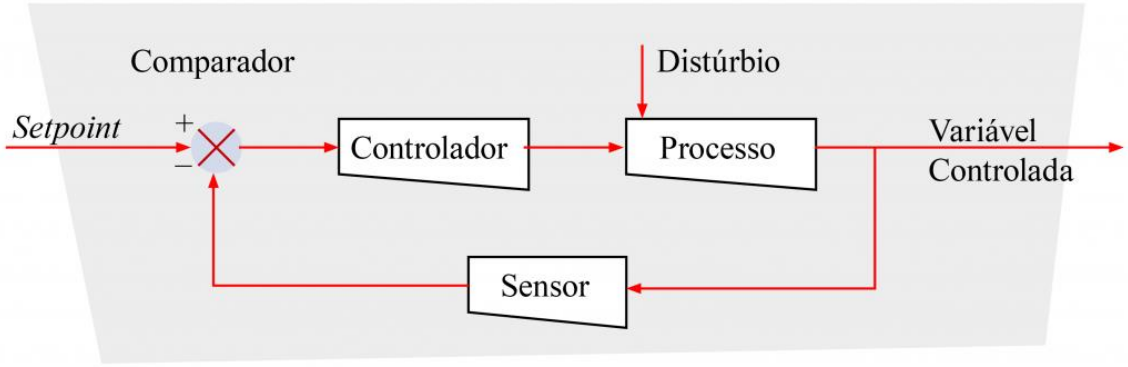
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

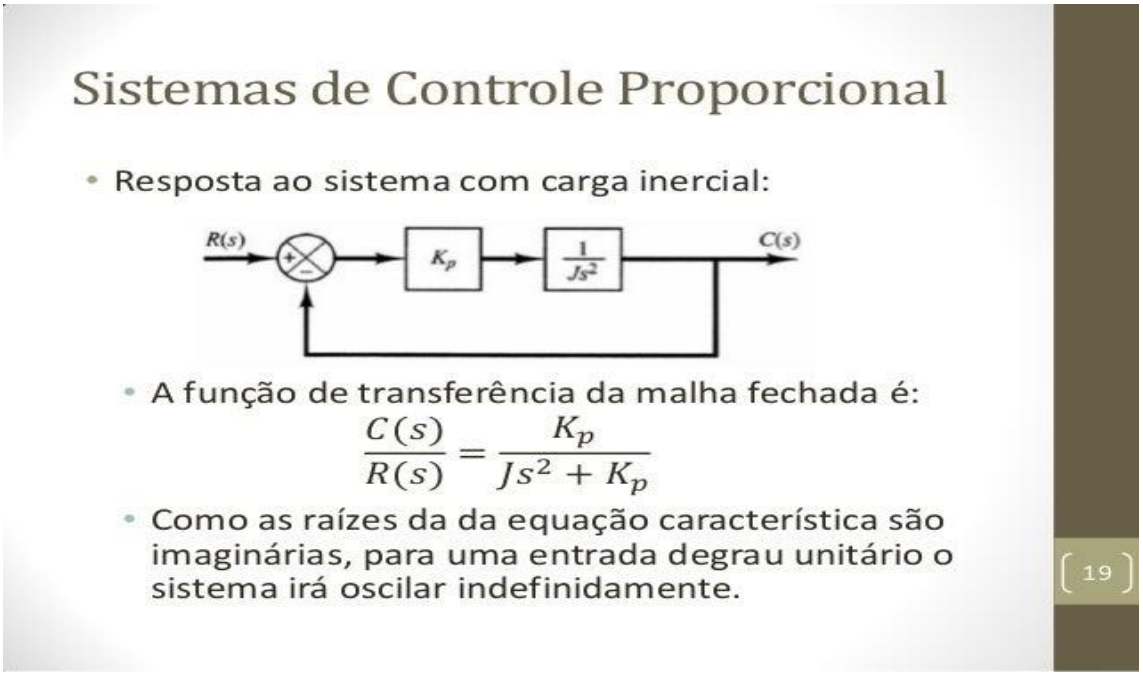
O valor desejado de inclinação Tetay é zero durante todo o tempo. Ou seja, a inclinação y deve ser a mesma durante todo o tempo com intensidade zero.

Ou seja, Tetay = 0 (Setpoint), para todo t (tempo)

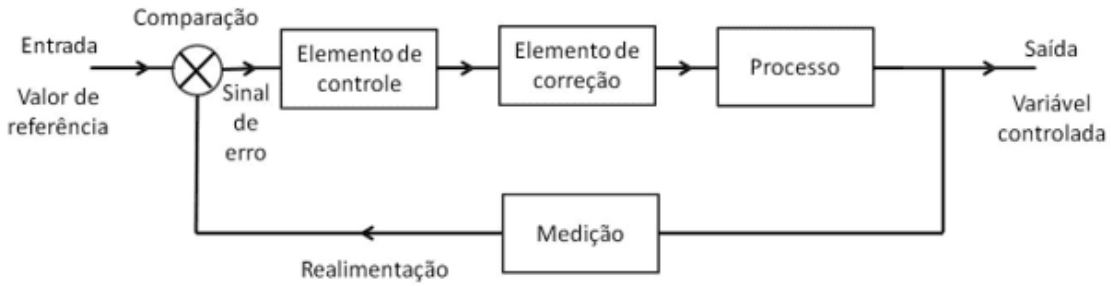
Tetay = ângulo de inclinação desejado no eixo y

Tetay(s) é a função de transferência do eixo y





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com


Comparação
Entrada
Valor de referência
Sinal de erro
Elemento de controle
Elemento de correção
Processo
Saída
Variável controlada
Medição
Realimentação

Resposta ao degrau
c(t)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2

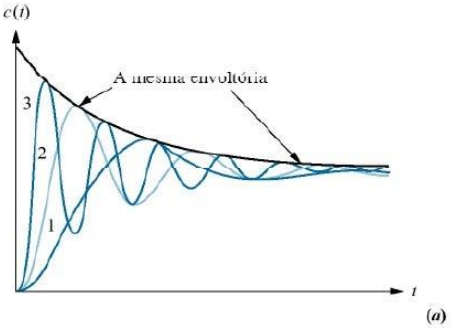
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
NÚCLEO DE ENGENHARIA MECÂNICA

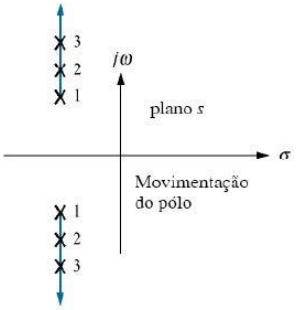
Resposta ao degrau no Domínio do Tempo

➢ **Sistemas Subamortecido – Análise Gráfica**

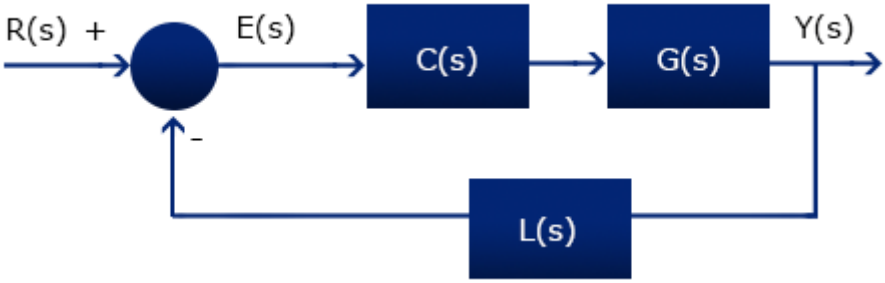
Respostas ao degrau em função da movimentação dos pólos

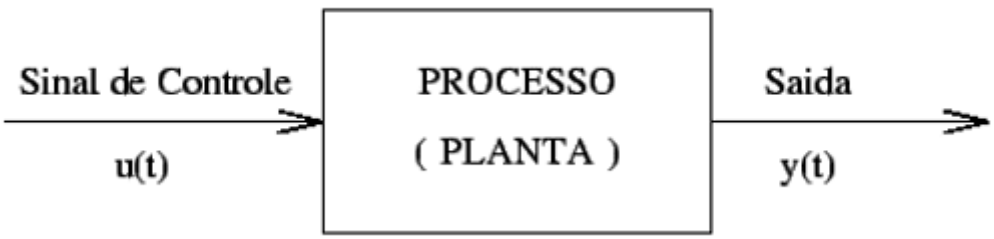
1. Parte real constante:





11/08/2009 18:21 Prof. Douglas Bressan Riffel 32





VBJ Engenharia *Valter Barbosa Junior*
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

35) Instrumentos de Medição de Velocidade (Tubo de Pitot):

O controle da velocidade de voo de uma aeronave é fundamental, pois a velocidade de rotação de ponta de asa, mais a velocidade de voo da aeronave deve ser menor que a velocidade do som.

Vaer + VponAsa < Veldesom

Vaer = velocidade da aeronave

VponAsa = velocidade de ponta de asa (w*r)

Veldesom = velocidade do som

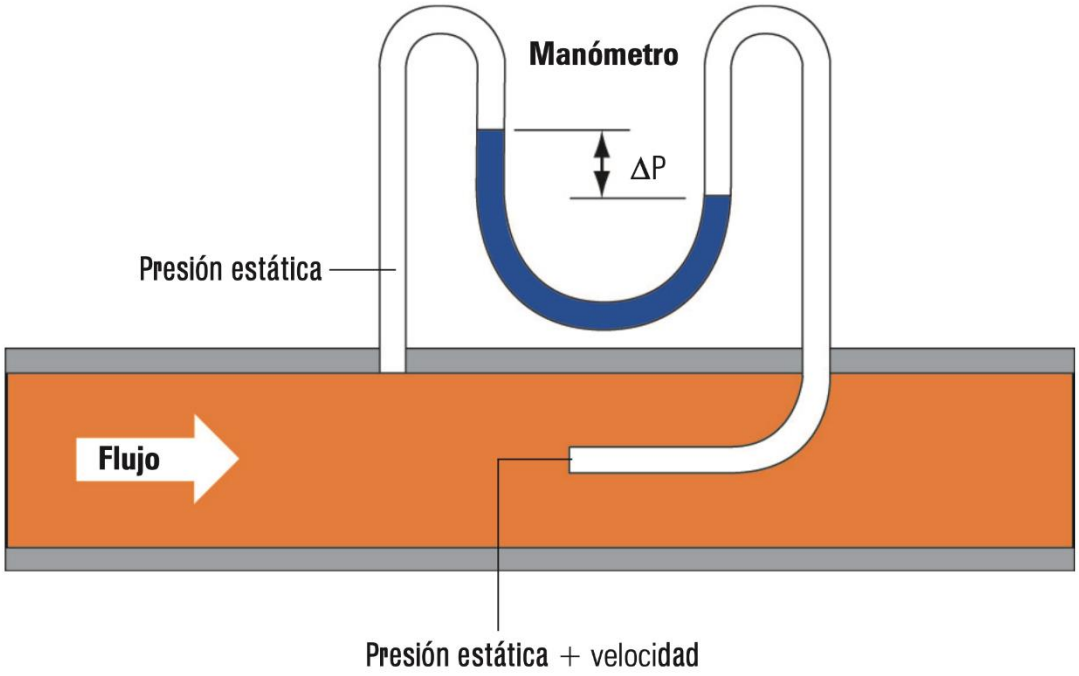
w = velocidade de rotação do rotor

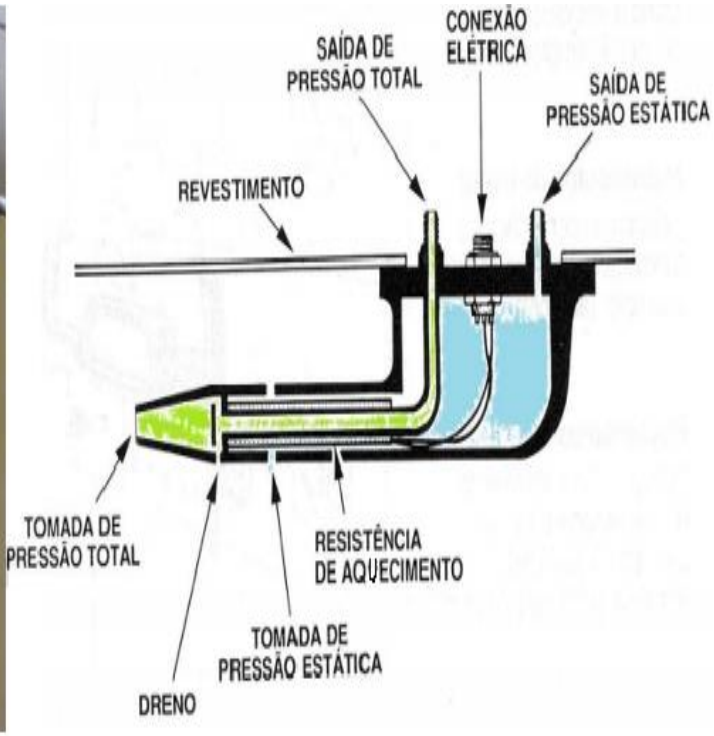
r = raio do rotor

A velocidade da aeronave é medida através de um instrumento chamado Tubo de Pito que mede a pressão atmosférica da aeronave em voo e compara com a pressão atmosférica do ambiente e calcula a velocidade de voo.

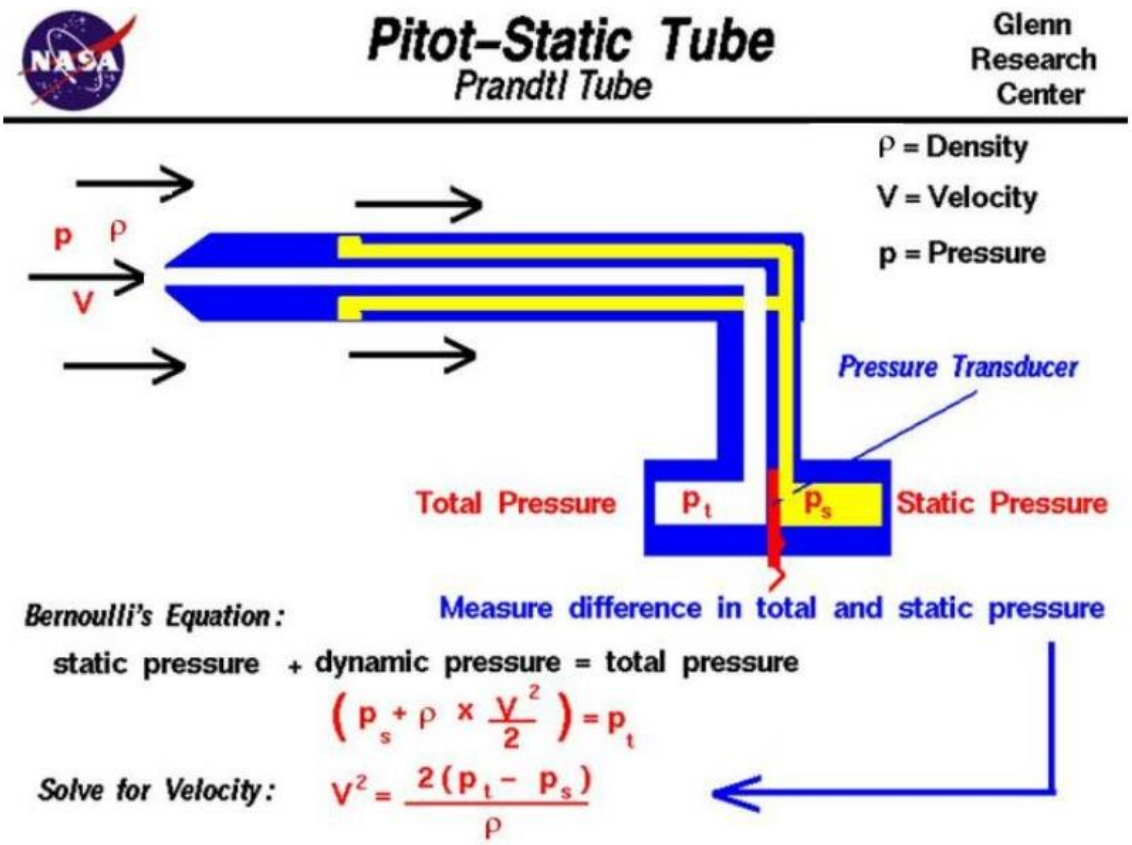
O tubo de pitot forma a geometria de um L deitado onde se mede a pressão dinâmica na horizontal e a pressão estática na vertical. Com a diferença entre a pressão dinâmica e a pressão estática, calcula-se a velocidade de voo.

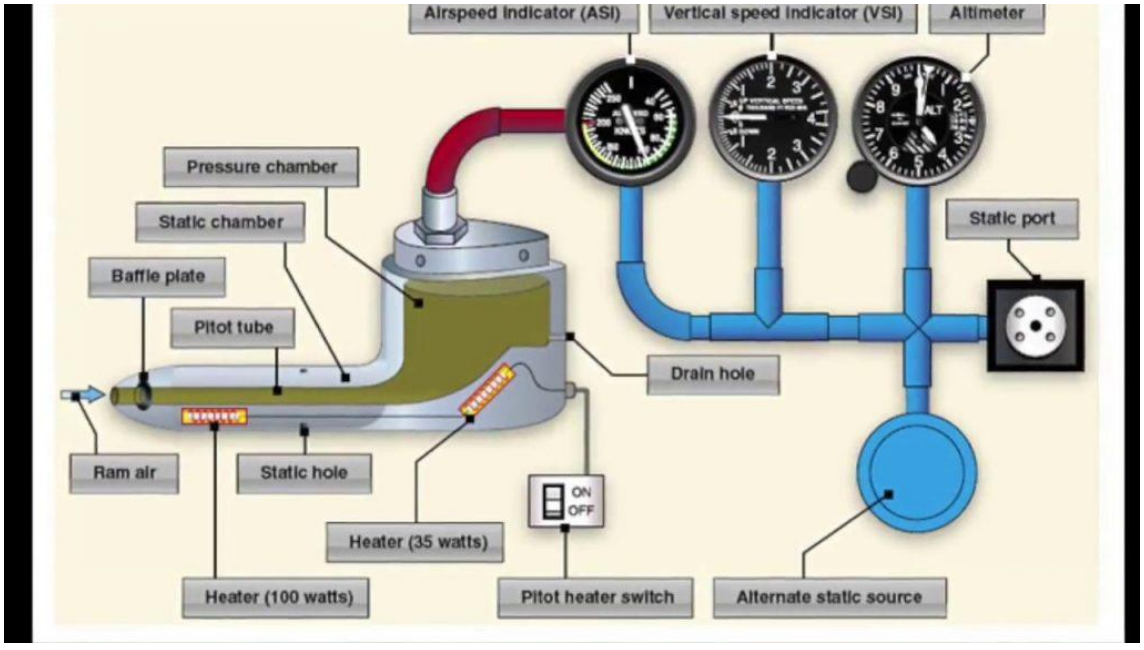
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



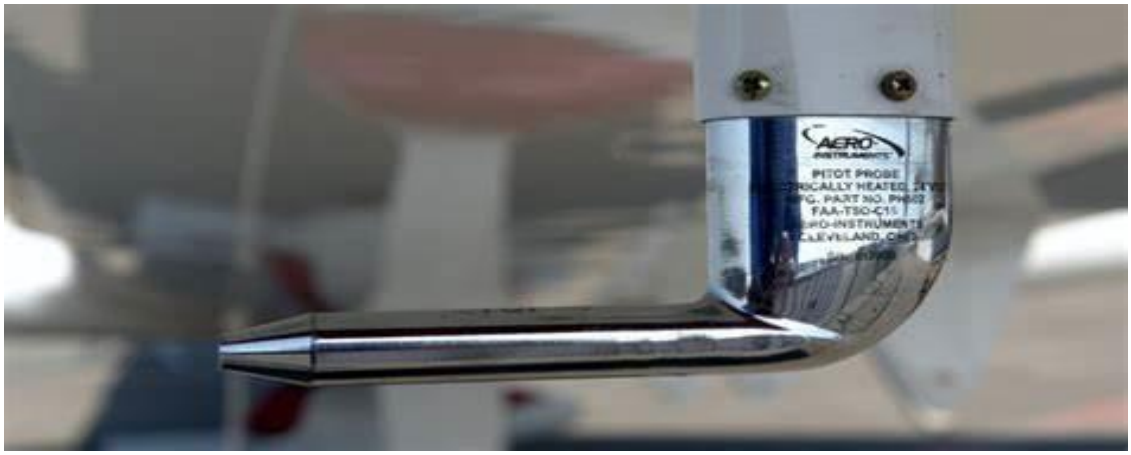


VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



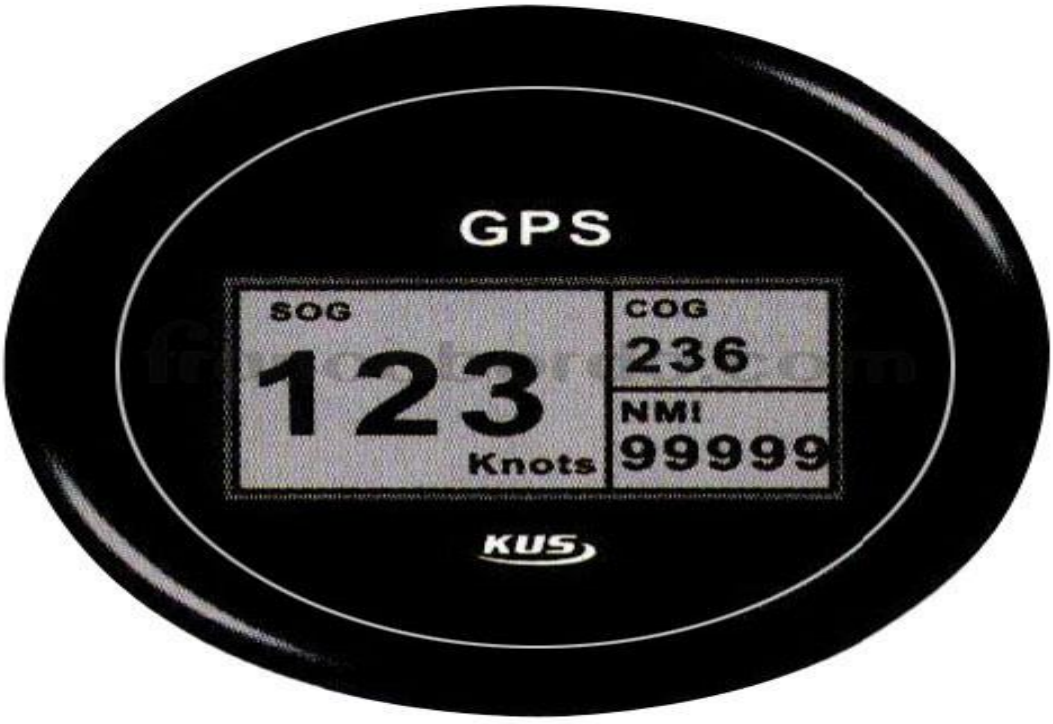


VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



O sistema de medição de controle de velocidade através do tudo de pitot realiza a medição de velocidade para malha fechada. E através da malha fechada do controle de velocidade estabelece a velocidade máxima de voo; onde a velocidade de voo + velocidade de rotação de ponta de asa. Que precisa ser menor que a velocidade do som.

Além disso é importante observar que existem velocímetros analógicos e também velocímetros digitais.



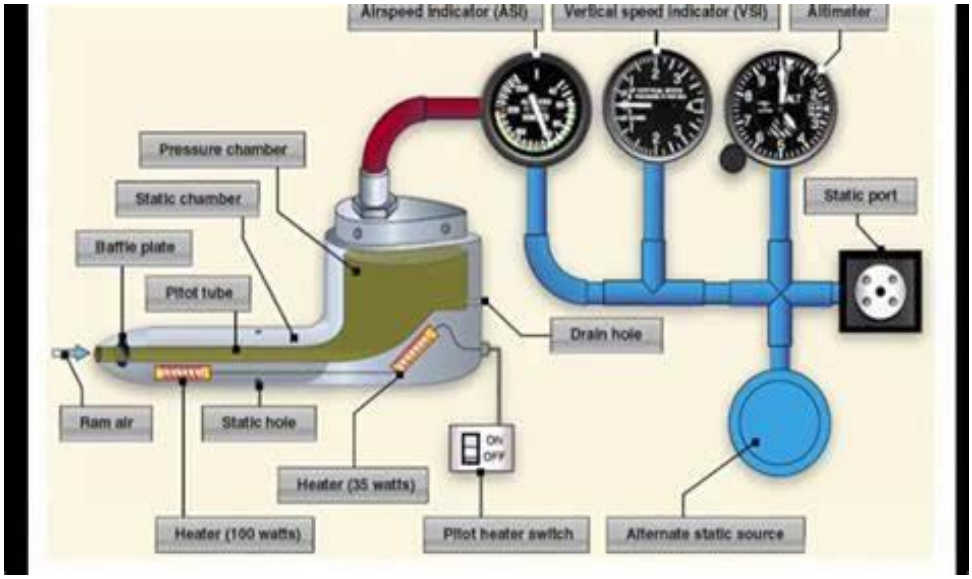
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

36) Instrumentos de Medição de Altitude (altímetro):

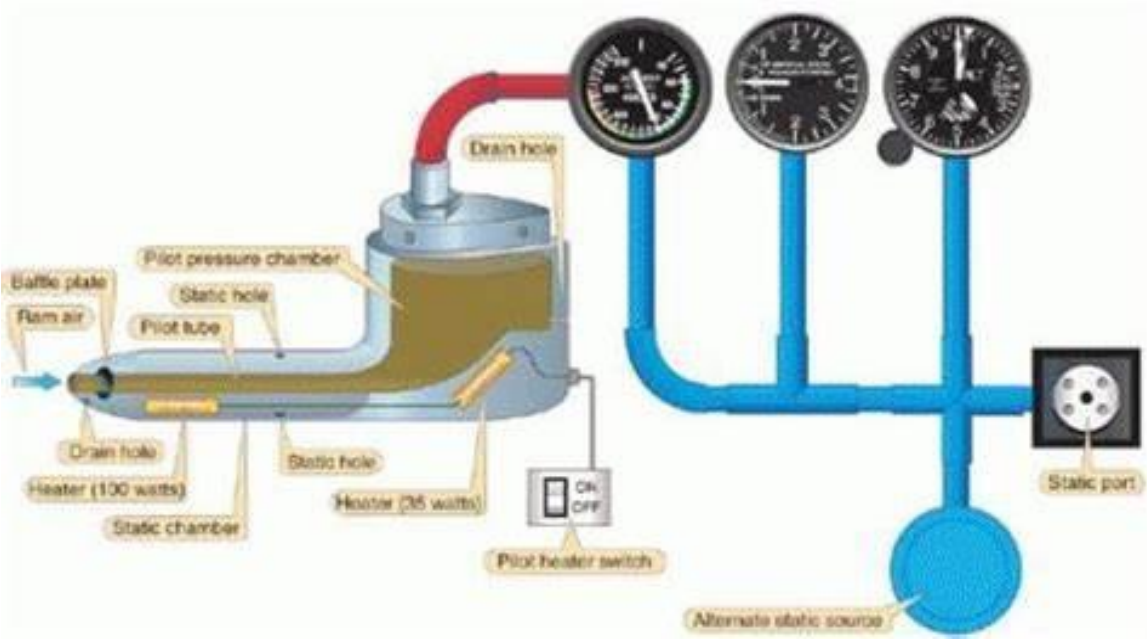
Para medição de altitude, usa-se o altímetro que é usado para executar o controle de altitude, em que se usa o sistema de malha fechada para controle da variável z de altitude em um sistema de segunda ordem, para comportamento exponencial/senoidal. No projeto da Aeronave eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car da VBJ Engenharia, implementa-se dois tubos de pitot e dois altímetros para operar redundância e erros de altitude. Caso haja erro em um dos dois. Deve-se observar que existem altímetros analógicos e também altímetros digitais.

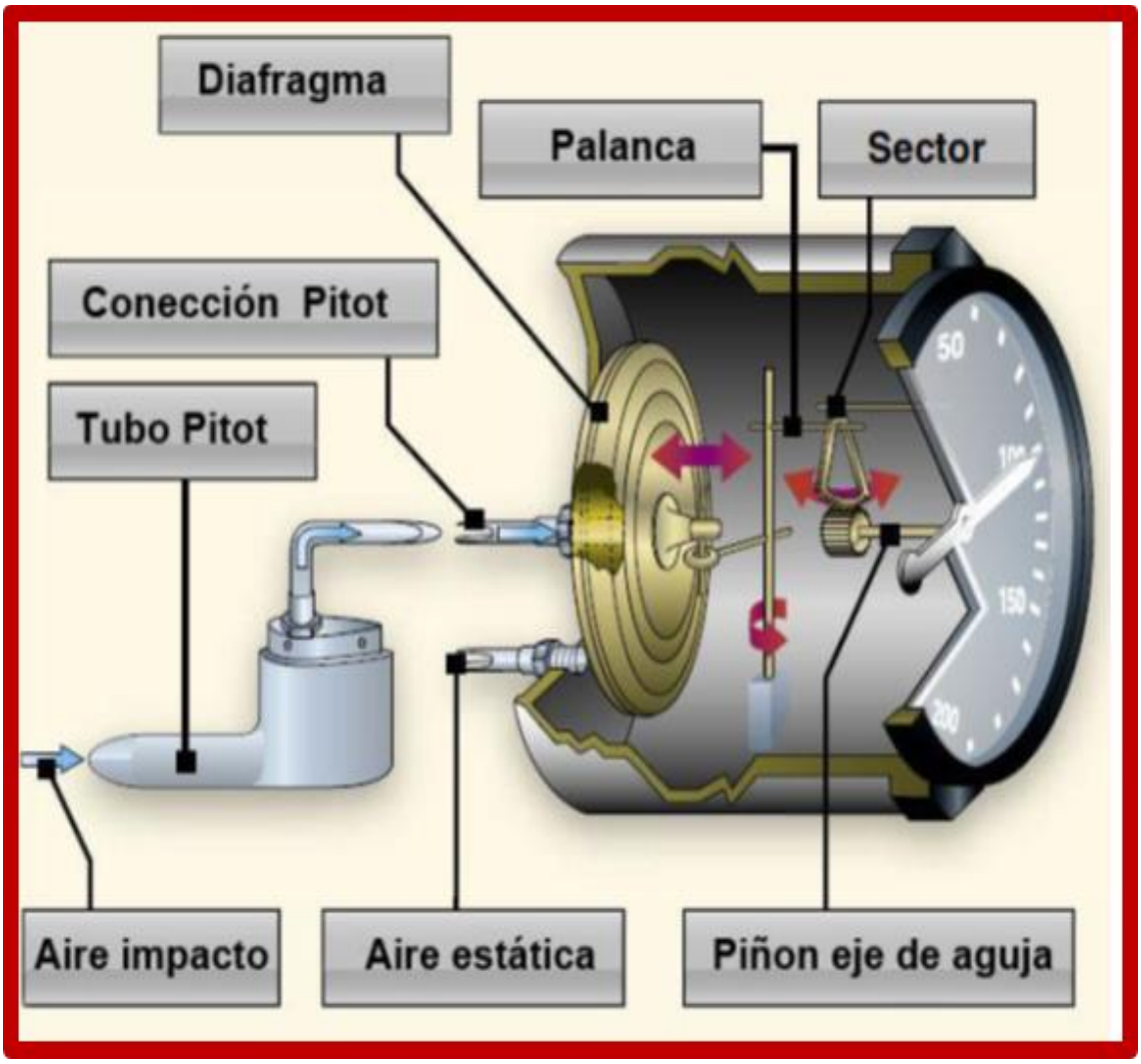
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



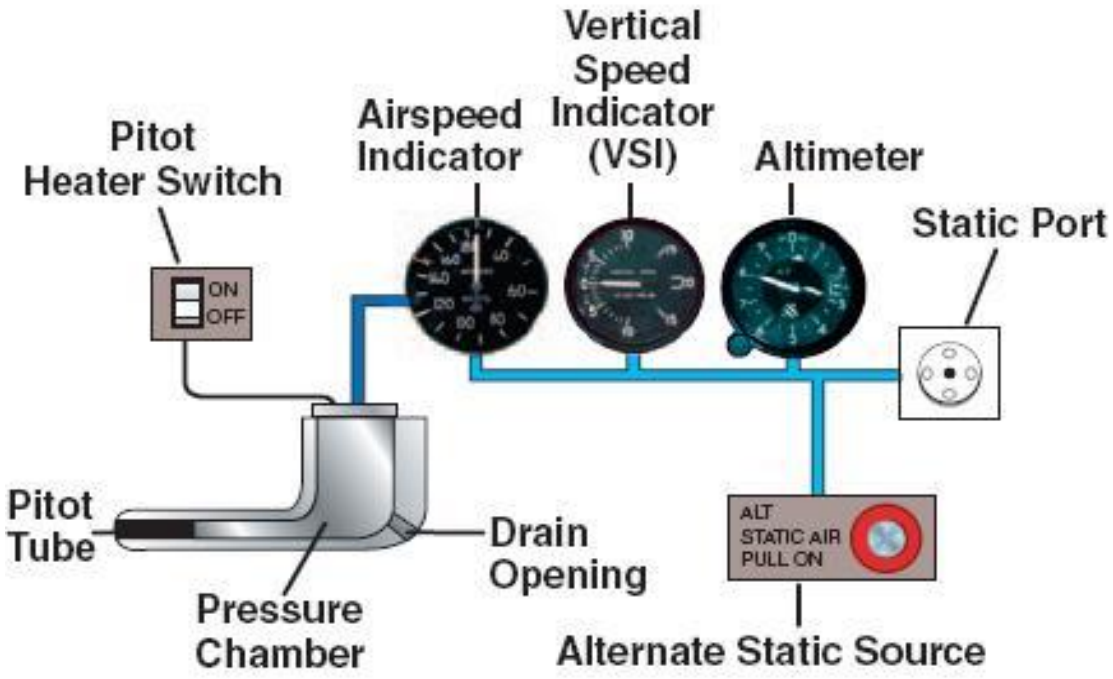
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

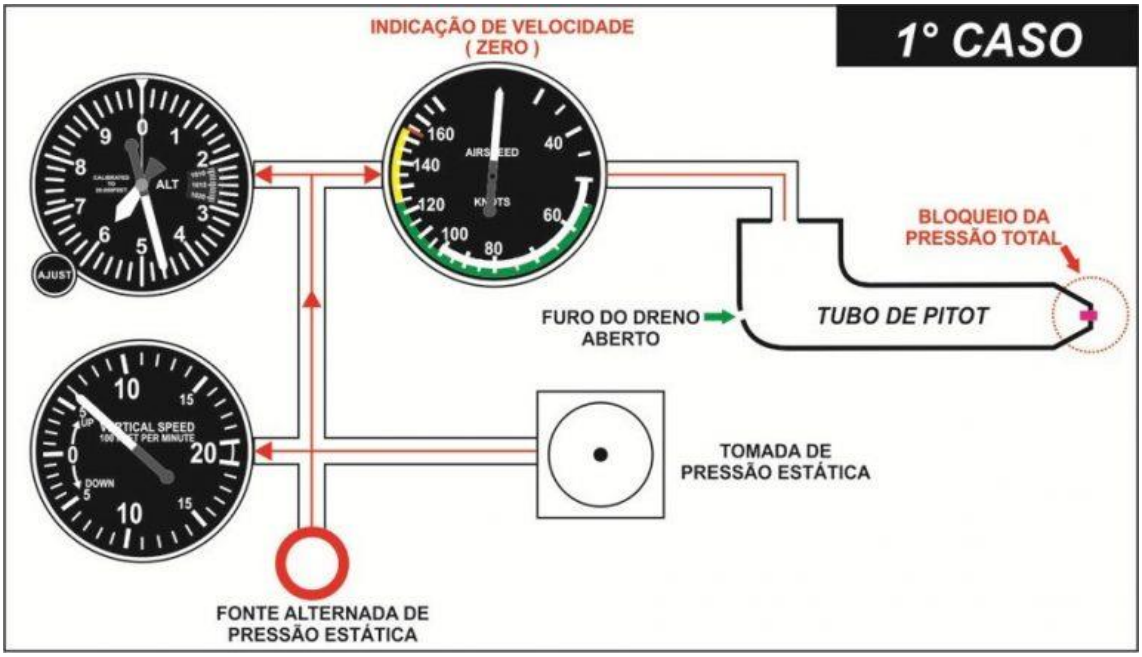
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

37) Instrumento de aferição de ângulo de guindada (bússola):

Da mesma maneira que se realiza o controle de inclinação nos eixos x e/ou y executando um sistema de segunda ordem, pode-se exercer o controle de guinada num sistema de segunda ordem usando o instrumento de medição de guinada ou bussola analógica ou digital.

A diferença é que o sistema de medição de inclinação (inclinômetro) trabalha o tempo o tempo todo com inclinação desejada igual a zero e o sistema de controle de voo de guinada trabalha com a definição do ângulo de guinada com valores diferentes sempre que desejado.

Ou seja, o ângulo desejado é definido e o sistema de controle exerce a direção e sentido real. Para se exercer o ângulo real, o sistema altera o valor de empuxo no motor elétrico horizontal da esquerda e/ou da direita.

Com o valor dos motores elétricos horizontais com o mesmo valor de empuxo, a aeronave voa para frente; Com o valor do motor elétrico horizontal da direita menor que o valor do motor elétrico horizontal da esquerda, a aeronave gira para direita; e com o valor do motor elétrico horizontal da esquerda menor que o valor do motor elétrico horizontal da direita, a aeronave gira para a esquerda.

Com o princípio de Engenharia de Controle aplicado para o valor desejado de direção para a esquerda ou para a direita usando o modelo de Sistema de Segunda Ordem, a aeronave obedece a direção e sentido de voo desejado.

Para se controlar o voo vertical e o voo inclinado o sistema não necessita de algoritmos sofisticados. Basta um valor de referência e projetar a constante K do controle de PID. Já para o voo guinado, há a necessidade de usar um Equipamento Arduino e o software C++ para controlar o valor da bussola desejada e do ângulo da bussola real. Ou seja, mede-se o ângulo real e subtrai-se o ângulo desejado. Esta subtração é amplificada, e caso o valor desta subtração for menor ou igual a 180 graus realiza-se um torque para a direita no sentido horário (com a diminuição da frequência do inversor e consequente diminuição

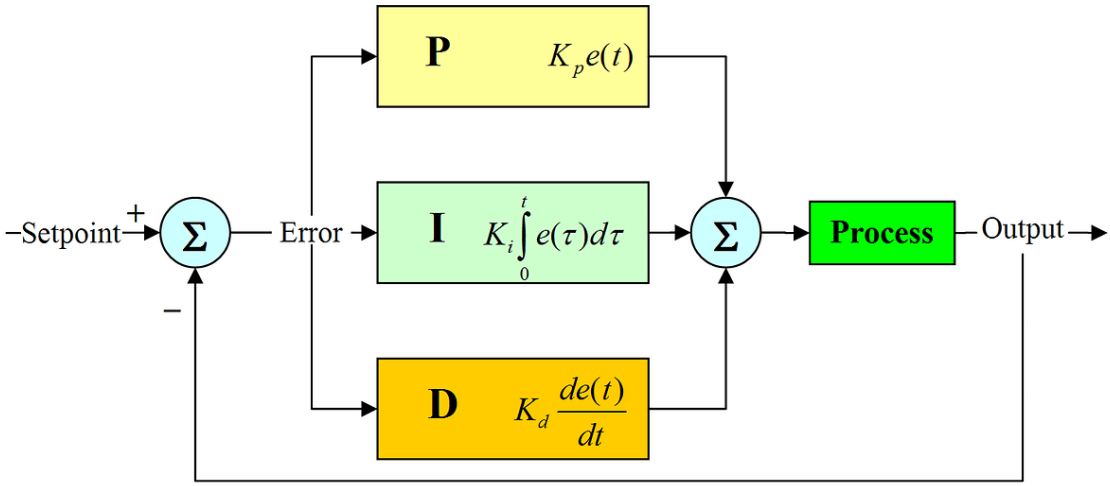
da velocidade do motor horizontal da direita e diminuição do empuxo no propulsor da direita) realizando um torque no sentido horário; e caso o valor desta subtração for maior que 180 graus e menor que 360 graus, realiza-se um torque para a esquerda no sentido anti-horário (com a diminuição da frequência do inversor e consequente diminuição da velocidade do motor horizontal da esquerda e diminuição do empuxo do propulsor da esquerda). O software no Arduíno controla os valores dos sensores de ângulo da bussola digital e de acordo com o ângulo desejado este aumenta ou diminui o valor da frequência dos motores horizontais e realiza o voo em guinada como desejado.

Ou seja, opera-se um sistema PID de segunda ordem para se controlar o ângulo de voo desejado de acordo com uma bussola eletrônica digital.

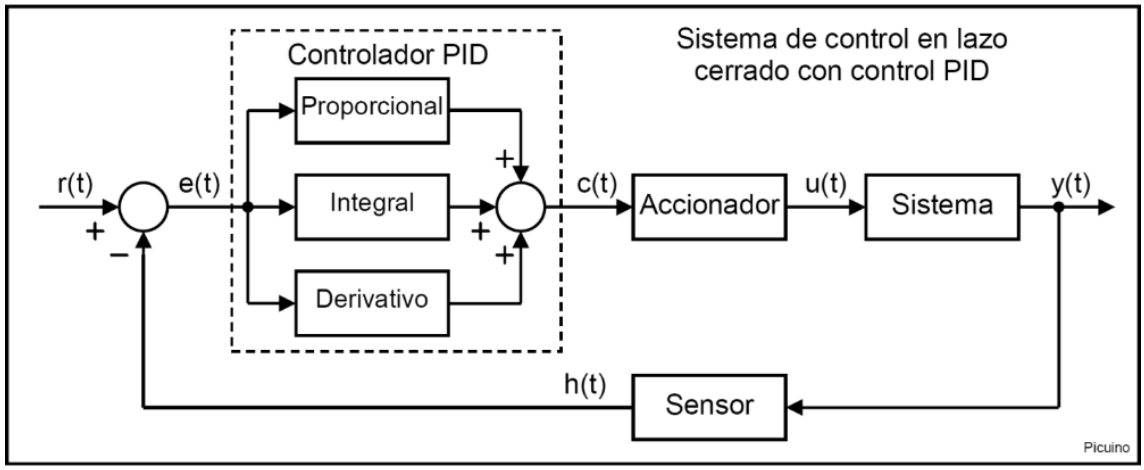
O que significa que com um motor horizontal com velocidades distintas um do outro motor horizontal, este trabalha um voo de guinada para sentido horário ou anti-horário de acordo aumentando ou diminuindo o valor da frequência do inversor, modificando a direção e sentidos desejados.

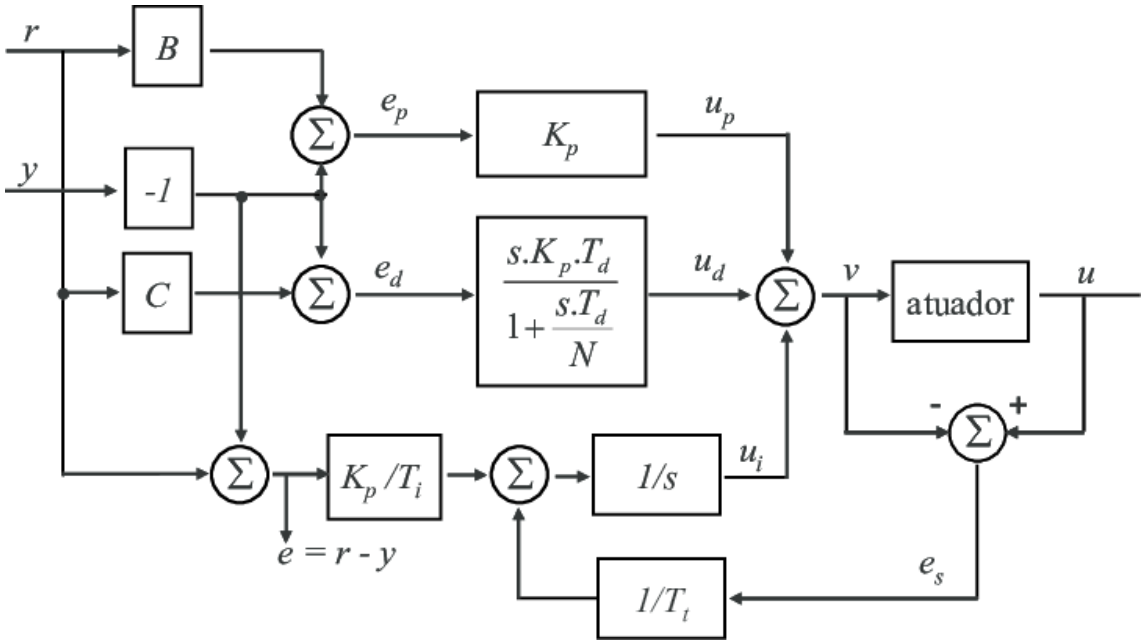
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

E(w) = ½*rho*((w1+w2)^2*R^2)/4*R*b*np*nr*cl

E(w) = empuxo de dois motores

T(w) = ½*2*r*rho*((w1-w2)^2*R^2)/4*R*b*np*nr*cl (torque dois motores, rotação horária)

T(w) = ½*2*r*rho*((w2-w1)^2*R^2)/4*R*b*np*nr*cl (torque dois motores, rotação anti-horária)

w1 = rotação horária

w2 = rotação anti-horária

T(w) = J*dw/dt

Se T(w) > 0 implica tetaz > 0 ou seja, w1 > w2 inversores de frequência)

Se T(w)= 0 implica tetaz = 0 (ou seja, w1 = w2 inversores de frequência)

Se T(w) < 0 implica teta < 0 (ou seja, w2 > w1 inversores de frequência)

Pot = J*w

T(w) = torque de rotação em torno do eixo z

Pot = Potência

J = momento de inércia

dw/dt = derivada da rotação

f = 60 Hz

w = 2*pi()*f rad/s

r = raio de distância do centro do rotor até a linha de centro dos dois motores. (linha média do centro de gravidade)

R = raio do rotor

b = corda do rotor

np = número de pás

nr = número de rotores (2)

cl = coeficiente de sustentação da asa.

O sistema utiliza o ângulo de -180 a +180

Se o ângulo desejado menos o ângulo real for maior que zero e menor que 180, o motor trabalha com direção anti-horária, ou seja, para a esquerda; já se o ângulo desejado menos ângulo real for menor que zero e maior que -180 os motores trabalham com direção horária.

É importante observar que os motores horizontais giram um para a direita e outro para a esquerda (horária e anti-horária). Quando os dois motores operam com intensidade igual, e direção oposta, o sistema navega na direção frontal e em aceleração. Já se os motores trabalham com giro ao contrário ambos na mesma intensidade, o sistema freia. Agora se os motores trabalham na mesma direção, ou seja, os rotores em direção oposta, o sistema gira na direção do empuxo menor. Com força para frente em provocado por w1 e para trás provocado por w2, o empuxo gira entorno do eixo z; e caso o sistema trabalhe ao contrário, o sistema opera entorno do eixo z na direção contrária.

Assim como o sistema pode fazer o controle da navegação em guinada de maneira automática, este pode também ser feito manualmente através do piloto que pode acelerar ou desacelerar a frequência de rotação de cada motor horizontal exercendo a guinada.

38) Instrumento de aferição de ângulo de inclinação no eixo x:

Um sistema de voo seja vertical ou horizontal precisa compensar o equilíbrio através de um inclinômetro de forma a estabilizar o equipamento através de um pêndulo.

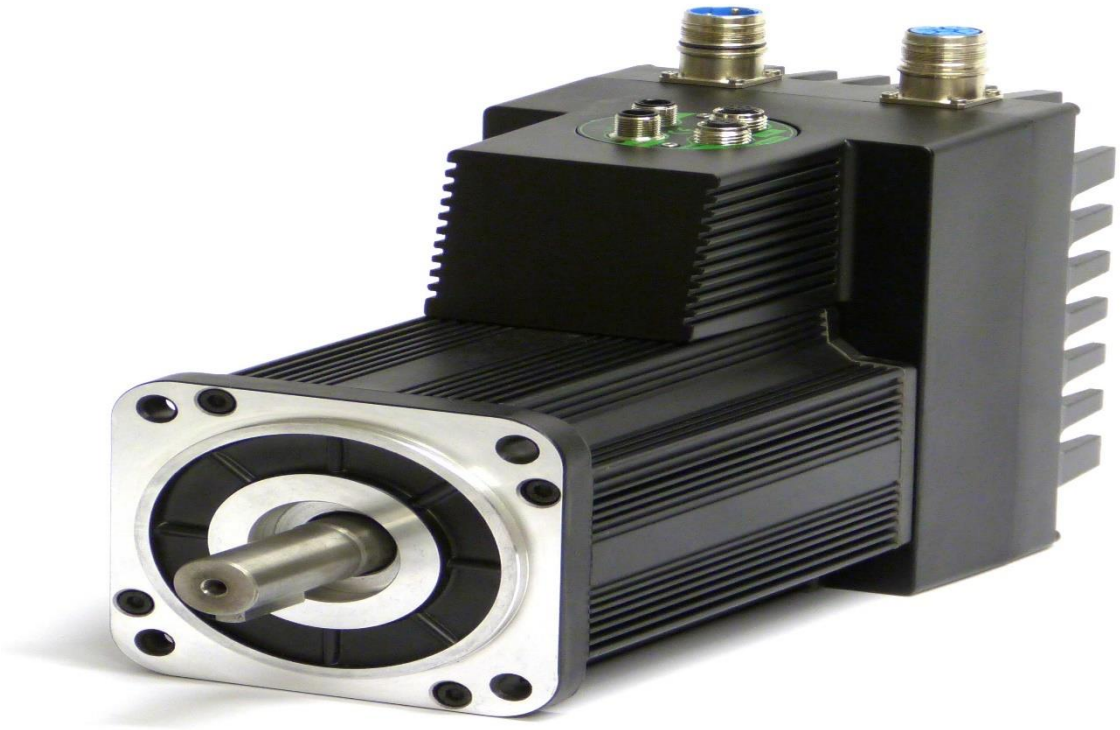
Pêndulo este que opera através de um servo motor. Ao se medir o ângulo com o inclinômetro, movimenta-se o servo motor, que ao carregar um peso na ponta do servo, este inclina-se no sentido contrário. Ou seja, ao inclinar a aeronave para frente, o servo motor movimenta o peso de ponta de servo para trás criando estabilidade.

Da mesma forma que se usa o Sistema de Controle de trabalho da guinada, este trabalha também como controle de inclinação no eixo x, no entanto diferentemente da inclinação da bussola, a inclinação do eixo x desejada é sempre zero, procurando manter a aeronave equilibrada sem inclinação no eixo. O servo motor opera junto com um eixo de fuso, para realizar o deslocamento horizontal do peso de ponta de eixo. Deslocando o peso do fuso na direção do equilíbrio contrário ao da medida no inclinômetro, operando-se como um pêndulo.

Ou seja, utiliza-se o inclinômetro para se medir a inclinação real, define-se a inclinação desejada como zero, calcula-se o erro de inclinação, multiplica-se este erro pela constante PID (Proporcional, Integral e Derivativa) a ser simulado e calculado com o Matab e Simulink.

Desta forma o sistema fica equilibrado em torno do eixo x com ângulo de inclinação igual a zero. Ou próximo de zero.

Se usar apenas um motor de 300 Hp IO-540 a etanol o sistema vai girar em direção contrária a rotação do motor, devido conservação do momento de inércia, rotacionando a aeronave no sentido contrário da rotação do motor. Por este motivo a VBJ Engenharia está usando 2 motores de 300 Hp, totalizando 600 Hp, sendo um no sentido horário e outro no sentido anti-horário (um para frente e outro para trás).



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

39) Instrumento de aferição de ângulo de inclinação no eixo y:

Da mesma forma que a aeronave eVTOL Motorbike e/ou a aeronave eVTOL Flying Car realiza o equilíbrio na direção x, o sistema também realiza o equilíbrio na direção y.

Ou seja, o sistema usa um inclinômetro que mede a inclinação em torno do eixo y e usa um Modelo de Sistema de Malha Fechada que impulsiona através de um Servo Motor e um Eixo de Fuso que movimenta um peso com massa m que movimenta a inclinação no sentido contrário ao da inclinação medida criando a estabilidade do sistema.

T = m*g*r

Teta = K*m*g/(J*s^2 + c*s + H*K*m*g)

T = torque em torno do eixo y

m = massa da ponta de servo motor

Teta = ângulo de inclinação em torno do eixo y

g = aceleração da gravidade

J = momento de inércia

s = variável da Transformada de Laplace

r = raio imposto pela massa da ponta de servo motor

K = constante PID (proporcional, Integral e Derivativa)

c = resistência aerodinâmica

H =constante de medição pelo inclinômetro

O que significa que um Sistema de Controle de Malha Fechada com inclinação desejada durante todo o tempo com valor zero, gera uma correção durante todo o tempo, mantendo o valor em torno de zero. De forma que quando o valor da inclinação sobre o eixo y aumenta para uma direção ou para outra o sistema mede esta inclinação e corrige no sentido contrário mantendo o valor sempre em torno de zero.

Esta correção é sempre exercida através da modificação do raio r pela massa m impulsionada pelo eixo de fuso, gerando o Torque necessário para correção da inclinação para o valor igual a zero.

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

40) Instrumento de sensores de presença de outras aeronaves próximas:

A operação de voo das aeronaves eVTOL Motorbike e/ou das aeronaves eVTOL Flying Car precisa ser segura, tanto em relação a prédios e edifícios, quanto em relação a árvores e em relação a outras aeronaves.

Para isso o sistema de voo das aeronaves eVTOL possuem sensores de ultrassom para monitorar estes obstáculos físicos em tempo real e passam a corrigir a rota de voo de maneira a impedir a colisão. Os sensores são frontais, traseiros, à direita, à esquerda, embaixo e em cima.

Este sistema de segurança opera através do software instalado no Arduíno que faz a leitura dos sistemas de ultrassom, define a rota de segurança e executa a modificação de voo dos motores e rotores horizontais de maneira impedir o choque com os prédios, edifícios, árvores e outras aeronaves.

Estes sensores de ultrassom são fundamentais para garantir a segurança das aeronaves e o software Arduíno é fundamental para estabilizar a aeronave de forma a validar a segurança do sistema.

Aeronave voa para frente com os dois comandos de voo horizontal para frente, voa para trás com os dois comandos de voo horizontal para trás, voa pairado com os dois comandos estabilizados em zero.

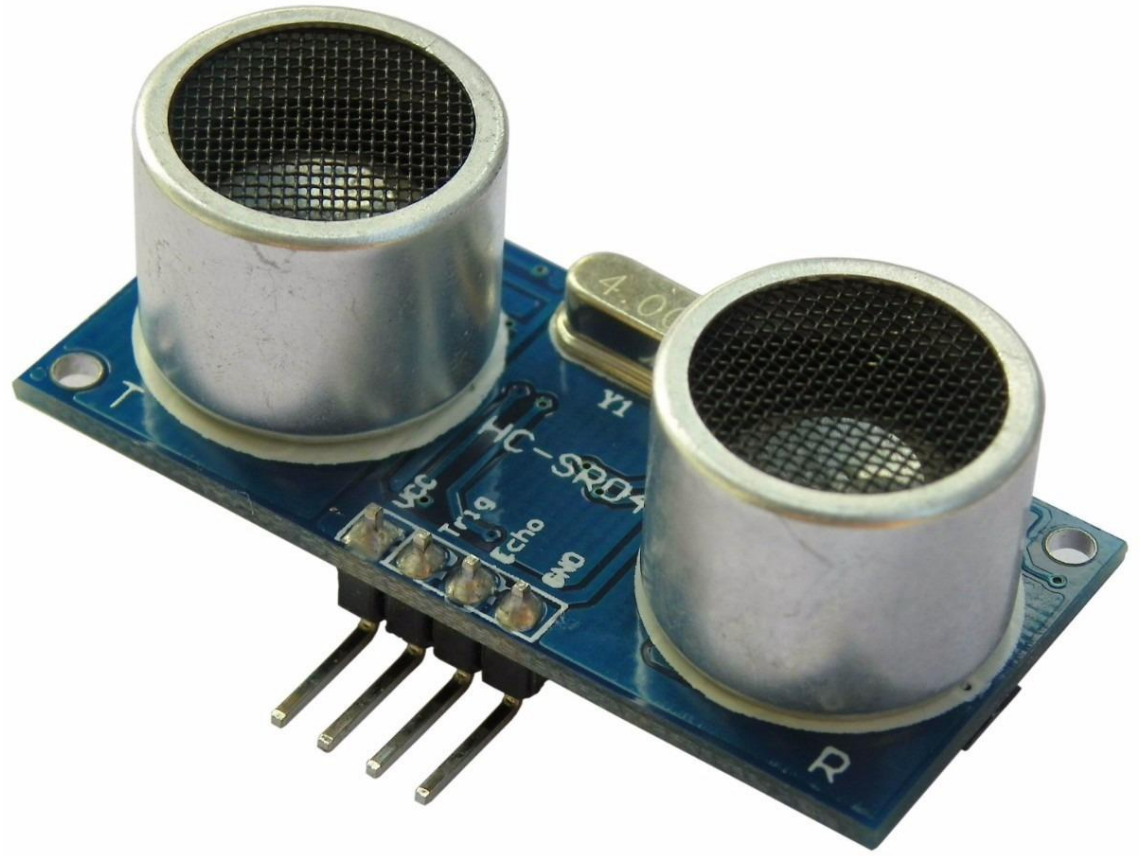
A aceleração para frente opera com uma velocidade máxima de 100 km/h e o aumento da velocidade é tanto maior quanto maior for o tempo de exposição da velocidade frontal. Com uma autonomia de 5 horas, o sistema voa 500 km sem necessidade de abastecimento. Esta operação pode ser realizada com o Sistema de Controle de velocidade. Além disso, o sistema executa voo guinado anti-horário com o comando esquerda para trás e o comando direita para frente. E o sistema executa

voo guinado horário com o comando esquerda para frente e o comando da direita para trás.

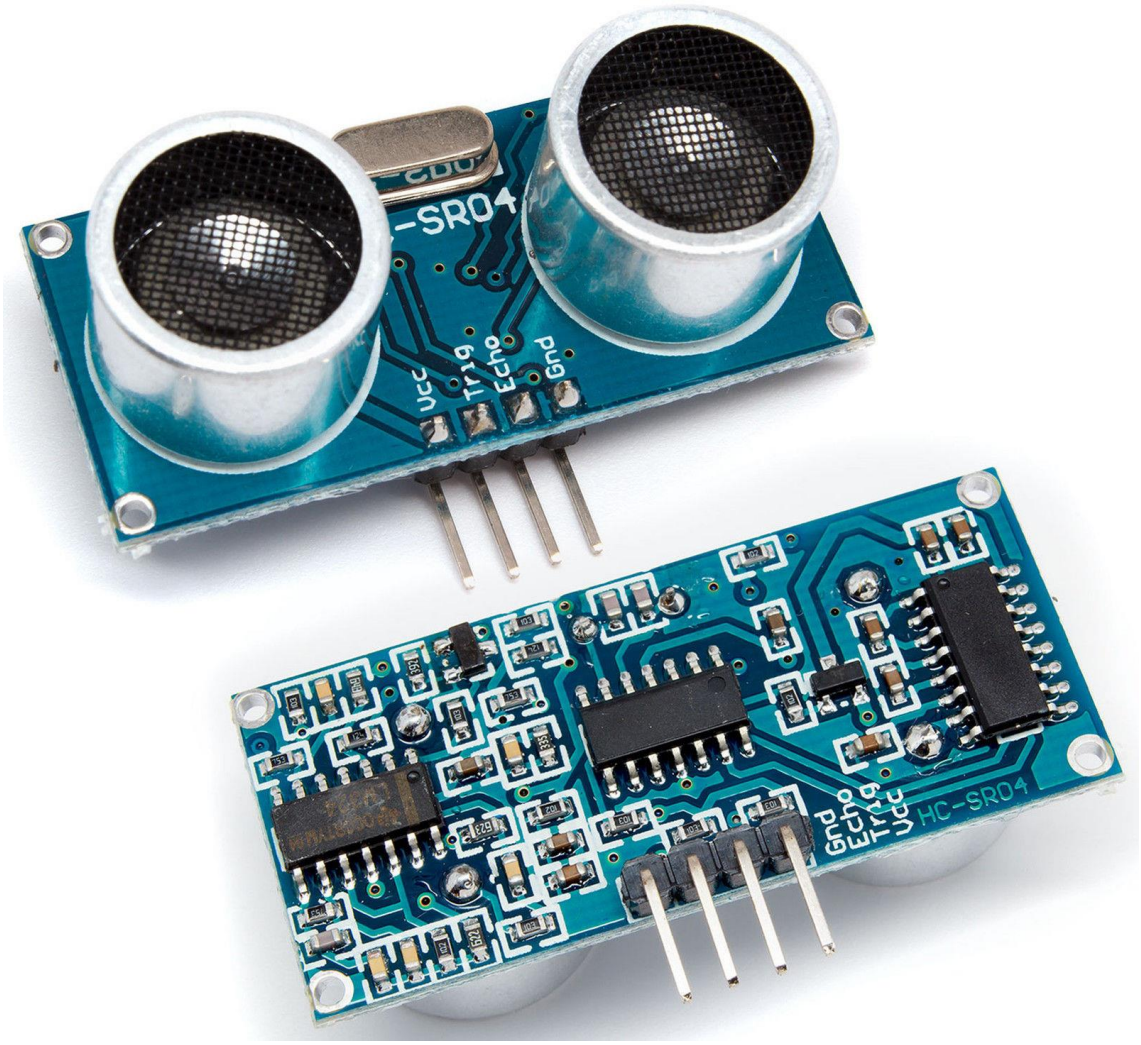
Ao se utilizar os sensores de ultrassom e o algoritmo de controle no Arduíno, este exerce o controle de voo guinado garantindo a segurança de voo.

Este voo em segurança e automático pelo Arduíno permite a estabilidade de voo de maneira que o piloto não precisa se preocupar pois ele opera sem a necessidade de intervenção humana.

Desta forma, o sistema consegue voar de forma automática com o Sistema de Controle PID de malha fechada, ou de forma a exercer a intervenção humana para cima, para baixo, para frente, para trás, em guinada horária, em guinada anti-horária. Esta intervenção humana somente não é exercida caso ocorra a necessidade de segurança automática estabelecido pelos sensores e pelo Arduíno.

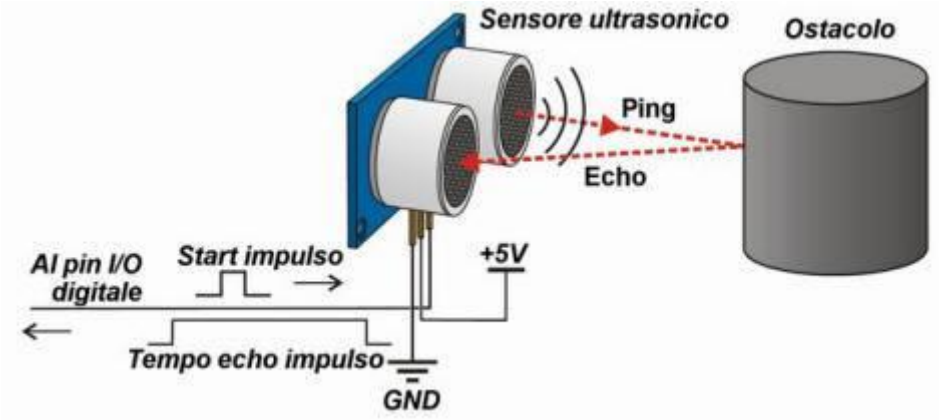


VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

41) Instrumento de sensores de colisão contra edifícios, torres ou outros obstáculos (pontes, árvores, placas e semáforos) :

Conforme o capítulo anterior, que usa sensores ultrassom para checar ser há obstáculos a frente, a trás, para baixo, para cima, à direita e à esquerda, estes sensores são fundamentais para proteger a aeronave de outros obstáculos, incluindo outras aeronaves, pontes, árvores, placas de trânsito e semáforos.

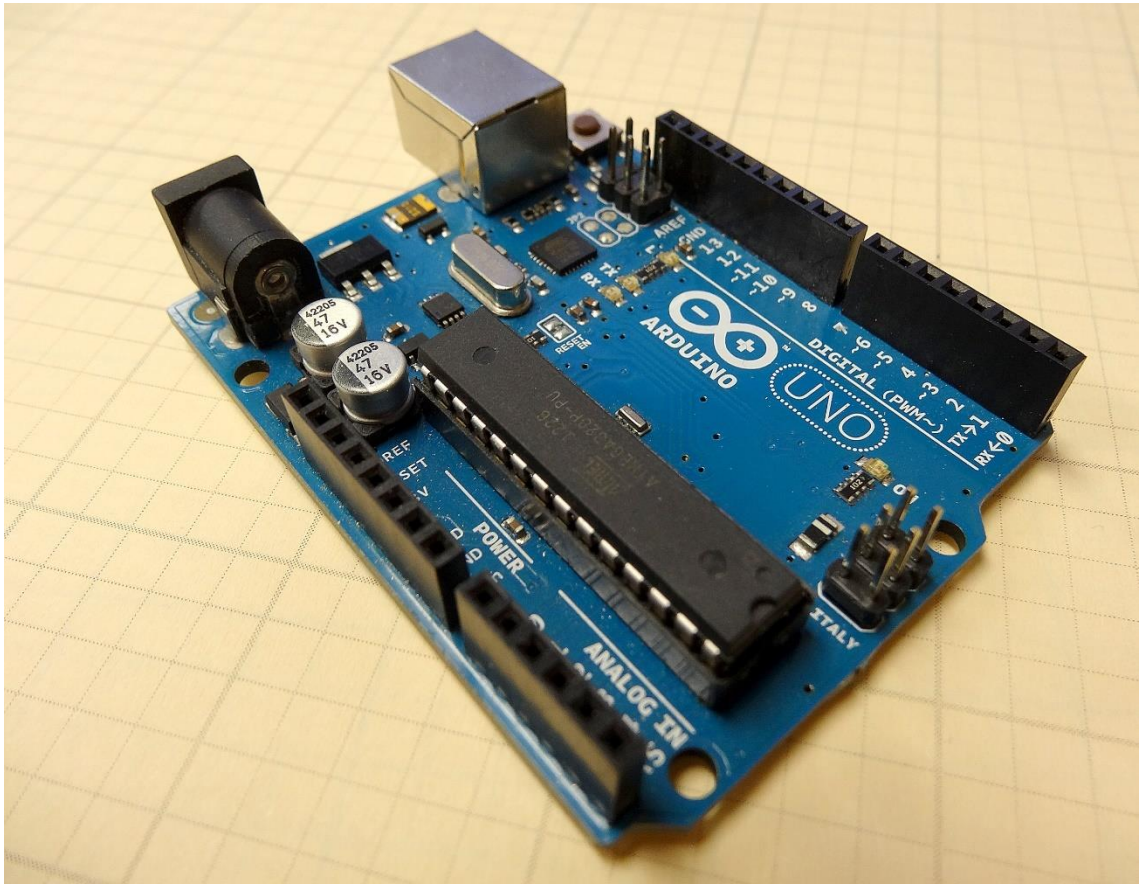
Os sensores de obstáculos podem alimentar a segurança do Arduíno de forma a corrigir a rota dos motores horizontais (frontal, pairado, traseiro e guinado) e corrigir a emergência dos motores verticais (subida, decolagem, pairado, descida e pouso).

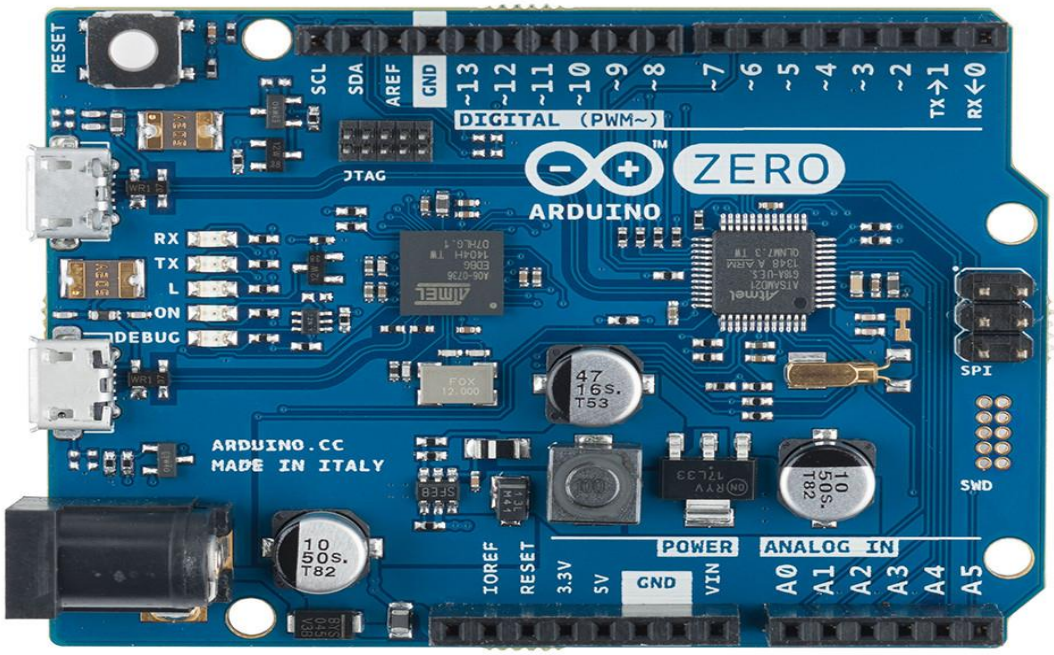
Ou seja, se o sistema localiza um obstáculo em risco de colisão, o Arduíno automaticamente altera a direção de voo e corrige o deslocamento para um local, direção e sentidos seguros, sem a presença de obstáculos, nem risco de colisão.

É possível parar a aeronave ou modificar a rota, ou controlar a altitude desejada. Em todos os casos, quem decide este voo de emergência é o software instalado no Arduíno, onde ele mede a distância do obstáculo e altera a rota automaticamente. O Arduíno define a velocidade de voo, a altitude, e a guinada e projeta estas variáveis para os valores desejados. Estes valores desejados alimentam os circuitos de controle PID que impulsiona as frequências dos inversores que geram os movimentos desejados.

Aumentando ou diminuindo as frequências dos inversores o Arduino aumenta ou diminui a velocidade dos rotores. E aumentando ou diminuindo a frequência dos inversores, estes aumentam ou diminuem a velocidade horizontal (com limite máximo de 100 km/h) e o voo de guinada (seja manual ou automático usando PID); e corrigem a subida e/ou descida, ou estabelecem o voo pairado, todos com o objetivo principal de estabelecer a segurança de voo.

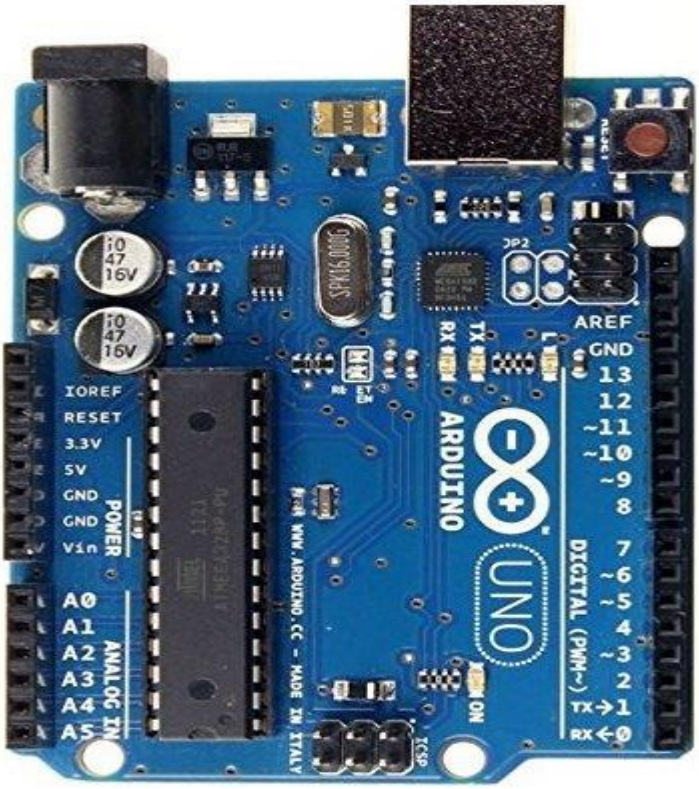
Existem sensores para o Arduíno de velocidade, de altitude, de pressão barométrica, de temperatura etc. O software do Arduíno pode ser programado em C ou em C++.

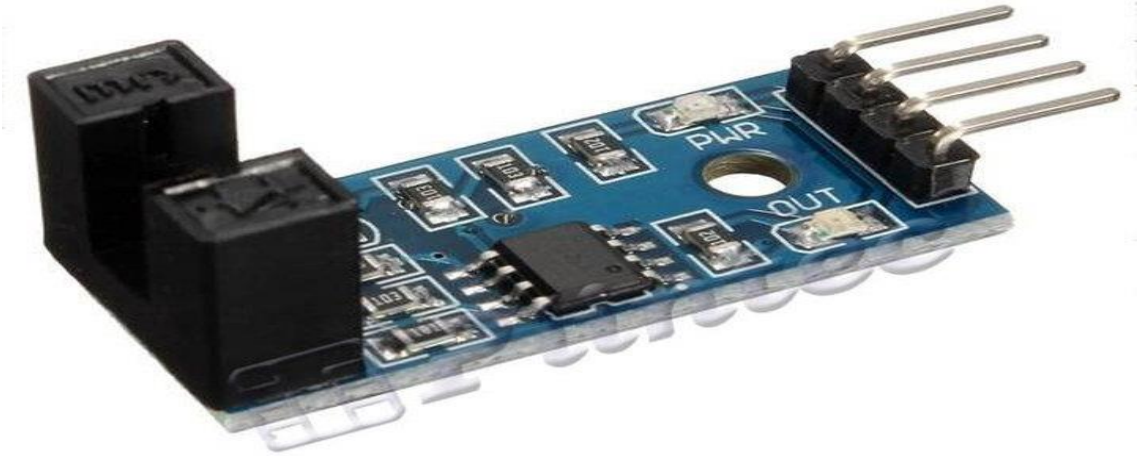




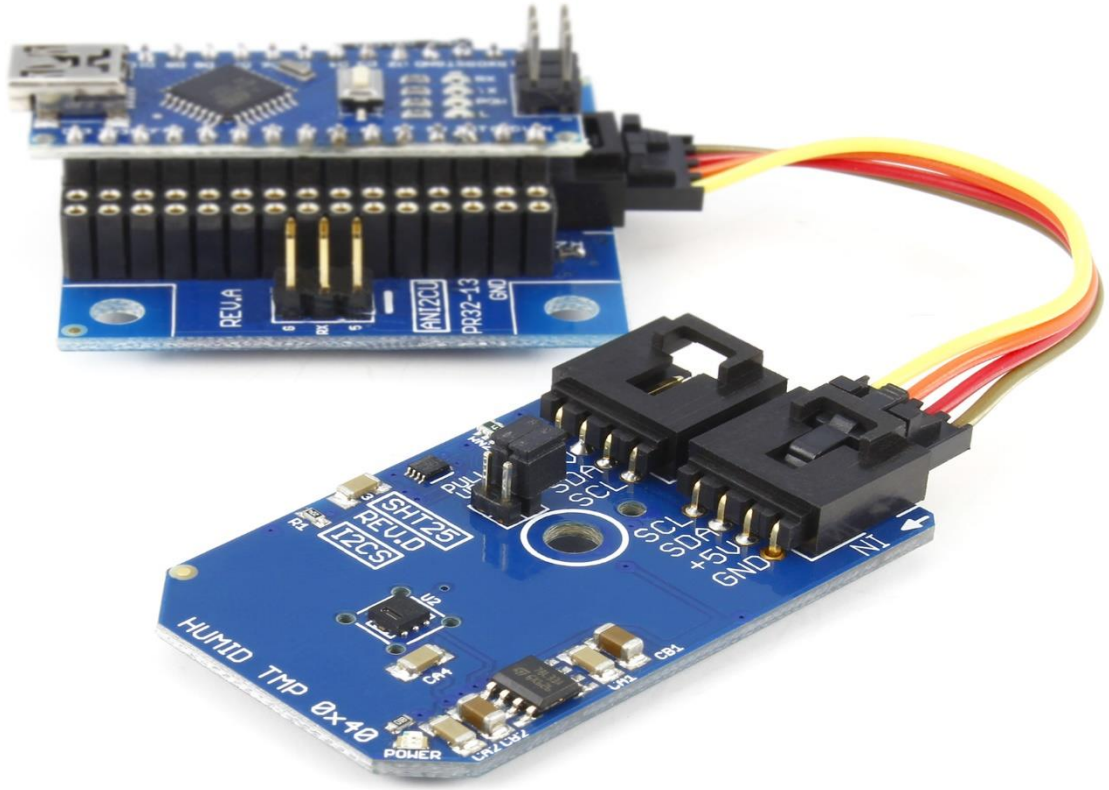
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

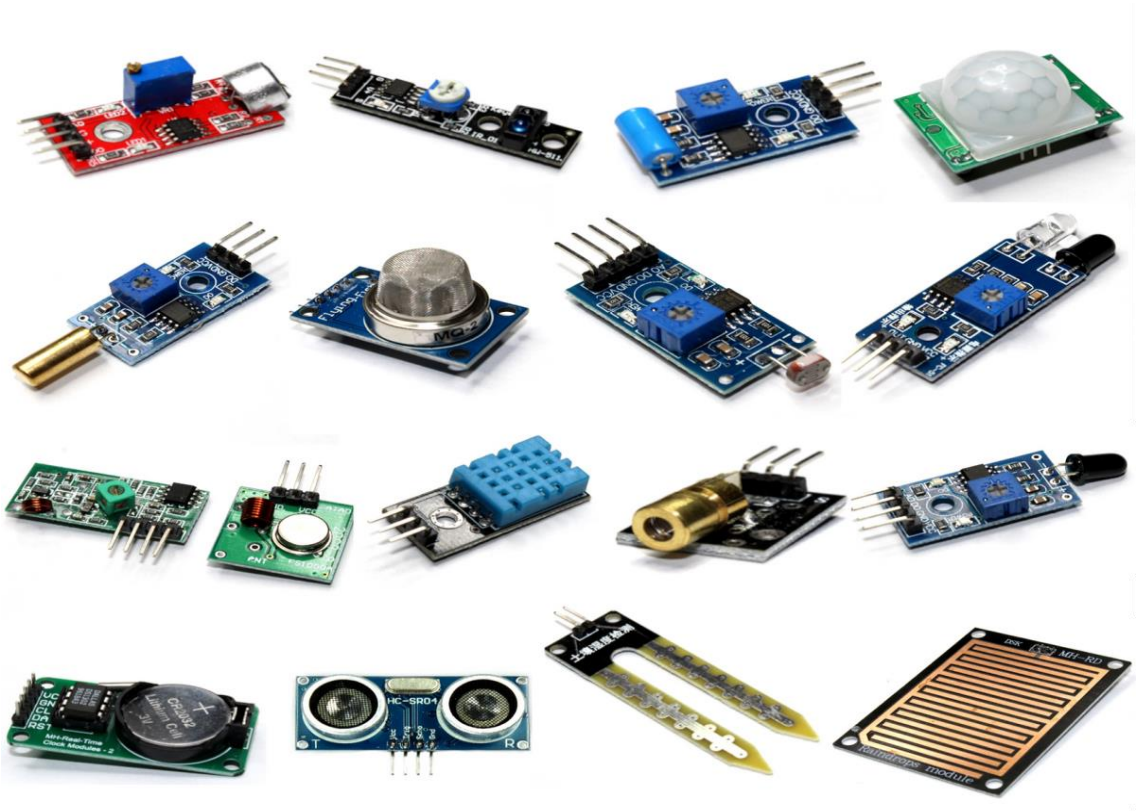
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

42) Tablet para análise de voo usando Waze para navegação segura entre prédios:

Uma tecnologia fundamental para a navegação nas grandes cidades é o uso do software aplicativo Waze. O aplicativo pode ser instalado num tablet e permite a visualização e controle aeronáutico dos prédios, pontes, torres, tuneis, placas de trânsito, árvores, semáforos e outros obstáculos físicos.

O aplicativo Waze pode ser usado para verificação das posições geográficas dos edifícios/obstáculos visualizando onde estão estes edifícios/obstáculos.

Quando o obstáculo físico é verificado à frente a aeronave executa uma frenagem e paralização no voo horizontal de maneira a realizar o voo pairado. Este voo pairado, permite ao piloto corrigir a rota, onde o sistema pode voar para baixo e pousar, ou voar para cima para permitir que o voo continue na direção desejada anteriormente. Isto significa que o voo executa o voo pairado e em seguida o voo vertical para sobrevoar o obstáculo a frente.

Ao realizar o voo pairado, o sistema verifica se há outras aeronaves ou outros obstáculos em baixo ou em cima e decide executar o voo desejado.

Ao se verificar que não há outra aeronave ou obstáculo na direção desejada o sistema executa o voo. Esta verificação é exercida através dos sensores de ultrassom que alimenta o Arduíno que autoriza o piloto a executar o voo na direção e sentidos desejados.

Da mesma forma, o sistema verifica se há obstáculos no voo frontal e caso negativo o sistema autoriza o voo frontal com velocidade máxima de 100 km/h. Onde esta velocidade é controlada pelo Sistema de Controle de Malha Fechada.

Sempre que for necessário exercer o voo guinado. Antes de executar o voo guinado, o sistema checa também através do sensor de ultrassom se há ou se não há obstáculos nas direções laterais para onde se pretende exercer o voo.

Ou seja, tanto para voo frontal, quanto para voo vertical para cima ou para baixo, quanto para voo guinado horário ou anti-horário, quanto para voo em retaguarda, o sistema usa sensores de ultrassom para checar se há ou se não há obstáculos ao voo e autoriza ou não o exercício deste voo.

É importante observar que o sensor de ultrassom consegue medir a distância que a aeronave está do obstáculo.

Ao se usar o Waze como software aplicativo de navegação, o sistema consegue ler e corrigir a leitura dos edifícios de maneira que a aeronave possa voar sobre as ruas e avenidas; e voar sobre os edifícios da mesma maneira que voam os helicópteros.

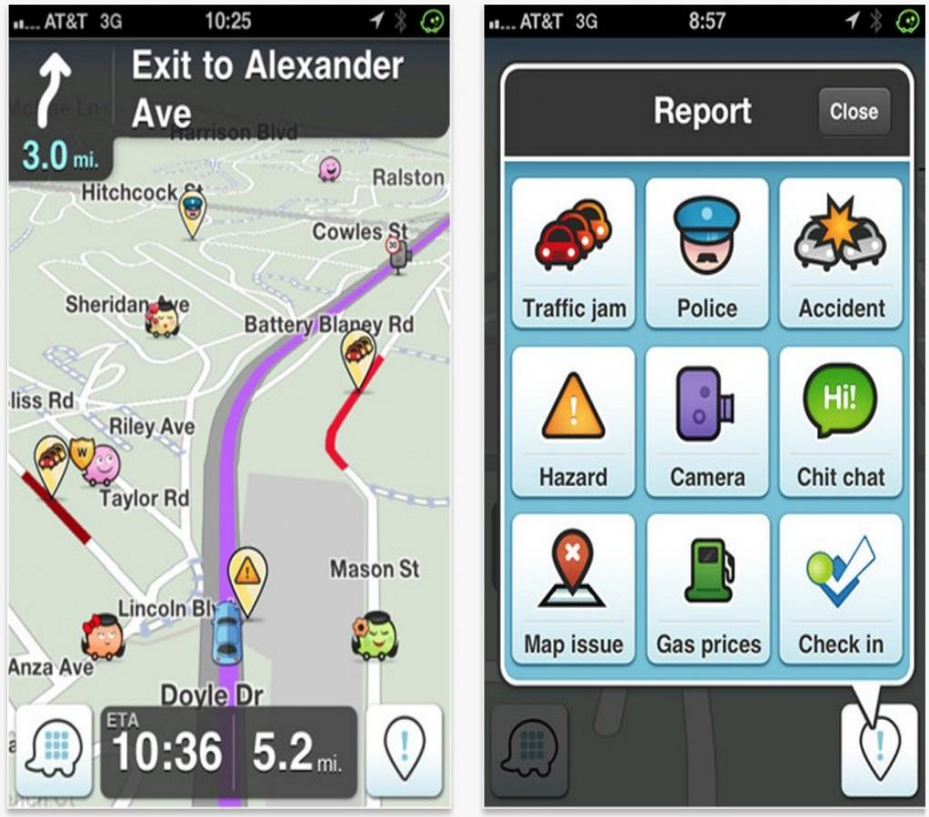
Ou seja, o sistema consegue voar sobre as ruas e avenidas usando o Waze e consegue voar sobre os Edifícios, sabendo onde estão os prédios e obstáculos.

Portanto o sistema pode voar baixo ou voar alto. Baixo sobre as ruas e avenidas usando o Waze como guia junto com o ultrassom. E Alto sobre os edifícios guiado sobre os prédios localizados e visualizados pelo Waze usando também os sensores de ultrassom.

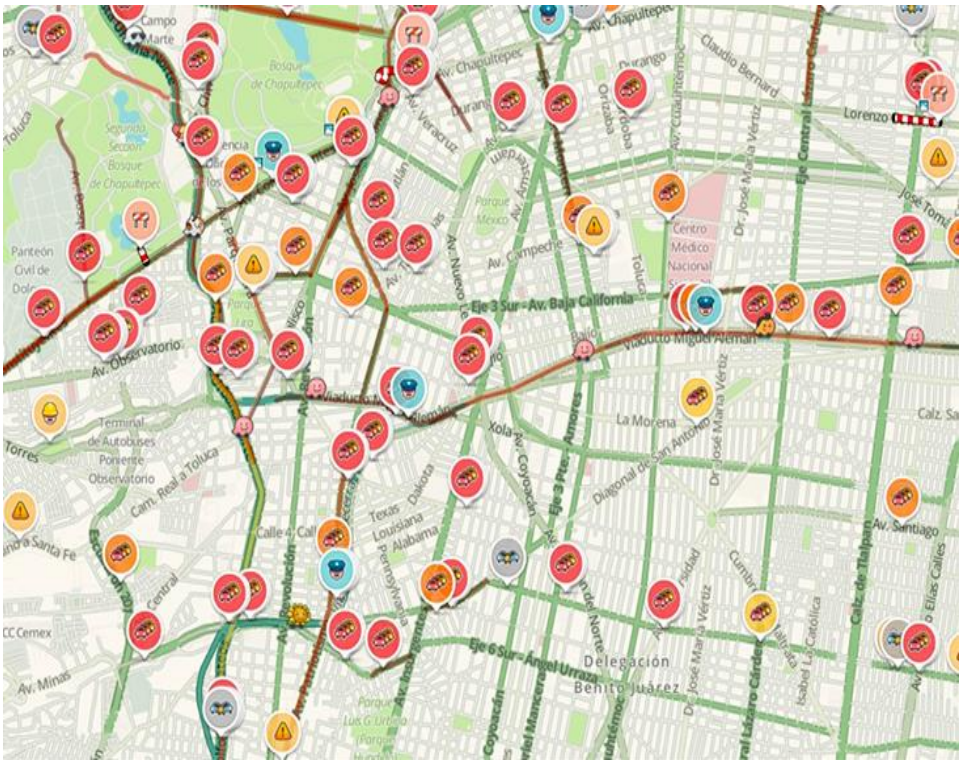
Toda esta inteligência logística deve ser construída, instalada e controlada no Software Arduíno.

O fundamental é construir a tecnologia de deslocamento fundamentada na segurança como valor primordial. Para qualquer emergência de voo este deve automaticamente executar o voo pairado onde os sensores de ultrassom e de GPS do Waze parem a aeronave e garantam a segurança vertical, horizontal e ou de guinada permitindo a segurança da aeronave. Quando for permitido o voo pós pairado, este desloca-se para um local seguro em que não haja obstáculo e realiza lentamente o pouso.

Ou seja, para executar a aceleração vertical para cima ou para baixo, aceleração frontal, desaceleração frontal, aceleração em retaguarda, desaceleração em retaguarda, voo em guinada horário, voo em guinada anti-horário, sempre antes de ocorrer, este passa pelo exercício de um voo pairado, monitorado pelo Waze e pelos sensores de ultassom.



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

43) Uso de Paraquedas para uma emergência de alta altitude:

Quando a aeronave eVTOL Motorbike ou a aeronave eVTOL Flying Car da VBJ Engenharia sofre uma pane e inicia uma descida indesejada (queda), a aeronave utiliza de um recurso de lançamento de paraquedas balístico que sustenta a descida com uma velocidade de pouso adequada e sem risco de contusão.

O sistema de emergência aciona um conjunto de três paraquedas em sequência. O primeiro modelo da aeronave eVTOL Motorbike é acionado para o piloto e o segundo para o passageiro, que ambos usam cada um, sua utilização.

Após o lançamento dos dois paraquedas humanos em sequência, um para o piloto e outro para o passageiro, ocorre um terceiro lançamento de paraquedas, este para a aeronave eVTOL Motorbike.

No caso do eVTOL Flying Car o sistema lança um único paraquedas que sustenta a aeronave no pouso de emergência e o piloto e o copiloto se mantém dentro da aeronave.

Em todos os dois modelos (eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car) o sistema de lançamento dos paraquedas é executado automaticamente pela queda abrupta da aeronave.

A força de sustentação do paraquedas é dada pela seguinte equação:

F = ½*rho*V^2*S

F = força de sustentação

rho = densidade da atmosfera

V = velocidade de descida

S = área de sustentação do paraquedas

dv/dt = g – c*v/m

dv/dt = aceleração vertical

g = aceleração da gravidade

c = coeficiente de arrasto

m = massa do paraquedista

v = velocidade do paraquedista

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Sendo que $t = t_s + t_q$,

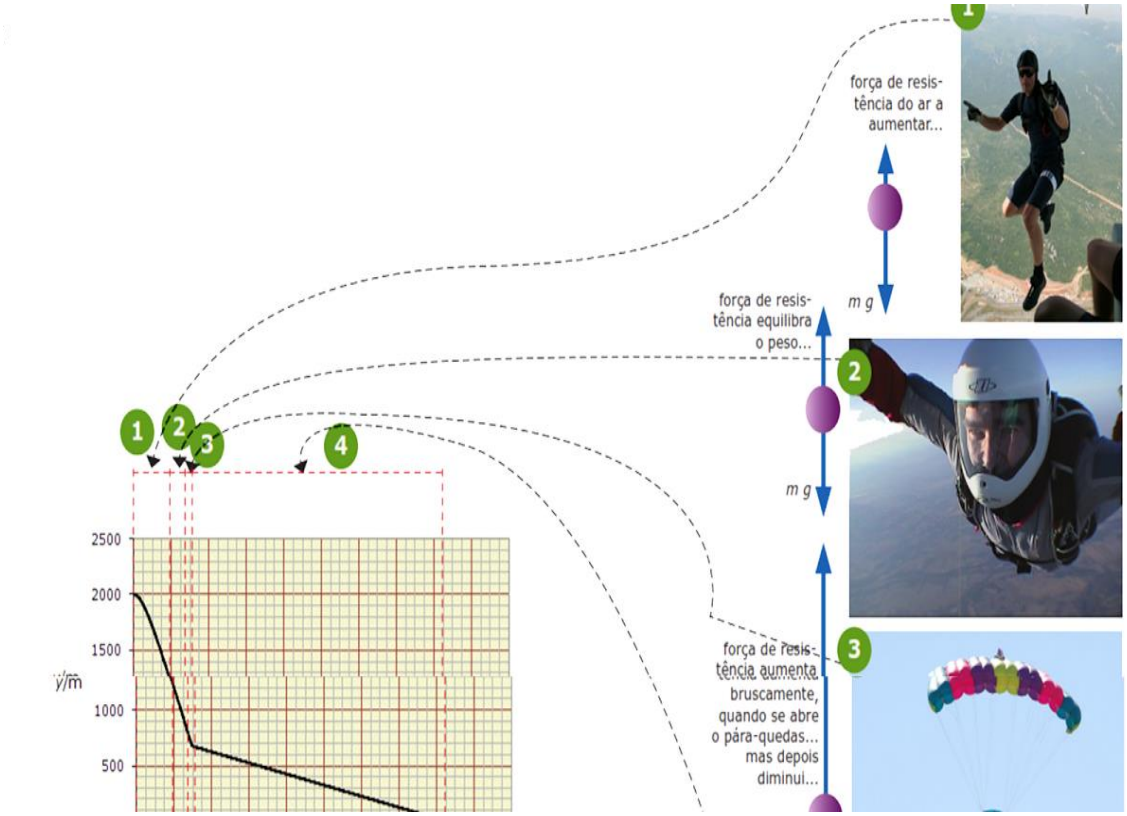
Então:

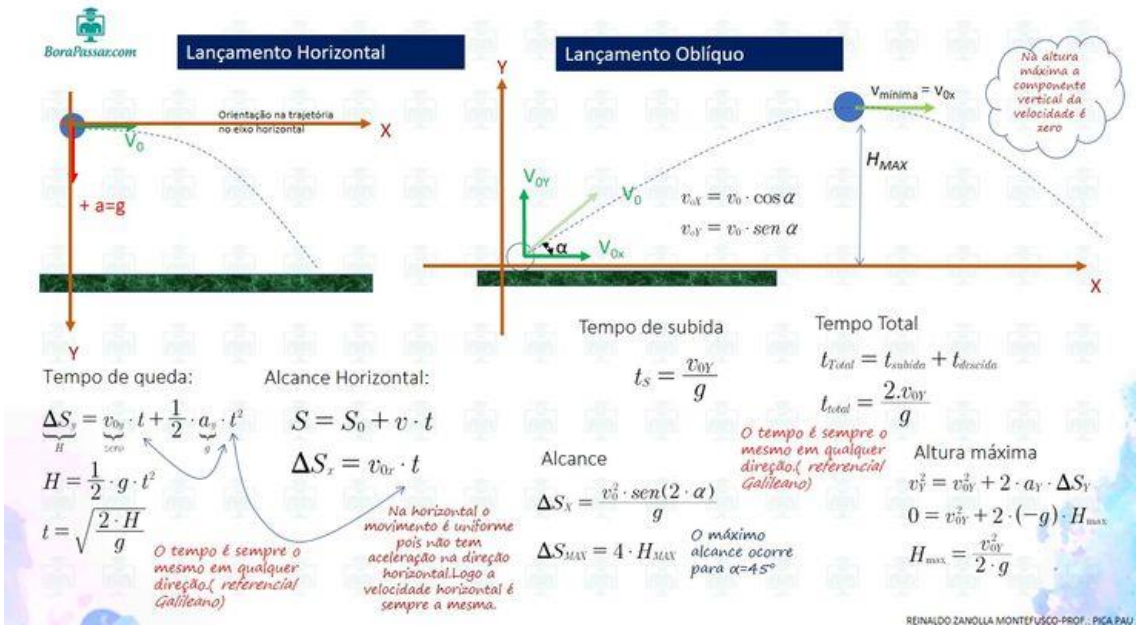
$$\frac{2V_0}{g} = \frac{V_0}{g} + t_q \Rightarrow \quad t_q = \frac{V_0}{g} \quad \Rightarrow \quad t_q = t_s$$

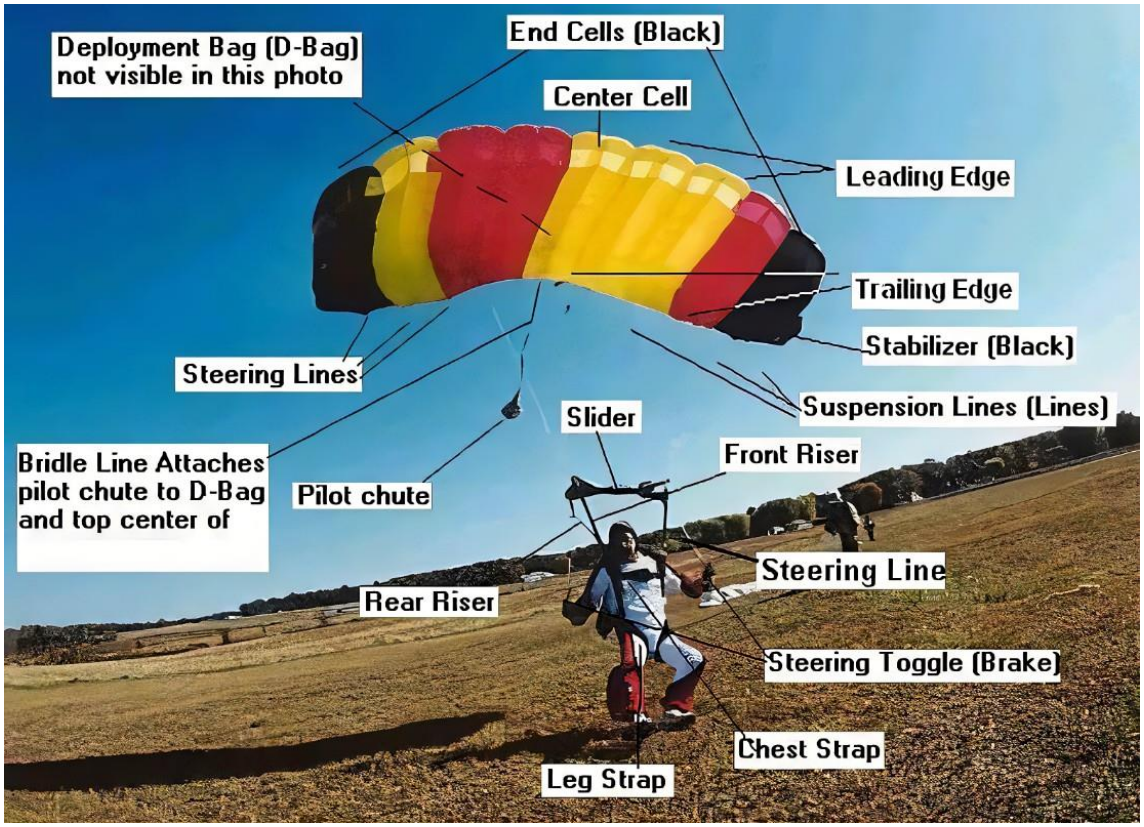
Altura máxima atingida:

$$V^2 = V_0^2 - 2gS, \rightarrow \begin{cases} V = 0 \\ S = h_{máx} \end{cases}$$

$$0 = V_0^2 - 2gh_{máx} \Rightarrow \quad h_{máx} = \frac{V_0^2}{2g}$$




BoraPassar.com
Lançamento Horizontal
Orientação na trajetória no eixo horizontal
X
Y
V0
+ a=g
Tempo de queda:
Alcance Horizontal:
$\Delta S_y = v_{0y} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a_y \cdot t^2$
$H = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$
$t = \sqrt{\frac{2 \cdot H}{g}}$
$S = S_0 + v \cdot t$
$\Delta S_x = v_{0x} \cdot t$
O tempo é sempre o mesmo em qualquer direção.(referencial Galileano)
Na horizontal o movimento é uniforme pois não tem aceleração na direção horizontal.Logo a velocidade horizontal é sempre a mesma.
Lançamento Oblíquo
Y
X
V0Y
V0
V0x
α
$v_{0x} = v_0 \cdot \cos\alpha$
$v_{0y} = v_0 \cdot sen\ \alpha$
Vminima = V0x
HMAX
Na altura máxima a componente vertical da velocidade é zero
Tempo de subida
$t_S = \frac{v_{0Y}}{g}$
Tempo Total
$t_{Total} = t_{subida} + t_{descida}$
$t_{total} = \frac{2.v_{0Y}}{g}$
O tempo é sempre o mesmo em qualquer direção.(referencial Galileano)
Alcance
$\Delta S_X = \frac{v_0^2 \cdot sen(2 \cdot \alpha)}{g}$
$\Delta S_{MAX} = 4 \cdot H_{MAX}$
O máximo alcance ocorre para α=45°
Altura máxima
$v_Y^2 = v_{0Y}^2 + 2 \cdot a_Y \cdot \Delta S_Y$
$0 = v_{0Y}^2 + 2 \cdot (-g) \cdot H_{max}$
$H_{max} = \frac{v_{0Y}^2}{2 \cdot g}$
REINALDO ZANOLLA MONTEFUSCO-PROF.: PICA PAU


Deployment Bag (D-Bag) not visible in this photo
End Cells (Black)
Center Cell
Leading Edge
Trailing Edge
Stabilizer (Black)
Steering Lines
Suspension Lines (Lines)
Slider
Front Riser
Bridle Line Attaches pilot chute to D-Bag and top center of
Pilot chute
Steering Line
Rear Riser
Steering Toggle (Brake)
Chest Strap
Leg Strap

$$\boxed{Fr = m.a} :$$

$$\boxed{a = \frac{\Delta V}{\Delta t}} :$$

$$\boxed{Fr = m.\frac{V - Vo}{t}} :$$

$$\boxed{F.\Delta t = m.\Delta V} :$$

$$\boxed{F.\Delta t = m.V - m.Vo} :$$

$obtemos :$

$$\boxed{I = m.(V - Vo)} \Longleftarrow$$

$\bar{F} = m.\bar{a}$; pero $\bar{a} = \frac{\bar{v}_f - \bar{v}_0}{\Delta t}$

$$\bar{F} = m.\left(\frac{\bar{v}_f - \bar{v}_0}{\Delta t}\right)$$

$$\bar{F}.\Delta t = m.\bar{v}_f - m.\bar{v}_0$$

$$\bar{F}.\Delta t = \bar{P}_f - \bar{P}_o$$

$$\bar{I} = \Delta\bar{P}$$

$V = V_0 - gt_s$, sendo no topo da trajetória v = 0

Assim $V_0 = gt_s \Rightarrow \quad t_s = \frac{V_0}{g}$

t_s (tempo de queda)

Sendo $S = V_0 t - \frac{gt^2}{2}$, t (tempo total do movimento)

S = 0, pois o corpo chega no ponto de partida.

$0 = V_0 t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow \quad t(V_0 - \frac{gt}{2}) = 0$

Conclusões: → t = 0, início do movimento

→ $V_0 - \frac{gt}{2} = 0 \Rightarrow \quad t = \frac{2V_0}{g}$

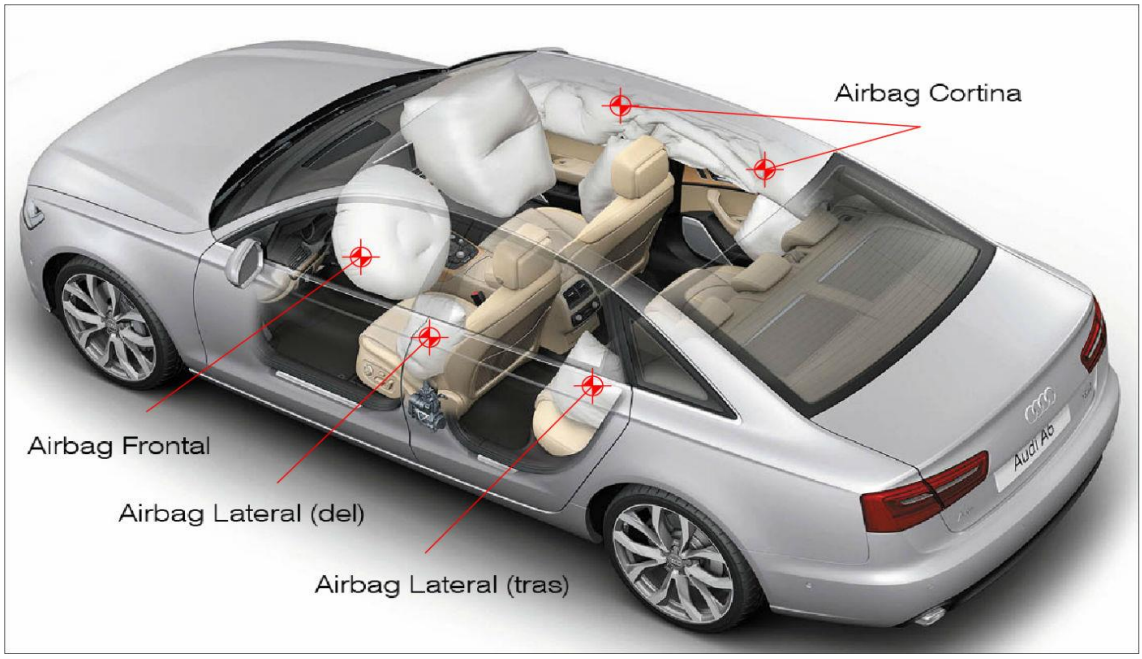
44) Uso de Airbag para uma emergência de baixa altitude:

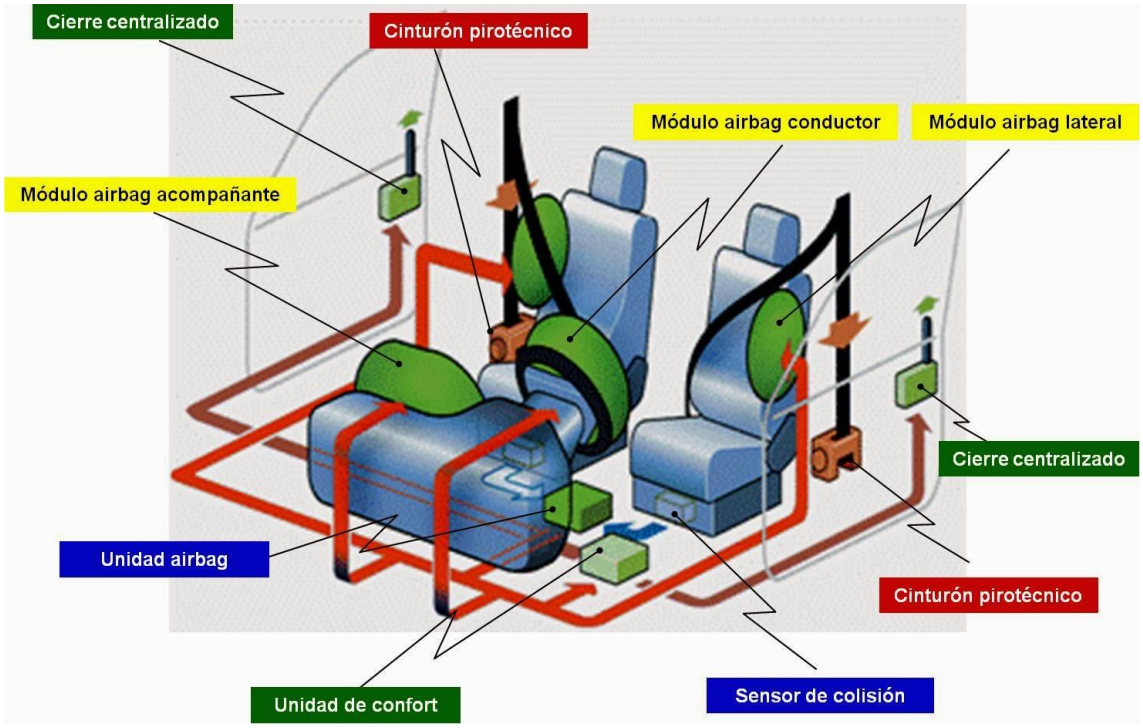
Além de usar paraquedas numa emergência de queda de grande altitude, o sistema da VBJ Engenharia (aeronave eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car) utiliza airbags para uma queda de baixa altitude. E desta forma utiliza airbags para uma altitude menores.

Ou seja, ambos paraquedas e airbags para altas altitudes e airbags para baixas altitudes.

Os airbags são montados na parte frontal e traseira da aeronave eVTOL Motorbike de maneira proteger tanto o piloto quanto o passageiro da aeronave eVTOL Motorbike; e é montado na parte frontal do piloto e dos passageiros na aeronave eVTOL Flying Car.

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

45) Voo seguro a uma altitude de 100 a 300 metros:

Um prédio de 25 andares mede aproximadamente 75 metros de altitude 3 metros por andar). Uma aeronave consegue voar em uma altitude entre 100 metros e 300 metros de forma segura. O que significa que uma aeronave pode voar com tranquilidade nesta altitude e pode medir a distância de altura para o chão ou para os prédios usando sensores de ultrassom de medição de distância.

A aeronave sabe se está voando sobre uma rua ou avenida ou sobre prédios ou edifícios ou torres ao ler o mapa do Waze. E no caso de estar voando sobre prédios ou edifícios ou torres deve ser capaz de corrigir a rota o mais rápido possível para navegar acima de 100 metros e abaixo de 300 metros do solo.

Pois com uma altitude desta é possível usar a aceleração e o disparo dos airbags.

O voo seguro de uma moto voadora ou um carro voador é aquele que navega sobre avenidas e ruas. Além de navegar sobre avenidas e ruas, este pode pousar em heliportos sobre prédios.

A grande vantagem do Motor Lycoming IO-540 é o fato de usar etanol e poder abastecer o tanque em qualquer posto de gasolina, seja nas cidades como nas estradas. Ou seja, voar bem baixo.

PR-HEM

PT-HCV
HELISUL

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

46) Voo seguro a uma altitude de 10 a 30 metros:

As aeronaves da VBJ Engenharia, tanto a motorbike quanto a flying car podem executar o voo em altas altitudes como 1000 metros, quanto a altitudes médias em torno de 300 metros, quanto a baixas altitudes com 10 a 30 metros.

Estas altitudes são controladas e medidas pelos sensores de ultrassom. E permitem o voo próximos do solo. Para garantir a segurança da aeronave e sua altitude, a aeronave usa um sistema de airbag.

Se a aeronave inicia uma queda com aceleração da gravidade o airbag é acionado de forma automática. O voo com 10 a 30 metros precisa monitorar obstáculos na frente, atrás, acima, abaixo, do lado direito e do lado esquerdo para localizar outras aeronaves, árvores, torres, edifícios, semáforos, placas de trânsito, todos em relação a baixas altitude de controle.

Estes obstáculos exigem que a aeronave faça um voo pairado. E este voo pairado permite que a aeronave se movimente na direção em não há obstáculo. Ou seja, a aeronave paira o voo (faz o voo pairado) e em seguida localiza a não existência de obstáculo em uma determinada direção e sentido e se desloca nesta direção em que não há obstáculo, permitindo o deslocamento seguro.

Com o voo entre 10 e 30 metros de altitude a aeronave consegue voar e se deslocar acima de carros, ônibus, motos e caminhões, deslocando-se de maneira veloz e rápida acima destes veículos. Vencendo o trânsito terrestre.

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

47) Velocidade máxima de voo horizontal (100 km/h):

A velocidade máxima de voo da aeronave eVTOL Motorbike da Empresa VBJ Engenharia é de 100 km/h. Isso é devido a soma da velocidade de rotação da ponta de asa do rotor e da velocidade horizontal de voo em comparação com a velocidade do som.

A soma da velocidade de rotação de ponta de asa rotativa mais a velocidade de voo horizontal da aeronave tem que ser menor que a velocidade do som.

Vrotor = 2*pi()*f*R

f = 60 Hz

R = raio do rotor

R = 0,8 m

Vrotor = velocidade de ponta de asa do rotor

Vrotor = 301,4 m/s

Vaeron = 30 m/s

Vaeron = 108 km/h

Vaeron = velocidade de voo da aeronave

VelocidadeMáxima = Vrotor + Vaeron

VelocidadeMaxima = 331,4 m/s

VelocidadeMaxima = Velocidade Maxima de trabalho de Ponta de Asa

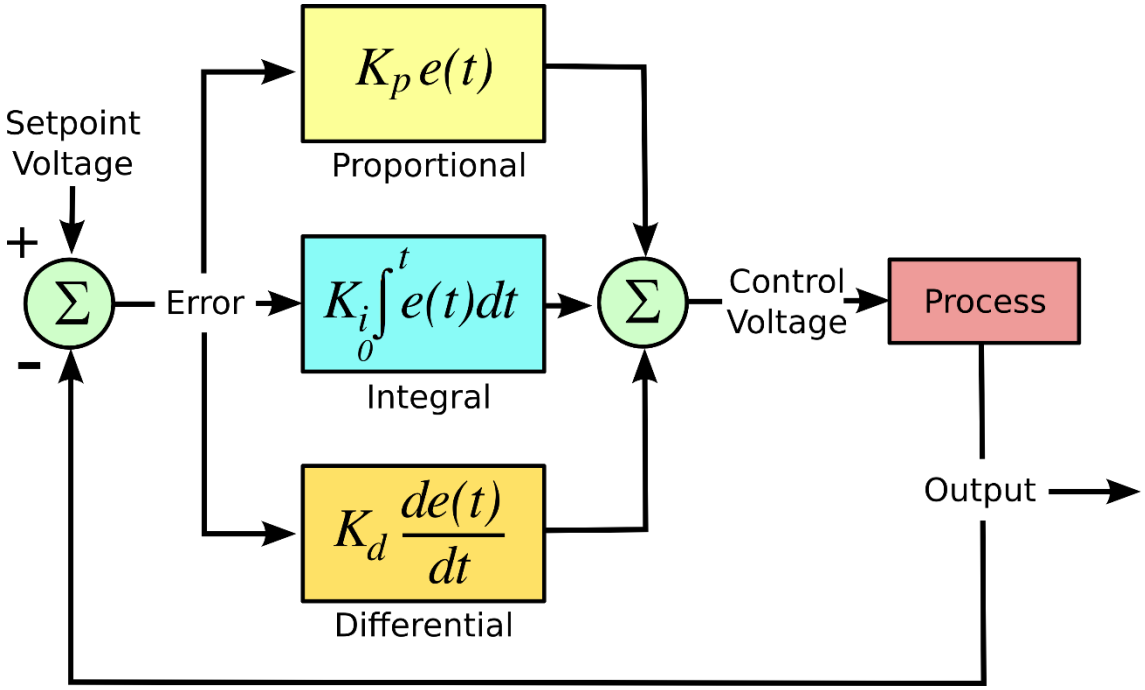
A frequência pode ser menor caso o número de pás dos rotores for maior e/ou o Raio R seja maior, mas o fator limite continua sendo a velocidade de ponta de asa do rotor, ou seja, a Velocidade Máxima tem que ser menor que 340 m/s e para isso a velocidade de voo da aeronave precisa ser limitada a 30 m/s ou 108 km/h e para isso através de uma margem de segurança, o controle de velocidade da aeronave deve ser limitado a 100 km/h.

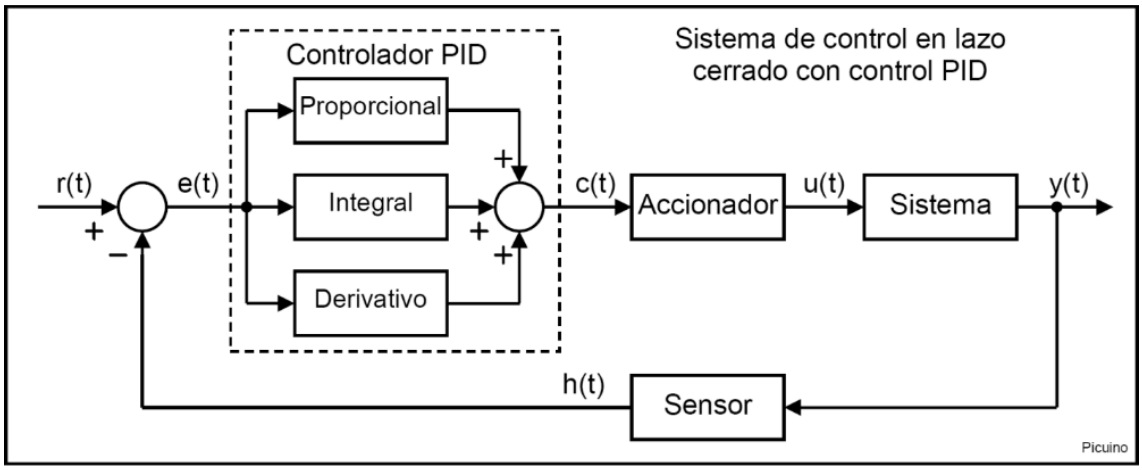
O controle de velocidade da aeronave é executado através da técnica de Engenharia de Controle PID (Proporcional, Integral e Derivativo) de maneira a limitar a velocidade máxima de voo para 100 km/h em um Sistema de Segunda Ordem. Onde o instrumento de medição de velocidade é o Tubo de Pitot.

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





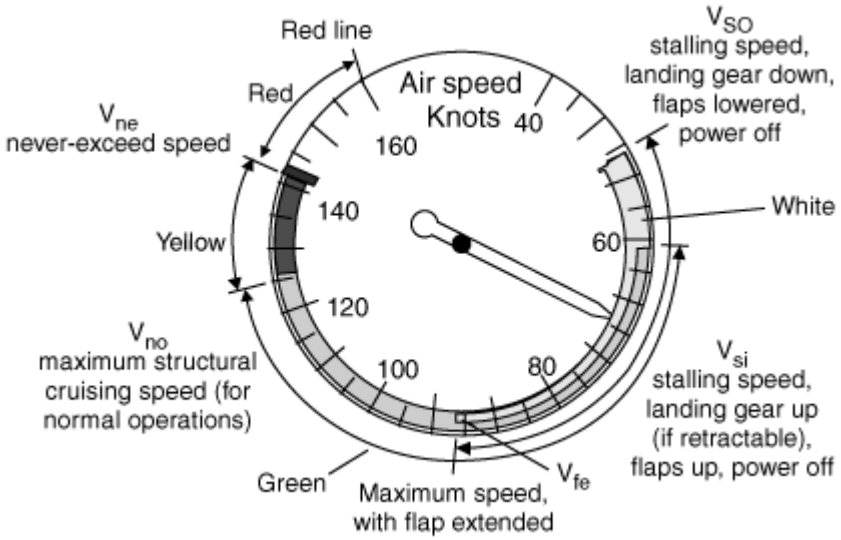
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

48) Velocidade máxima de ponta de asa (300 m/s):

Da mesma forma que a velocidade máxima de voo horizontal é de 30 m/s, a velocidade máxima de rotação de ponta de asa é 300 m/s. Isto porque a soma da velocidade máxima de voo horizontal mais a velocidade máxima de rotação de ponta de asa precisa ser menor que a velocidade do som (340 m/s).

A velocidade de aeronave é mensurada pelo uso do tubo de pitot, que mede a pressão dinâmica de voo e compara com a pressão estática da atmosfera. Esta subtração define a velocidade de voo da aeronave.

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

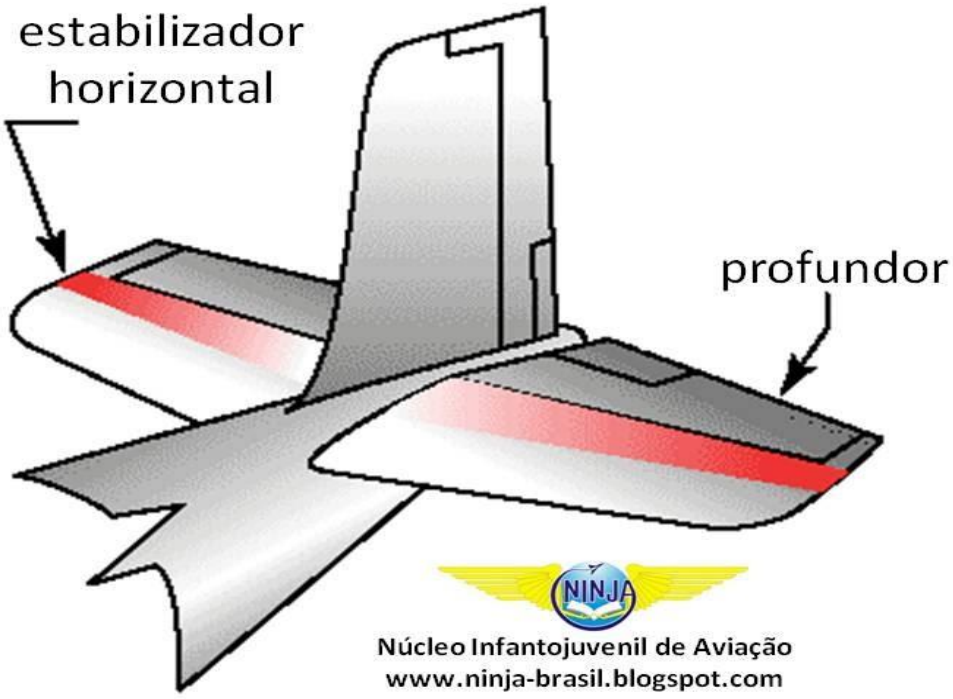
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

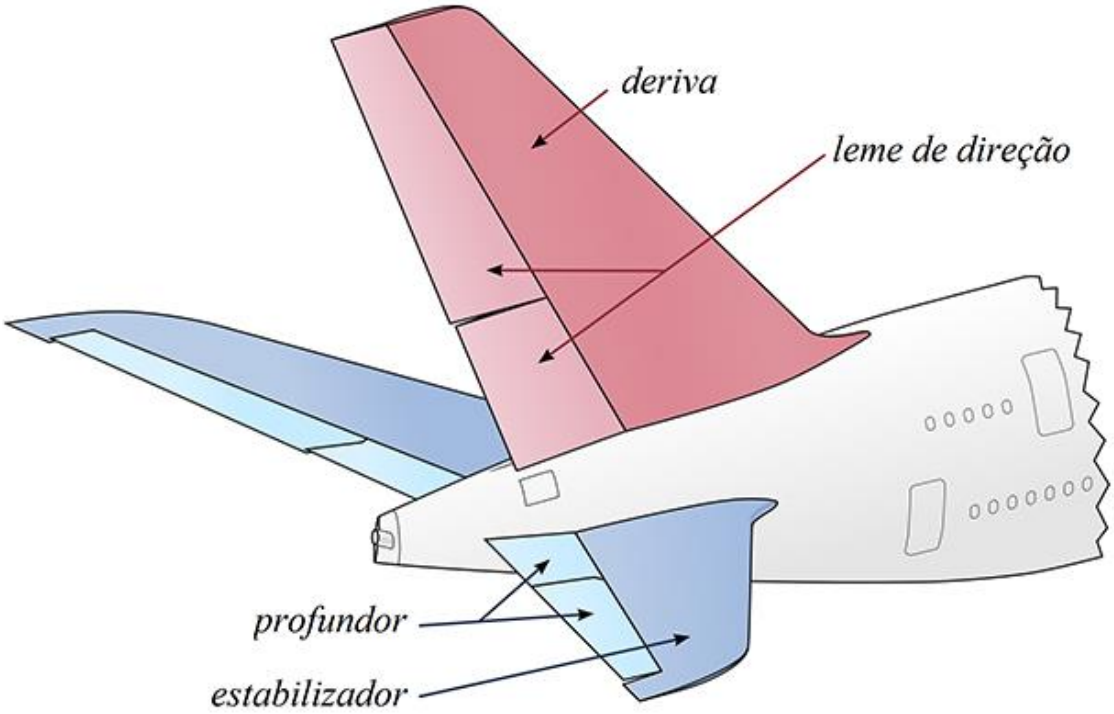
49) Planejamento de Voo seguro e Redundância:

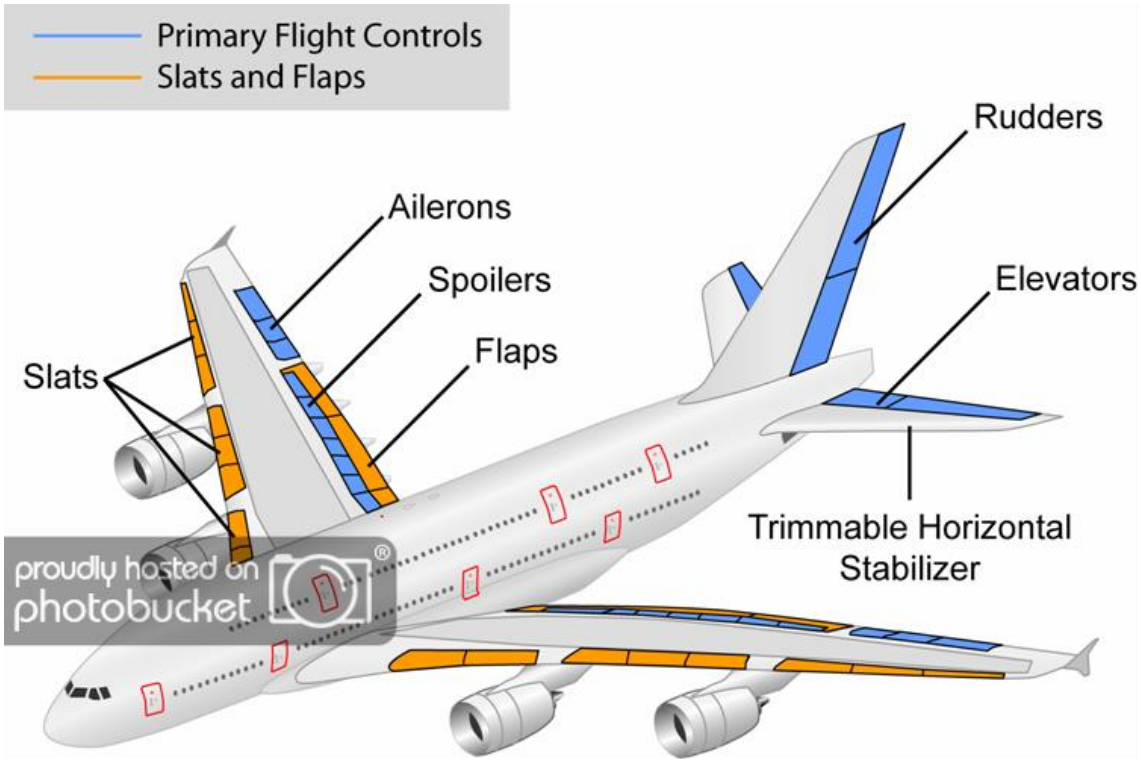
Antes de iniciar qualquer procedimento de voo, este deve planejar e checar todos os detalhes de voo seguro.

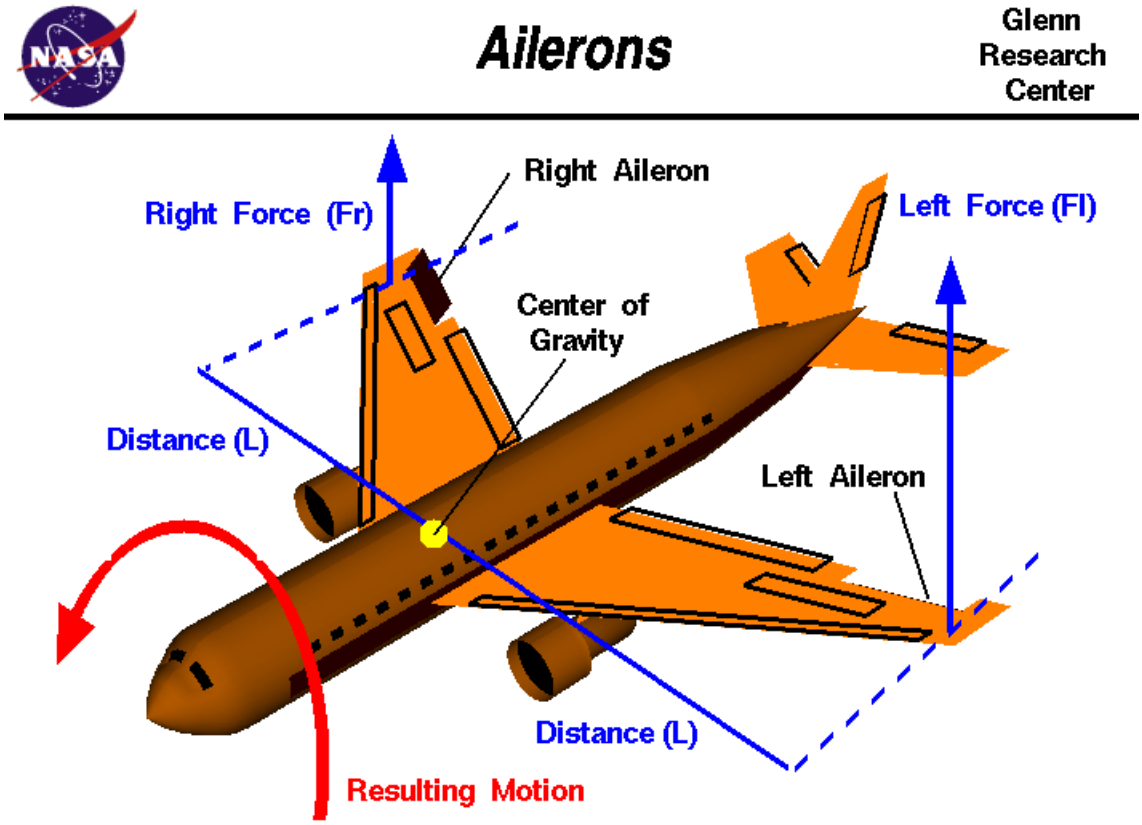
É necessário checar combustível, sistemas de pressurização de aeronaves, sistemas eletrônicos de medição e instrumentação, pressurização dos pneus, controle do trem de pouso, instrumentos de controle de velocidade, medição de altímetro, sistema de controle de velocidade do tubo de pitot, iluminação de cabine, iluminação dos passageiros, iluminação externa, sistemas de segurança para emergência dos passageiros, dinâmica dos motores, sistemas de incêndios dos motores, controle de velocidade dos motores, controle de flap, controle de aileron, controle de leme, controle de profundor, rádio VHF, rádio UHF, bússola, transponder, TCAS (Sistema Anticolisão de Tráfego); É necessário que todos os equipamentos e todos os softwares tenham **redundância**, no caso do Arduino: 3 equipamentos e 3 softwares em paralelo, no caso de instrumentos de voo também 3 sistemas. Isto vale também para o Hardware dedicado e construído pela RTCA/DO-160 (Environmental Qualification for Airborne Equipment), que apresenta um hardware específico em substituição ao Arduino. Ou seja, todos os sistemas de inteligência da aeronave eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car deve possuir **redundância** para garantir a segurança da aeronave.

A Norma RTCA/DO-160 padrão (**Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment**), é mantida pela técnica de (RTCA/DO-160) e especificada em uma série de padrões mínimos de ambientes de testes e procedimentos para equipamentos aeronáuticos, de todo tipo de tecnologia para aeronaves e para testes Aeronáuticos (RTCA), e especifica uma série de padrões mínimos para ambiente de testes e condições de procedimentos para equipamentos Aeronáuticos.


estabilizador
horizontal
profundor
NINJA
Núcleo Infantojuvenil de Aviação
www.ninja-brasil.blogspot.com


deriva
leme de direção
profundor
estabilizador





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

50) Comunicação com Torre de Voo para definição autorização de rota de voo:

Antes e durante o voo é necessário realizar a comunicação via VHF e UHF com a torre de controle de voo dos aeroportos próximos das aeronaves. Somente com autorização de voo por parte das torres de controle de voo é que a aeronave pode decolar e exercer o voo planejado.

A torre de controle de voo tem o parecer de todas as aeronaves que exercem o voo no raio de ação e controle da torre. É importante saber que a monitoria da torre de voo garante a segurança do voo das diversas aeronaves que voam no raio de ação dela. Impedindo a indesejável colisão entre as aeronaves.

Ou seja, somente com autorização da torre de controle de voo é que a aeronave eVTOL Motorbike e a aeronave eVTOL Flying Car pode exercer a decolagem e o voo na direção desejada e planejada.

A torre se comunica com a aeronave usando os termos aeronáuticos conhecidos: alfa, bravo, charlie, delta, echo, foxtrot, golf, hotel, india, juliet, kilo, lima, mike, november, oscar, papa, quebec, romeo, sierra, tango, uniform, victor, whiskey, x-ray, yankee, zulu.

E também com a numeração aeronáutica: zero, uno, dois, três, quatro, cinco, meia, sete, oito, nove.

Algarismo	Pronúncia
0	ZERO
1	UNO
2	DOIS
3	TRÊS
4	QUATRO
5	CINCO
6	MEIA
7	SETE
8	OITO
9	NOVE

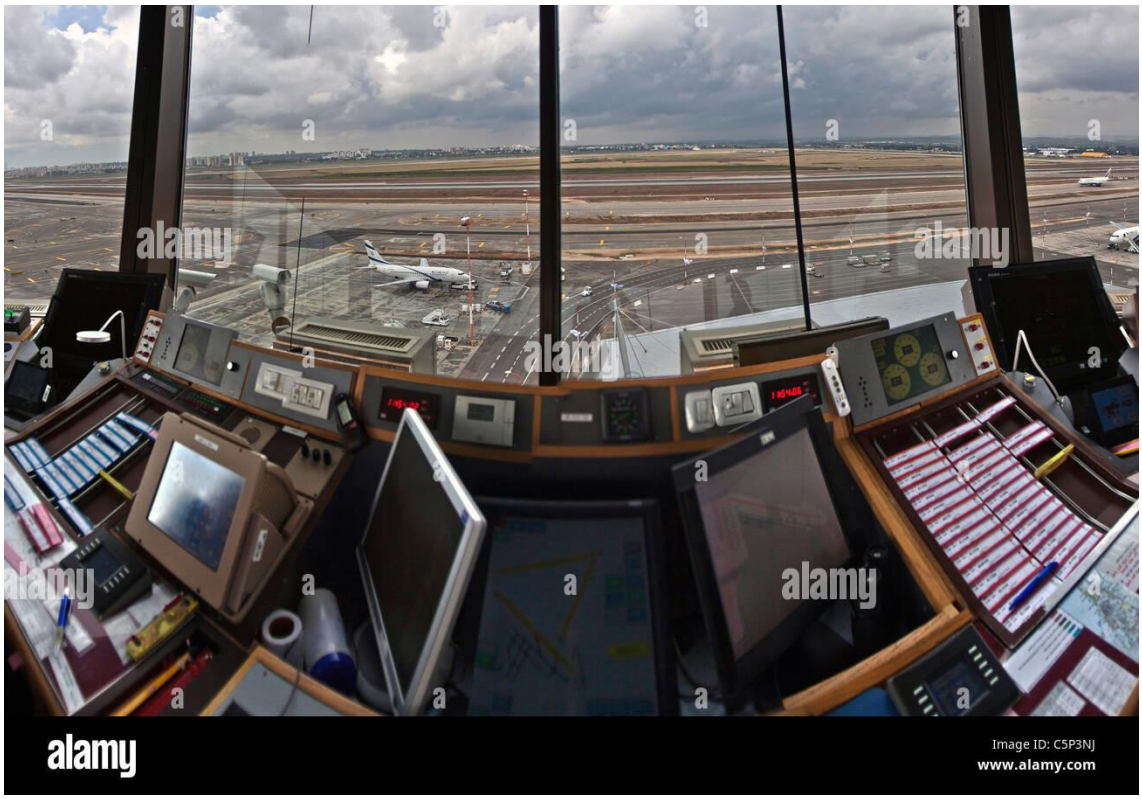
Os termos alfabéticos e numéricos da comunicação aeronáutica são descritos acima, para evitar falsa comunicação com letras ou números parecidos e desta forma confundidos. Assim a comunicação não pode ser confundida de maneira errada.

Normalmente a torre de comunicação de voo é exercida por profissionais militares especialistas na análise e orientação de voo das diversas e distintas aeronaves sejam aeronaves VTOL ou não VTOL.

Os militares exercem um trabalho absolutamente fundamental para o exercício seguro de voo, seja voo vertical ou horizontal ou ambos. É importante observar que o voo sempre liga dois pontos desejados, mas podem necessitar alterar a rota reta para garantir a segurança de voo de aeronaves que concorrem para a mesma localização ou direção e sentido entre duas ou mais aeronaves.

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

51) Rádio de Comunicação com Torre e com outras aeronaves:

É importante observar que as aeronaves e as torres de comunicação estabelecem uma comunicação permanente através de rádio de VHF e UHF.

VHF (Very High Frequency e UHF (Ultra High Frequency) são as faixas de frequências de trabalho de comunicação com as torres e com outras aeronaves.

Além do uso do rádio, é necessário o uso do transponder. O uso do transponder é fundamental. Transponder é um equipamento de comunicação de suma importância para a navegação aérea, para exercer a comunicação entre uma aeronave e outra.

É necessário também o uso do radar meteorológico. O radar meteorológico é um dos principais equipamentos de navegação para voo seguro de uma aeronave.

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

O transponder é um dispositivo de comunicação eletrônico complementar de automação e cujo objetivo é receber, amplificar e retransmitir um sinal em

uma frequência diferente ou transmitir de uma fonte uma mensagem pré-determinada em resposta à outra pré-definida "de outra fonte". Eles são usados também na codificação via satélite.

O transponder é um transmissor de rádio na cabine do piloto, que se comunica através de um radar de solo com o controle de tráfego aéreo. Recebe o transponder um sinal de radar, que envia os dados, que contêm, entre outras coisas, a identificação da aeronave, a sua velocidade, a altitude e posição. Se o transponder estiver desligado, o equipamento irá desaparecer do radar secundário, permanecendo visível no radar primário.

Instalados em aeronaves, esses dispositivos respondem a sinais interrogadores emitidos pelo transmissor do radar secundário, enviando em resposta sinais que podem conter informações codificadas, como por exemplo identificação e altitude da aeronave; são essenciais para o controle efetivo do tráfego aéreo, além de possibilitar a distinção de uma aeronave inimiga de uma aliada em seu emprego militar. A utilização deste tipo de dispositivo contorna algumas limitações de radares convencionais como baixa refletividade e falta de posicionamento vertical.

Nos anos 90 surgiram transponders capazes de codificar informações de forma digital, possibilitando assim a troca de informações de posição e movimento diretamente entre aeronaves. Tais modelos são parte fundamental dos sofisticados sistemas de anticolisão ou TCAS, que desde os anos 90 passaram a ser obrigatórios nas aeronaves de transporte aéreo comercial, jatos e aeronaves com mais de 5700 Kg ou 19 assentos.

TCAS (do inglês *Traffic Collision Avoidance System*, que significa "Sistema Anticolisão de Tráfego") é um pequeno conjunto de equipamentos eletrônicos de bordo que constitui um sistema de segurança de voo. É incorporado às aeronaves com o objetivo de evitar colisões aéreas com outras aeronaves.

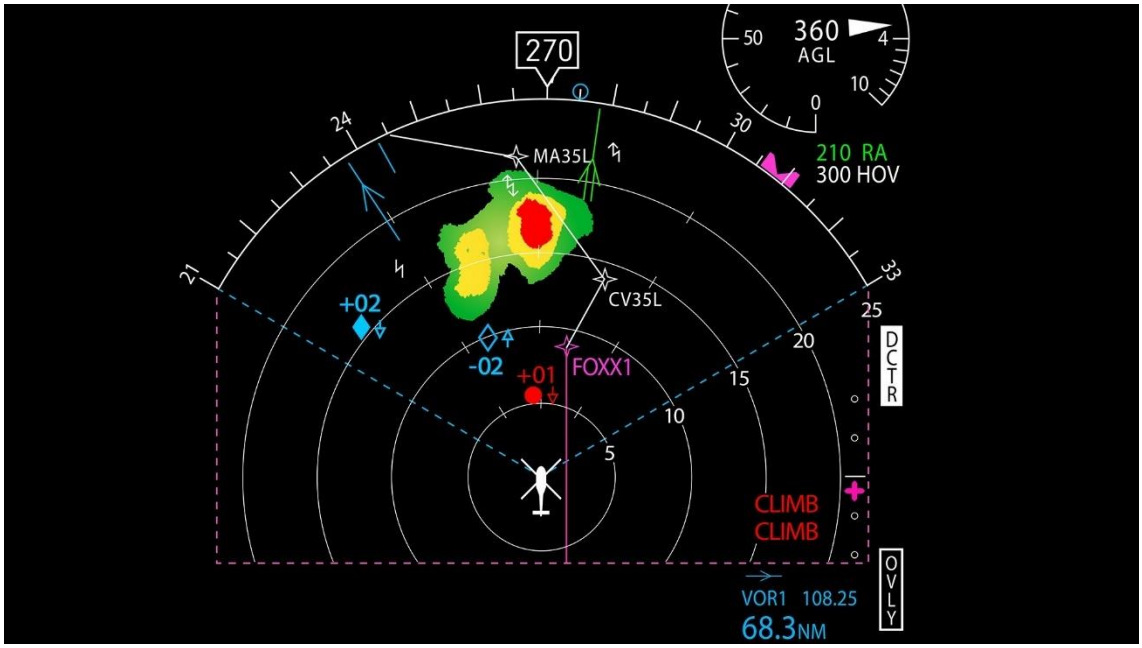
O TCAS funciona através da comunicação eletrônica entre todas as aeronaves que estejam equipadas com um transponder apropriado. Utiliza a frequência de 1030MHz para "interrogar" todos os transponders das aeronaves que estejam ao seu alcance. Os transponders dessas aeronaves então "respondem" a interrogação, utilizando a frequência de 1090MHz. Este ciclo de "perguntas e respostas" eletrônicas pode ocorrer diversas vezes por segundo.

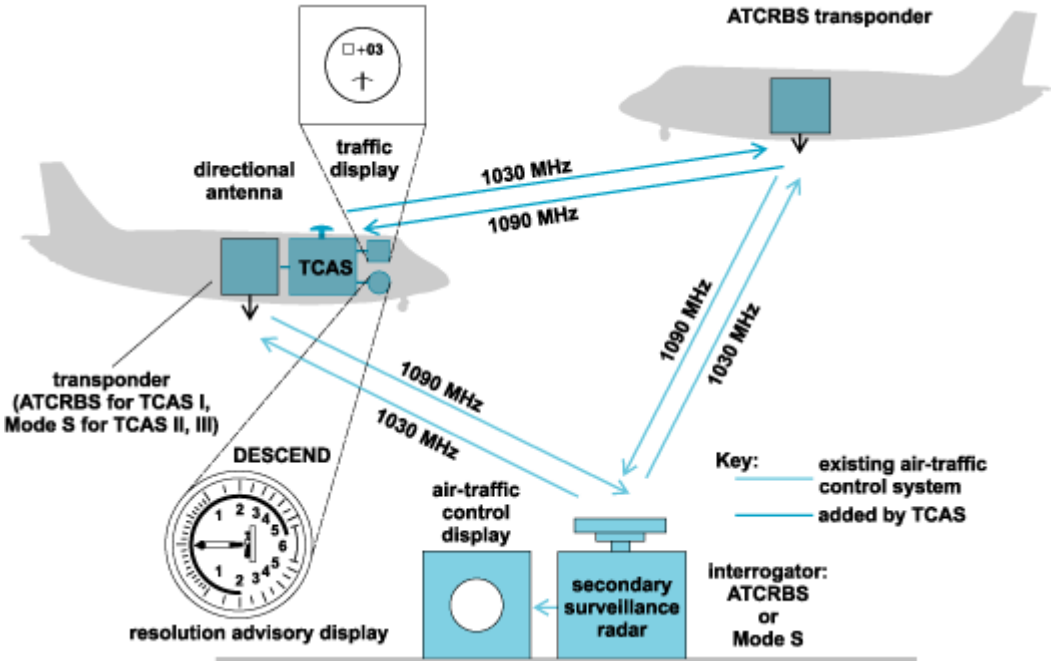
Através dessa troca constante de dados, o computador interno do TCAS constrói um mapa tridimensional das aeronaves que se encontram no espaço aéreo circunvizinho e abastece esse espaço tridimensional com informações tais como localização, rumo, altitude e velocidade das demais aeronaves. Utilizando esses dados, o sistema então projeta a posição futura de todas as aeronaves, e assim determina os potenciais riscos de colisão.

É importante salientar que o TCAS (e suas variantes) interage apenas com aeronaves que possuam transponder e estejam com ele ligado (em operação).

NOW WITH TCAS!
Traffic Collision Avoidance System
GARMIN
GNS 530
COM
122.950
118.000
VLOC
110.30
110.60
VOR
RAD
DIS
ENR
DTK
124
TRK
266
DIS
167
RNG
MENU
CLR
ENT
DEFAULT NAV
GS
ETE
00:00
KNEW
VLOC
MSG
NAV
COM/VLOC
GPS
CDI
OBS
MSG
FPL
VNAV
PROC
PUSH C/V
PUSH CRSR

QUALIFIED FOR EXT OVERWATER OPERATIONS


270
360
AGL
50
4
10
0
24
30
21
33
MA35L
210 RA
300 HOV
CV35L
+02
-02
+01
FOXX1
25
20
15
10
5
DCTR
CLIMB
CLIMB
OVLY
VOR1 108.25
68.3NM


ATCRBS transponder
+03
traffic display
directional antenna
1030 MHz
1090 MHz
TCAS
1090 MHz
1030 MHz
1090 MHz
1030 MHz
transponder (ATCRBS for TCAS I, Mode S for TCAS II, III)
DESCEND
Key:
existing air-traffic control system
added by TCAS
air-traffic control display
secondary surveillance radar
interrogator: ATCRBS or Mode S
resolution advisory display

52) Pouso de Emergência:

As aeronaves eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car necessitam executar um pouso de emergência seguro. Para isso o sistema usa um Projeto de Controle de aterrissagem em Malha Fechada onde o piloto administra o pouso com a altitude desejada de forma progressiva, pousando (descendo) primeiro à 100 metros de altura, depois 90 metros, depois 70 metros, depois 50 metros, depois 40 metros, depois 30 metros, depois 20 metros, depois 10 metros, depois 8 metros, depois 6 metros, depois 5 metros, depois 4 metros, depois 3 metros, depois 2 metros, depois 1 metro e depois pouso.

Este controle de aterrissagem progressivo é mensurado pelo sensor de ultrassom que alimenta o erro do pouso desejado no Sistema de Controle de Pouso.

Esta aterrissagem progressiva permite exercer o pouso em segurança. No caso de uma emergência, a aeronave dispara o paraquedas: primeiro o paraquedas do piloto, depois o paraquedas do passageiro, depois o paraquedas da aeronave.

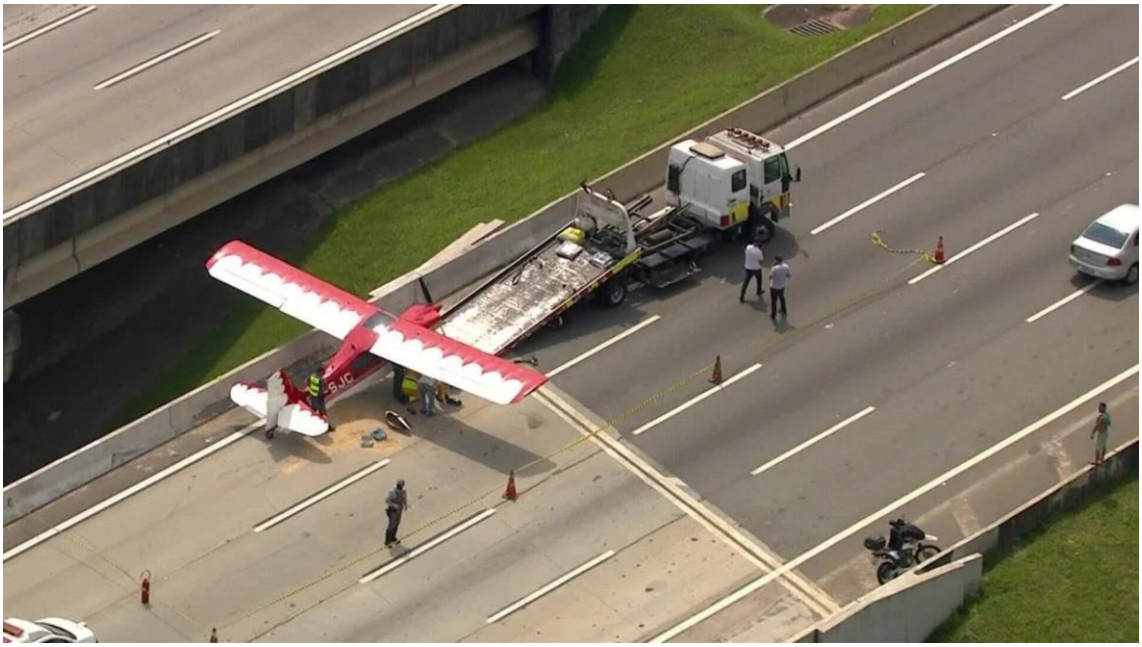
O que promove um pouso de emergência seguro para a aeronave eVTOL Motorbike. No caso do eVTOL Flying Car, o sistema dispara um único paraquedas controlado pela emergência da aeronave.

Como eu disse anteriormente, o pouso em segurança é promovido pelo piloto através do Sistema de Controle de Malha Fechada exercido pela definição da altitude desejada do piloto. Assim que a altitude desejada atinge a altitude real, o piloto exerce uma nova altitude deseja. E de forma progressiva o piloto vai executando o pouso desejado. E este pouso ocorre de maneira segura.

Já no caso de um pouso de emergência a aeronave utiliza a combinação entre paraquedas e airbags. Paraquedas para altitudes elevadas e airbags para altitudes elevadas e altitudes baixas.

O pouso de emergência do eVTOL Motorbike e do eVTOL Flying Car é diferente do pouso de emergência dos helicópteros e dos aviões

tradicionais de asa fixa. O Sistema de Controle de Malha Fechada é fundamental para a execução o pouso em segurança.

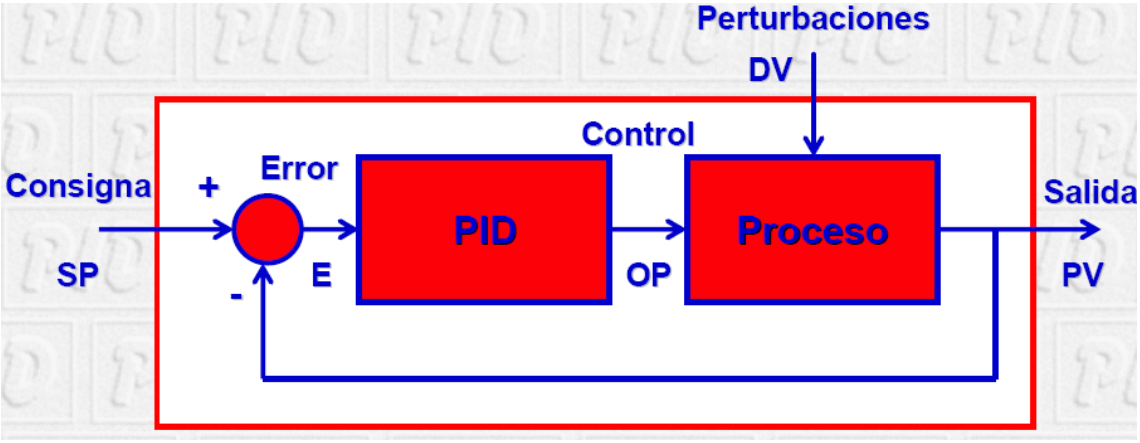


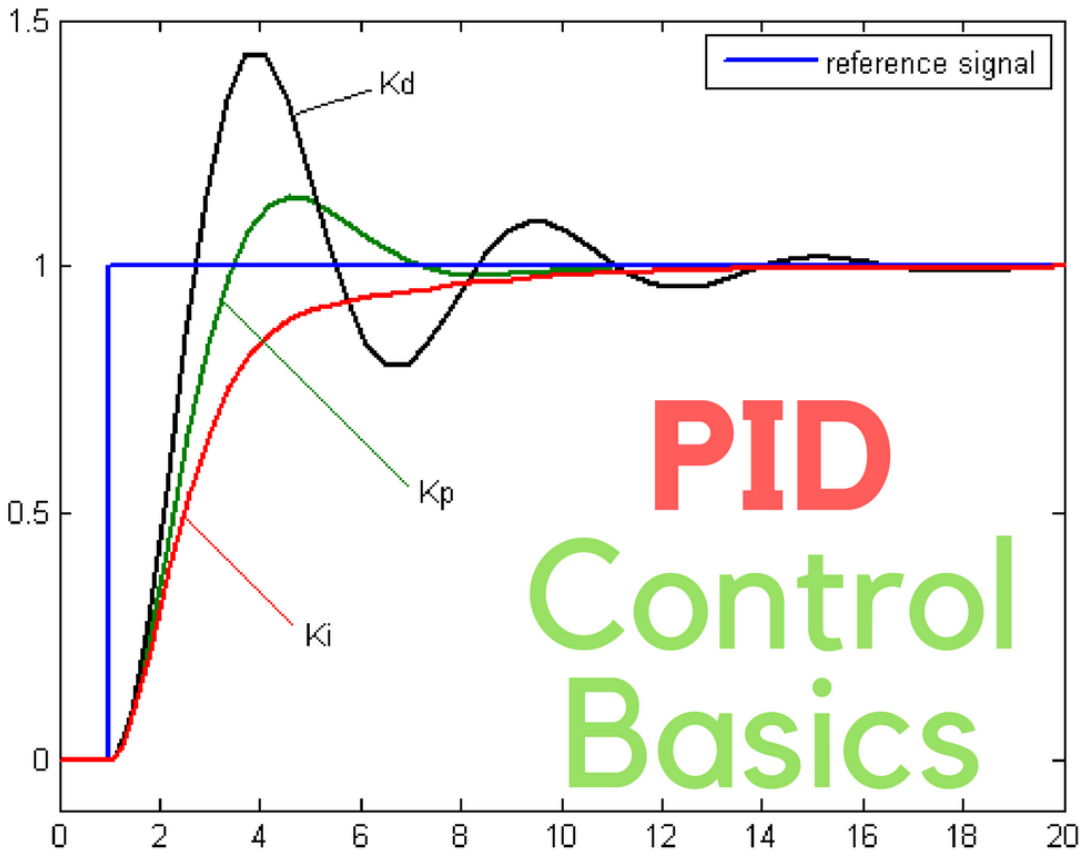
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

POLICIA

PR-RCE

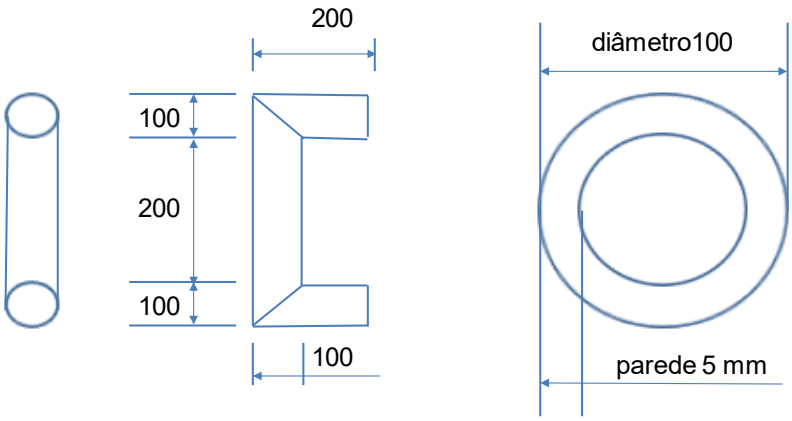




VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

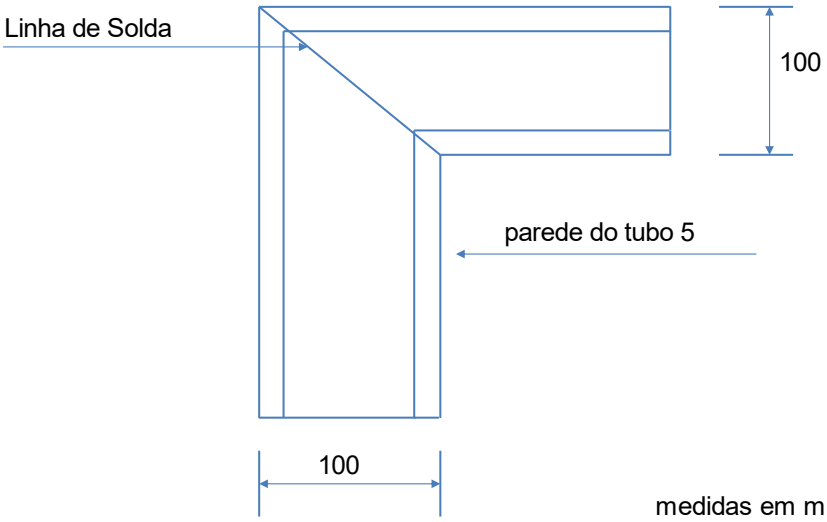
53) Fabricação do Sistema de Propulsão Eletromagnético:

Projeto do Propulsor
Tubo de Aço 1020



medidas em mm

Corte do Canto do Tubo de Aço

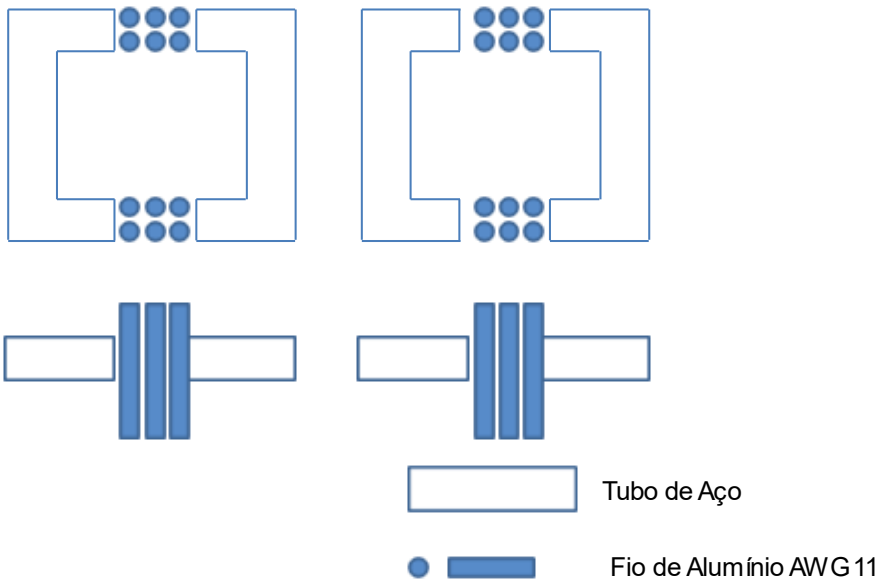


medidas em mm

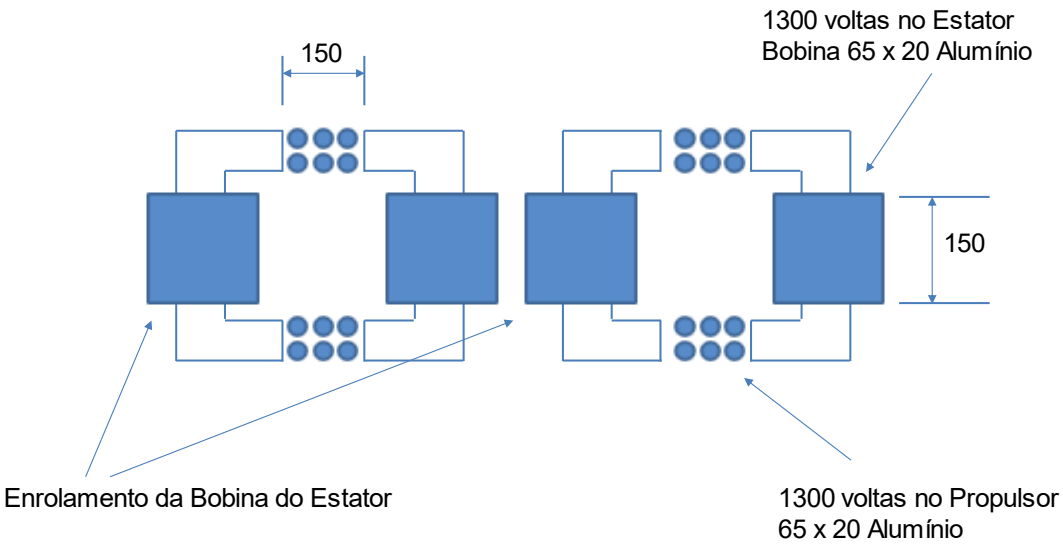
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Projeto do Propulsor



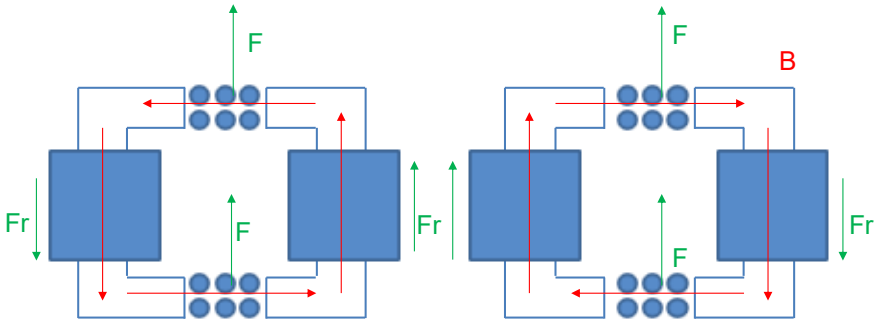
Bobinas do Estator



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

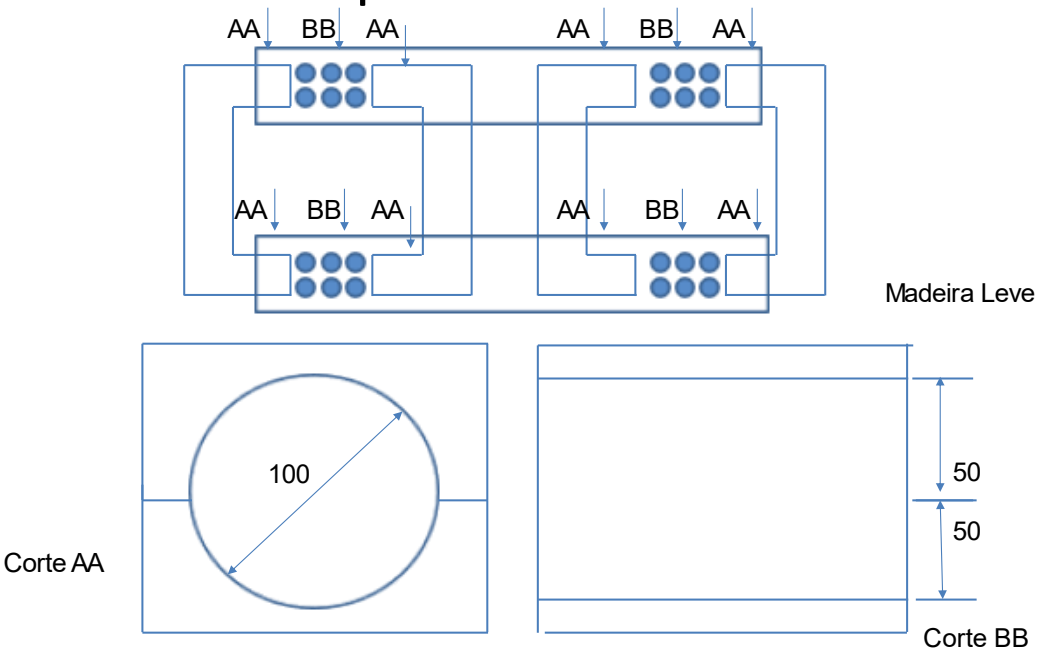
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Campo Magnético e Força Eletromagnética



B: Campo Magnético
F: Força Eletromagnética
Fr: Força de Reação

Suporte Mecânico



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

54) Projetos detalhados e fabricação dos ângulos de ataque, dos coeficientes de sustentação, dos coeficientes de arrasto das asas rotativas, asas fixas e dos rotores (aerodinâmica):

Os coeficientes de sustentação e os coeficientes de arrasto dependem de 2 fatores: perfil da asa e ângulo de ataque. Os coeficientes de sustentação definem quanto vale a sustentação de uma aeronave ou de uma asa. E os coeficientes de arrasto definem quanto vale o arrasto de uma asa. Os coeficientes são descritos a seguir:

Fsusasafix = ½*rho*V^2*S*cl

Farrasafix = ½*rho*V^2*S*cd

Fsusasarot = ½*rho*(w*R/2)^2*R*b*np*cl

Farrasarot = ½*rho*(w*R/2)^2*R*b*np*cd

Fsusasafix = força de sustentação de asa

Farrasarot = força de arrasto asa rotativa

Farrasafix = força de arrasto da asa

Fsusasarot = força de sustentação da asa rotativa

rho =densidade da atmosfera

V = velocidade da asa

S = área da asa

cl = coeficiente de sustentação

w = velocidade de rotação da asa rotativa

R = raio da asa rotativa

b = corda da asa rotativa

np = número de pás

cd = coeficiente de arrasto

Quanto maior for a velocidade V de voo da aeronave de asa fixa, maior será sua força de sustentação e maior será sua força de arrasto. Do mesmo jeito quanto maior for a área da asa maior será sua força de sustentação e maior será sua força de arrasto.

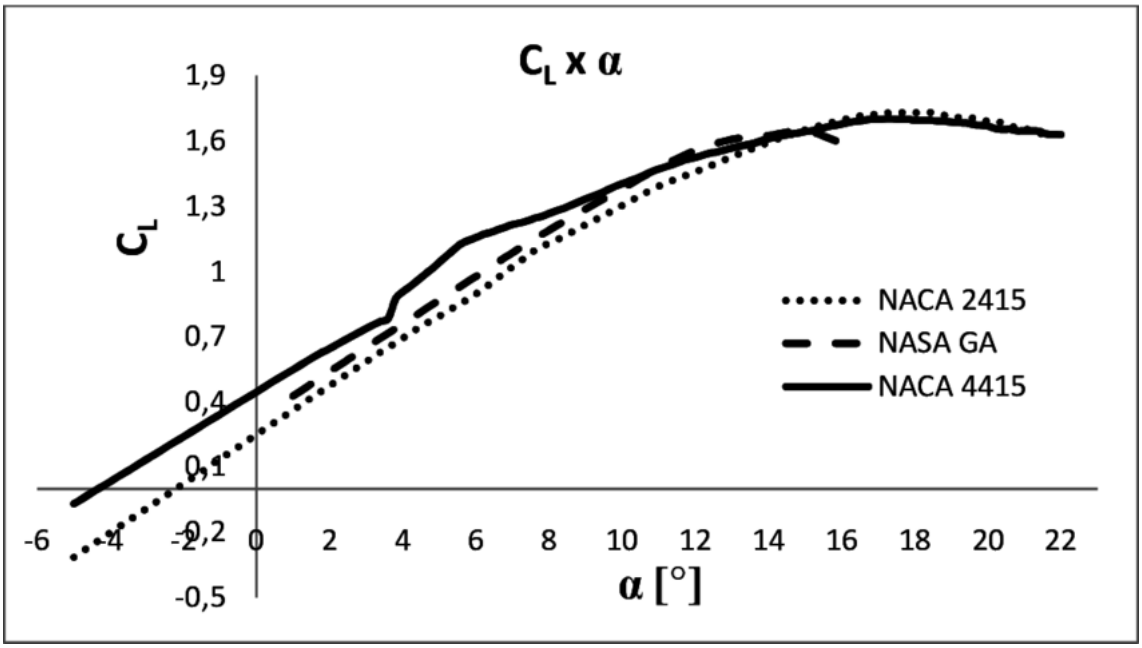
No caso do helicóptero e do drone e do eVTOL Motorbike a velocidade máxima de ponta de asa precisa ser menor que a velocidade do som.

Da mesma forma, para aeronaves de pequeno porte ou de porte médio, a velocidade de voo V precisa ser menor que a velocidade do som. Somente aeronaves militares de alta velocidade podem voar mais rápido que a velocidade do som.

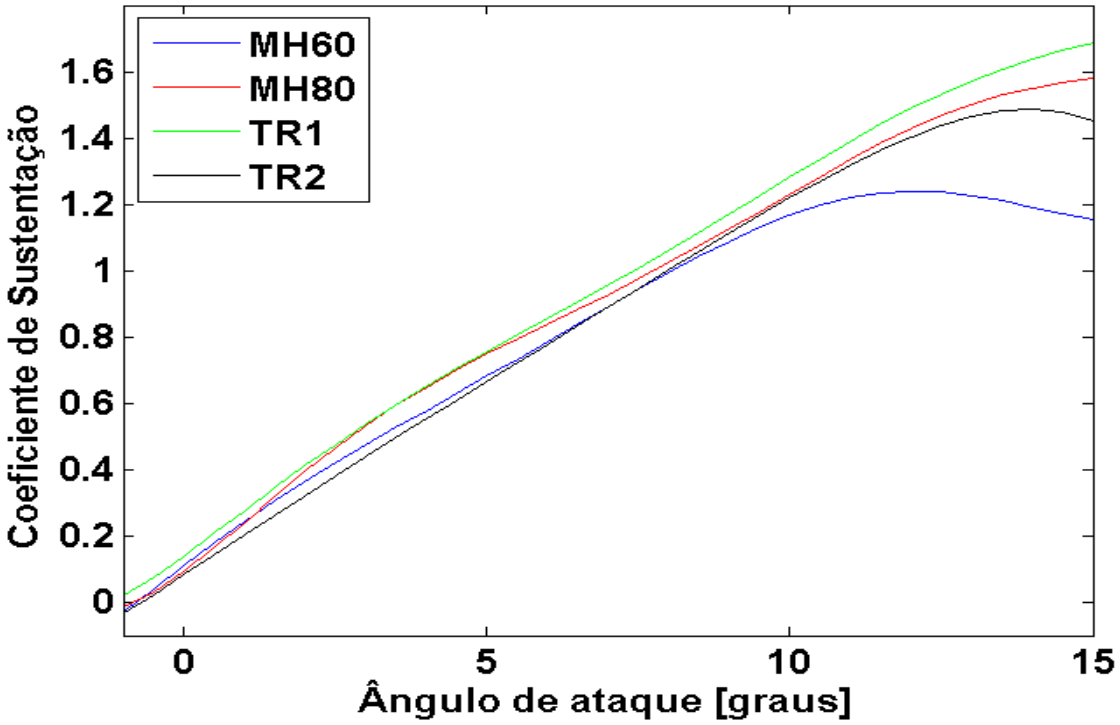
Outra variável importante é a corda b da asa dos helicópteros, que quanto maior, maior será sua força de sustentação e seu arrasto.

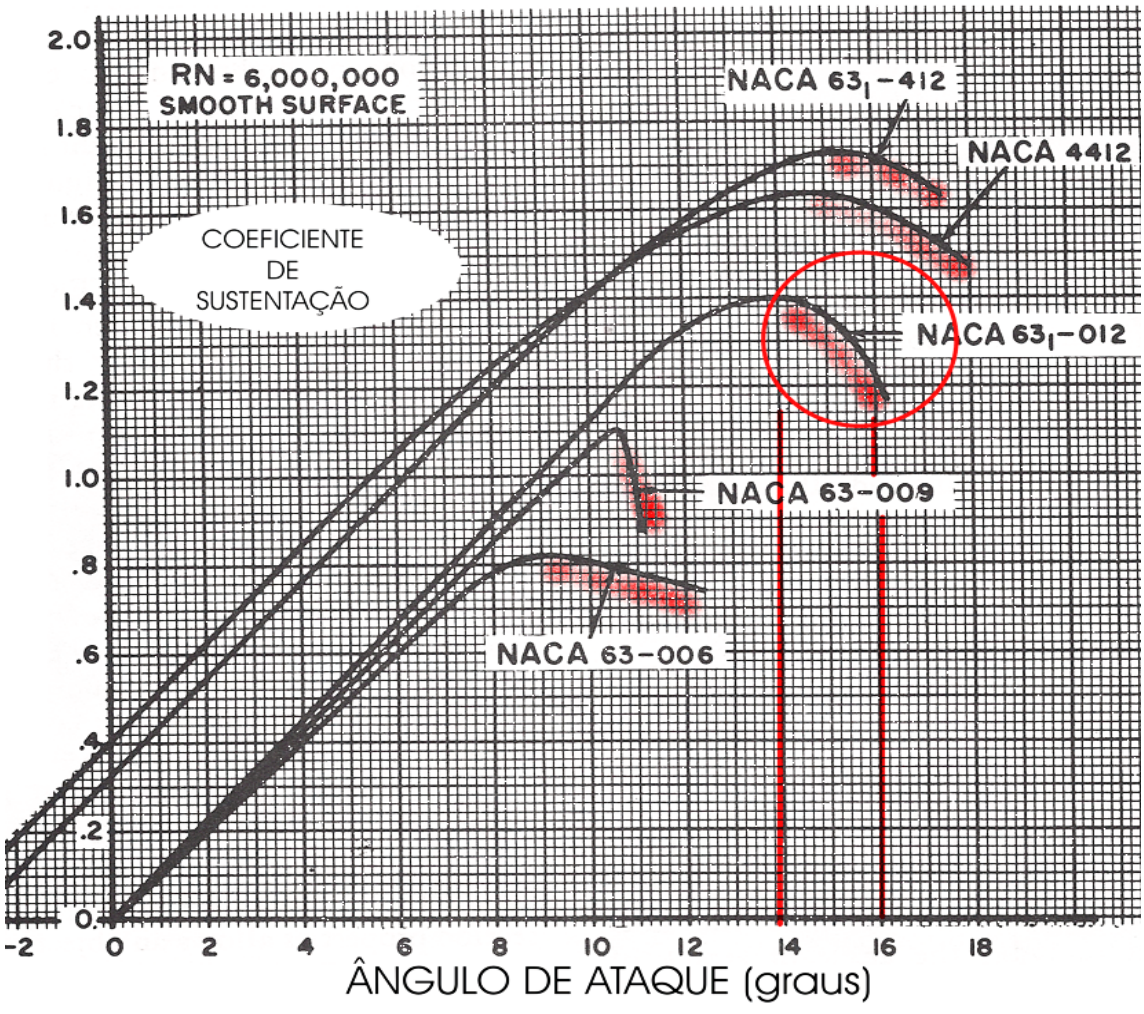
E fundamentalmente, quanto maior for o valor do coeficiente de arrasto cd e o coeficiente de sustentação cl, maior será seu arrasto e maior será sua sustentação.

Os coeficientes de sustentação cl e de arrasto cd dependem da geometria da asa e do ângulo de ataque.

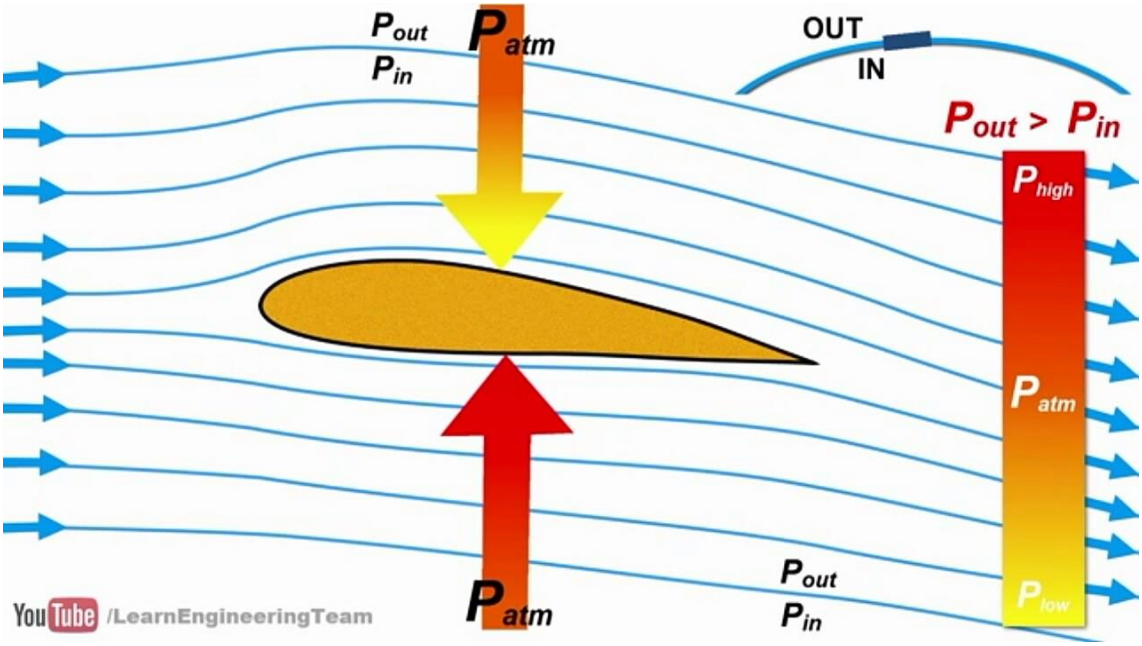


VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

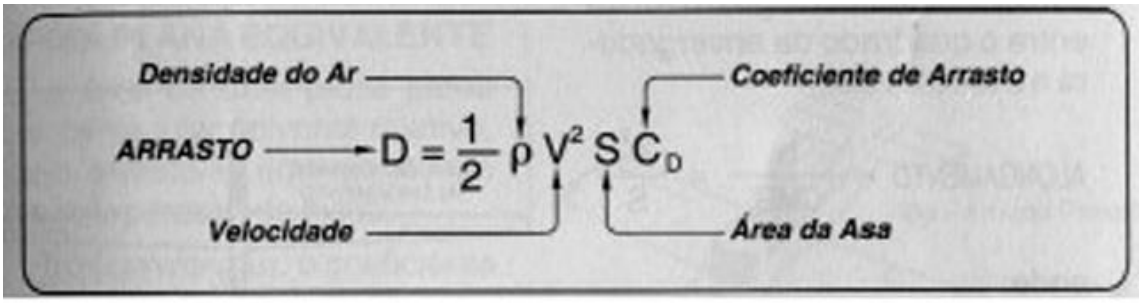




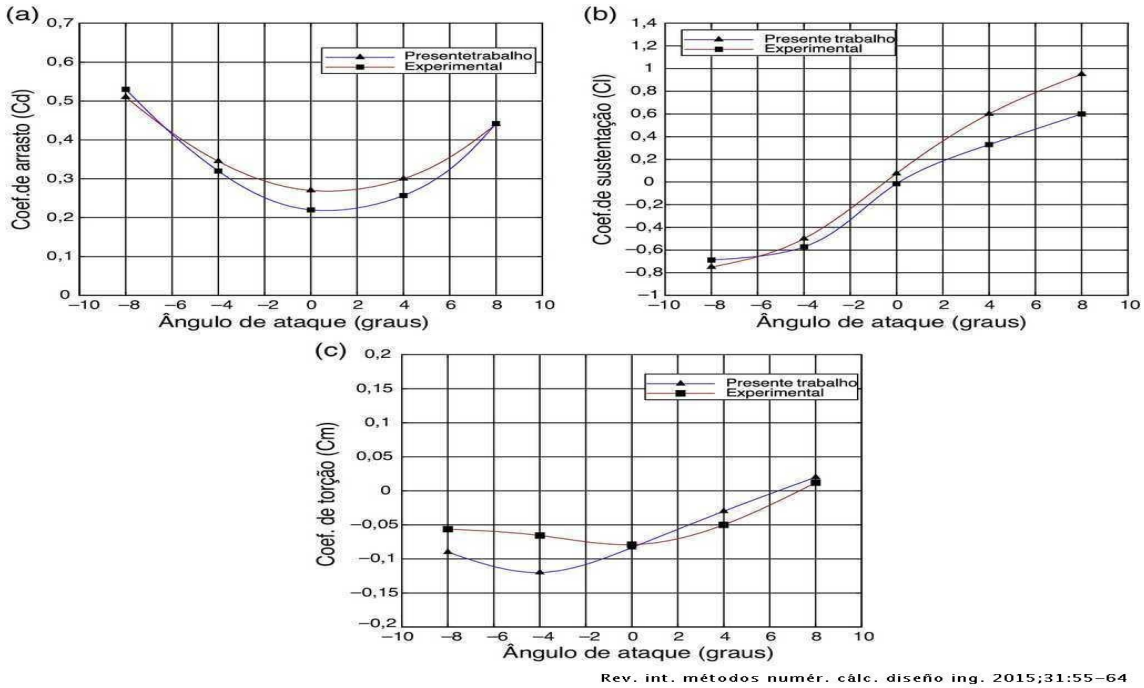
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



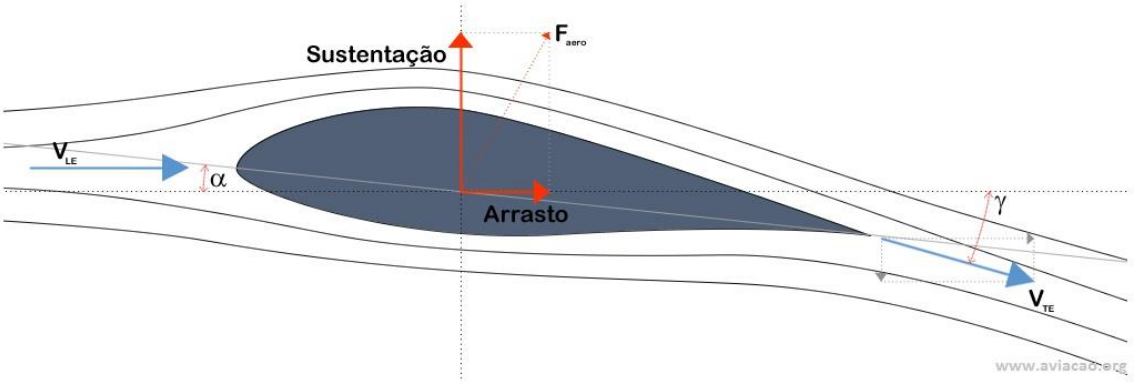
$$L = C_L \frac{\rho}{2} S V^2$$

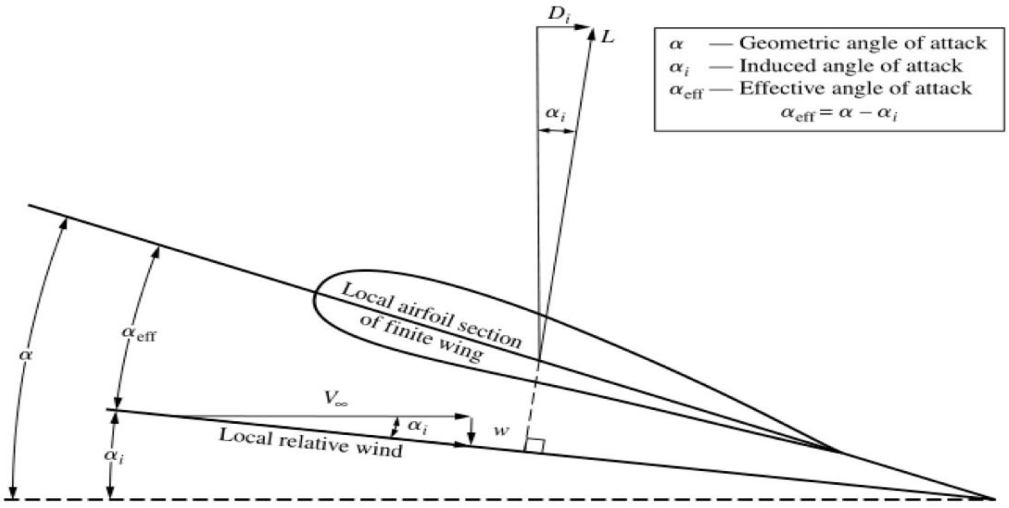


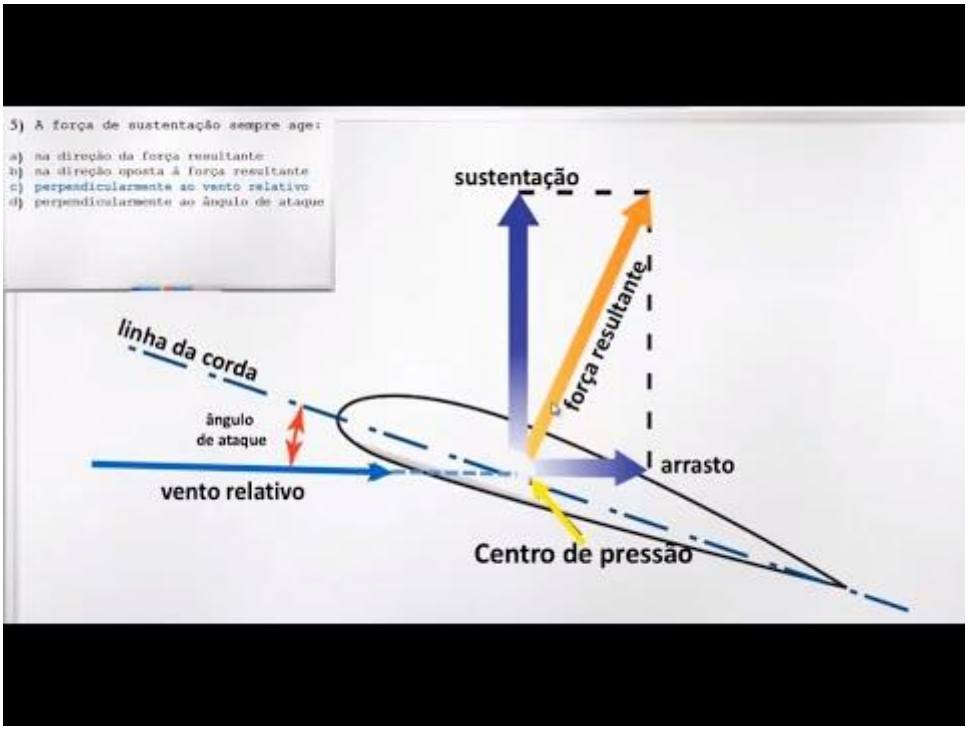
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



Rev. int. métodos numér. cálc. diseño ing. 2015;31:55–64







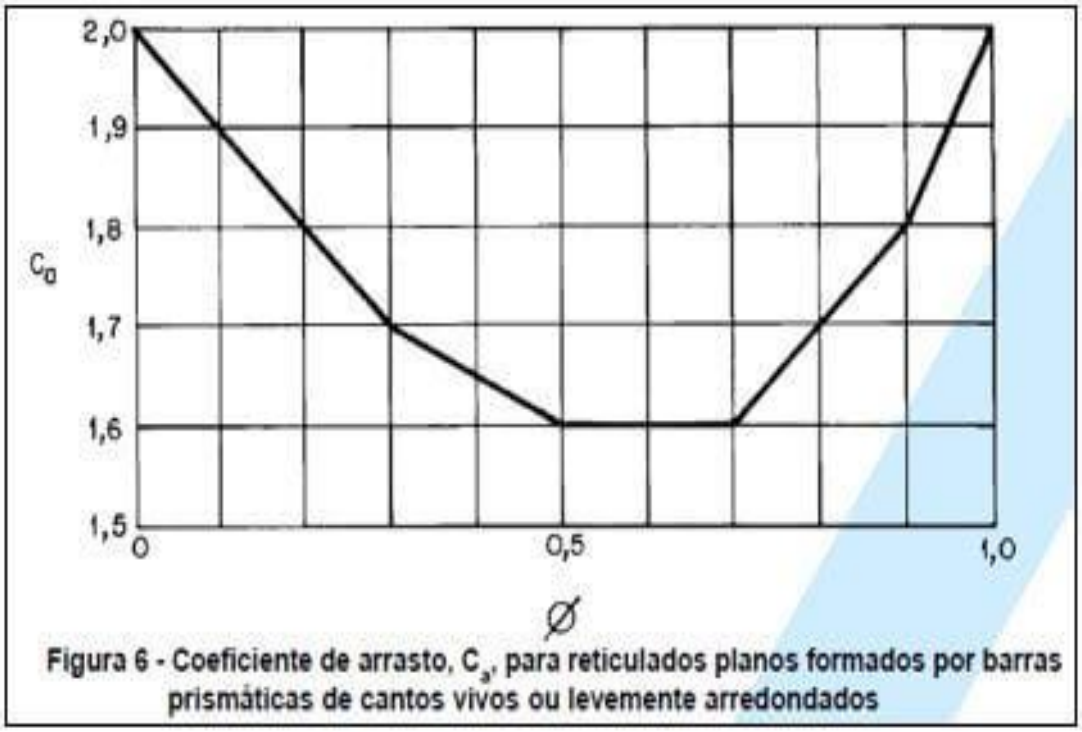
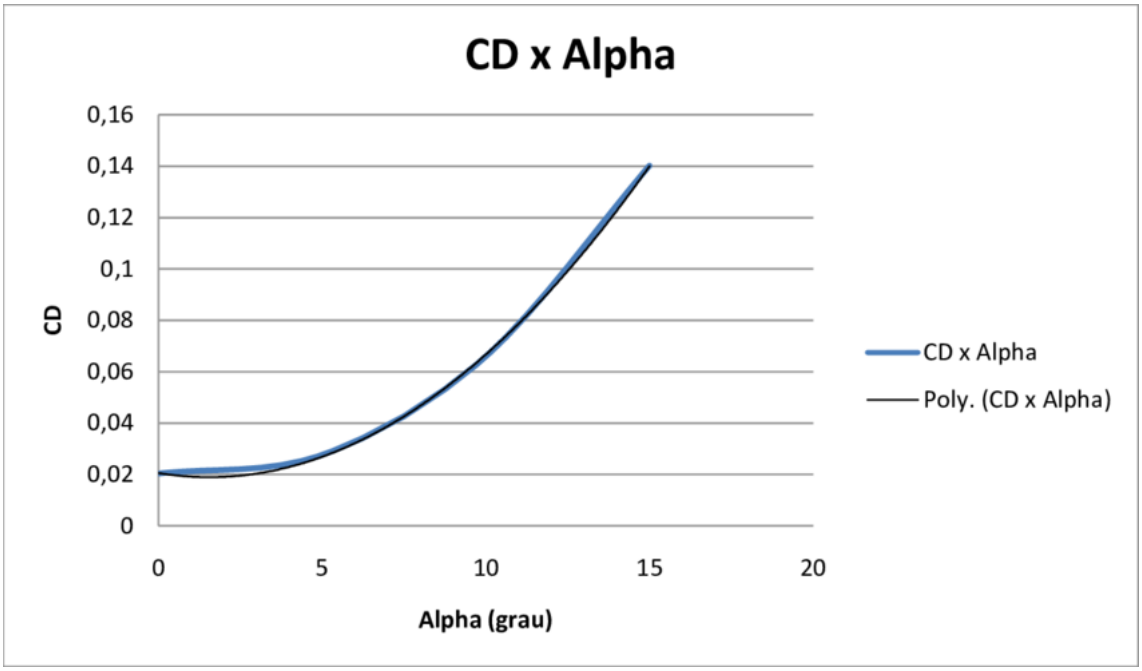
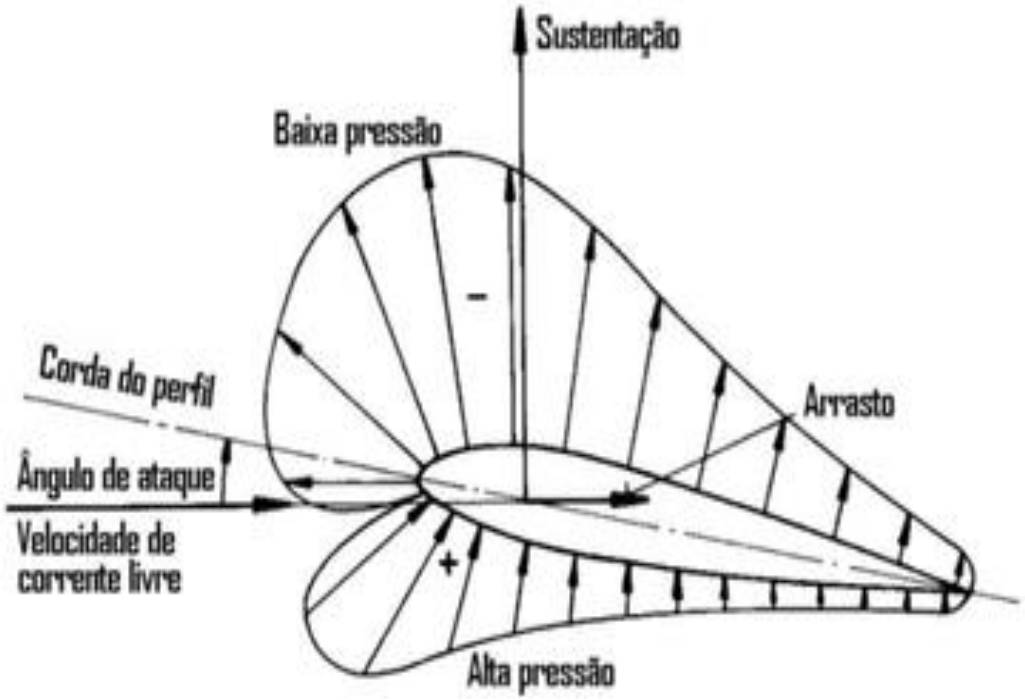


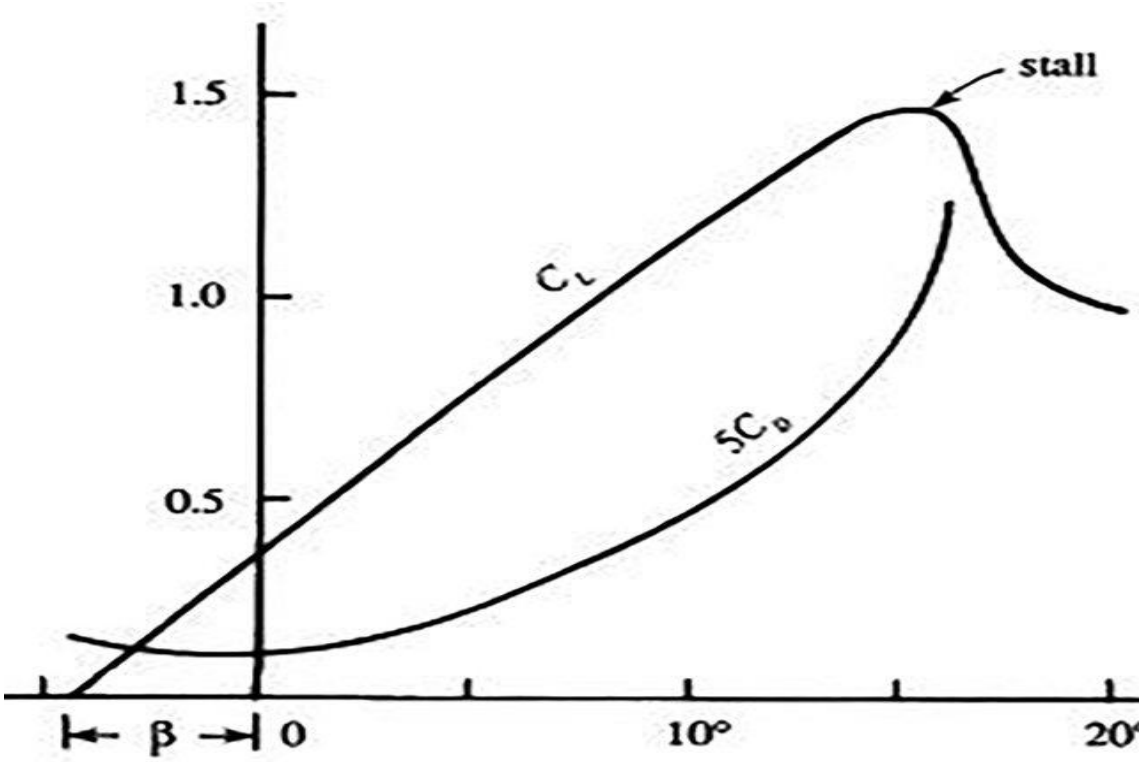
Figura 6 - Coeficiente de arrasto, C_a, para reticulados planos formados por barras prismáticas de cantos vivos ou levemente arredondados

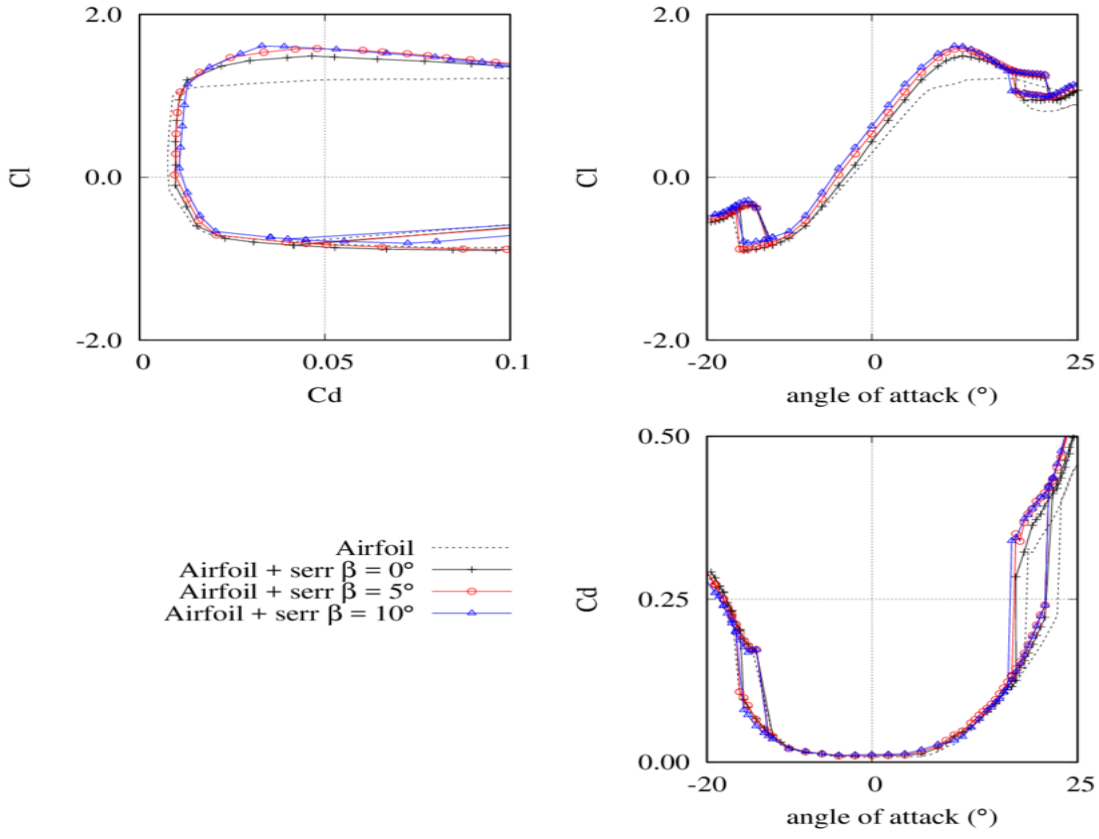
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

55) Fabricação dos Rotores Verticais e Horizontais:

A aeronave eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car utilizam 6 motores e 6 rotores. Sendo 4 motores/rotores para voo vertical e voo pairado e 2 motores/rotores para voo horizontal (acelerado ou freado) ou para voo guinado.

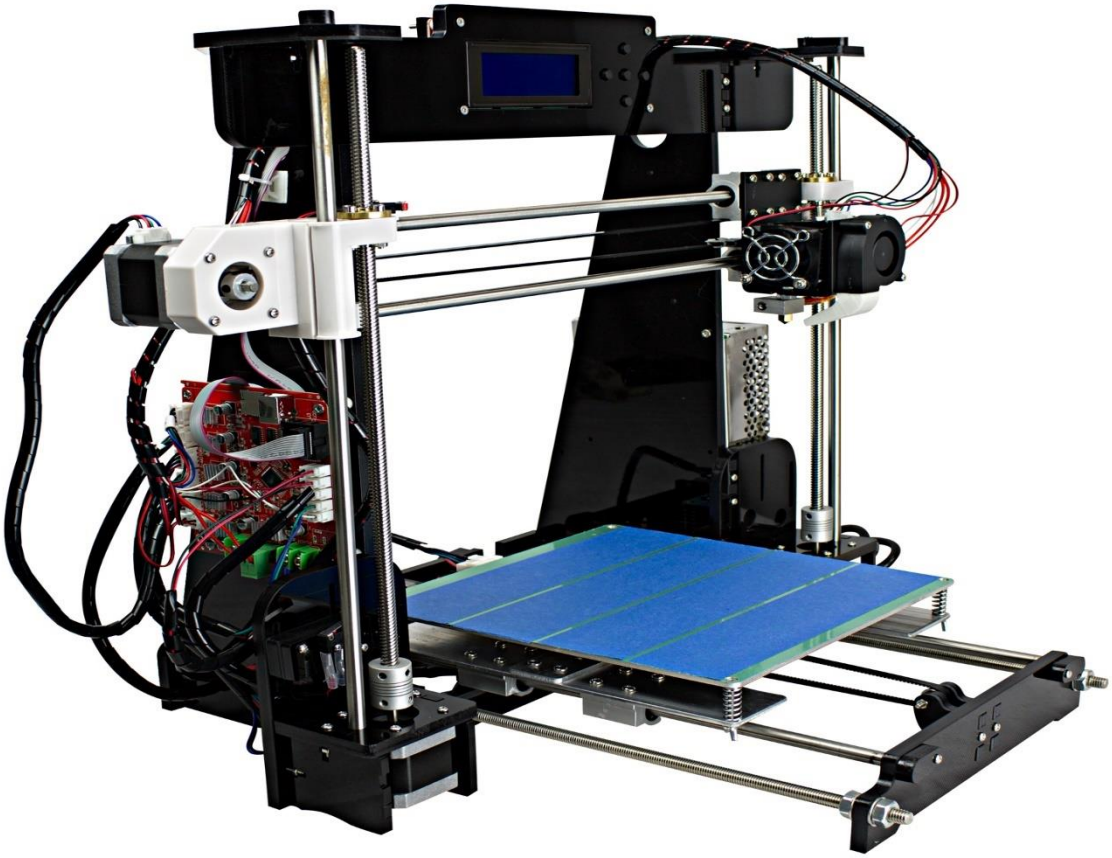
A fabricação destes rotores verticais e horizontais não é trivial. A nossa proposta é montar os rotores usando um software CAD (Catia ou Solidworks) e imprimir os rotores em uma impressora 3D.

Após a impressão 3D, deve-se cobrir os rotores com fibra de carbono para garantir segurança e fortalecimento axial, fortalecimento translacional, de flexão, de momento e de torção.

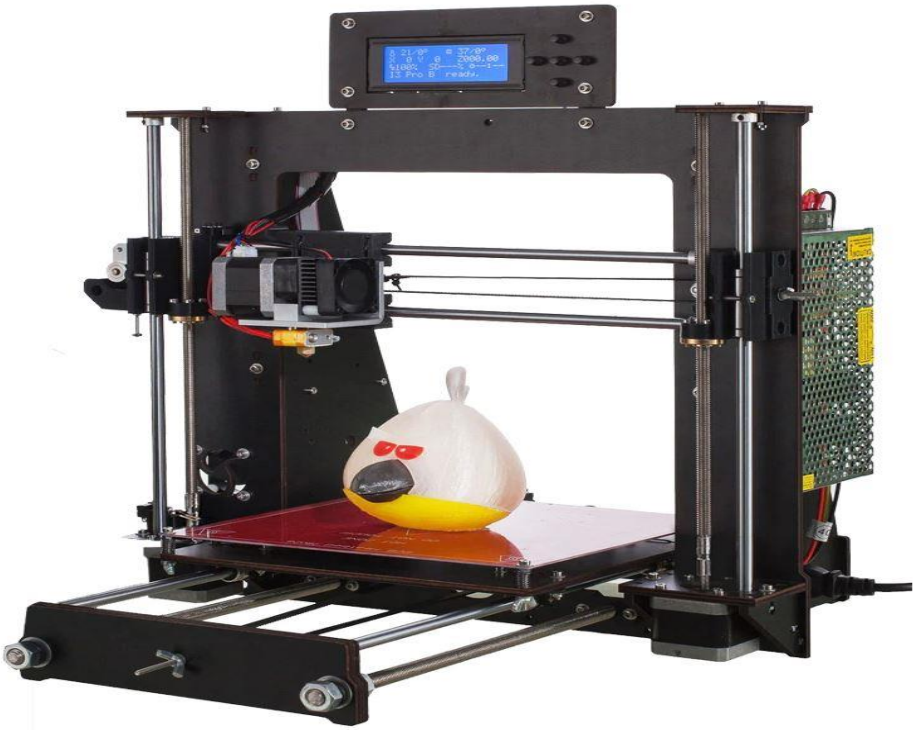
É necessário também o uso de 4 rotores de servomecanismo para controlar a estabilidade e o equilíbrio da aeronave. Onde se utiliza um Sistema de Controle PID através de um inclinômetro. São 2 servomecanismos para controlar a inclinação no eixo x e mais 2 servomecanismos par controlar a inclinação no eixo y.

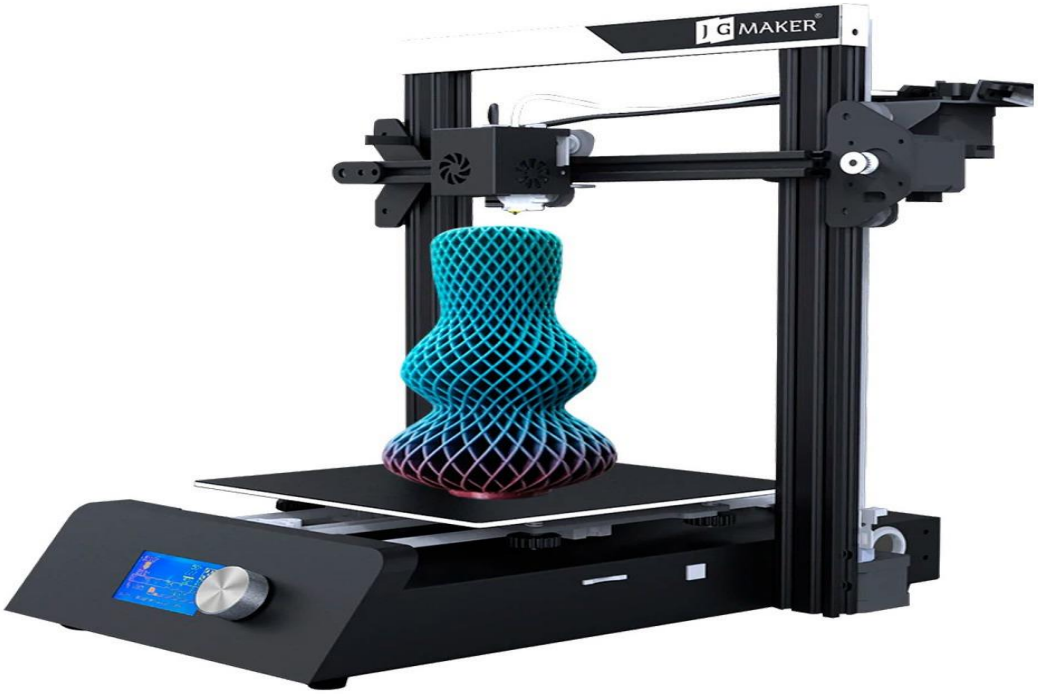
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

56) Fabricação do Sistema de Propulsão Vertical e Horizontal usando Rotores:

A aeronave da VBJ Engenharia possui dois conceitos de propulsão. O primeiro é baseado em eletromagnetismo, como descrito no capítulo 53, e o segundo é baseado em rotores mecânicos.

O modelo baseado em rotores é similar aos usados por diversas aeronaves eVTOL ao redor do mundo, incluindo os drones e os helicópteros. Ou seja, trata-se de rotores com 2, 3, 4 ou 5 pás cada um e no nosso caso usamos 4 rotores/motores para voo vertical e mais 2 rotores/motores para voo horizontal ou de guinada. Existe a possibilidade de uso de 6 rotores ou 8 rotores verticais no caso da EVE/Embraer e também existe a possibilidade de mais rotores, como no caso da Lilium na Alemanha que trabalha com 36 rotores/motores pequenos.

A força de sustentação dos motores verticais (sustentação) e horizontais (empuxo) são concebidas segundo as seguintes equações:

L = ½*rho*(w^2*R^2/4)*R*b*np*nr*cl

E = ½*rho*(w^2*R^2/4)*R*b*np*nr*cl

L = força de sustentação

E = força de empuxo horizontal

rho = densidade da atmosfera

w = velocidade de rotação do rotor

R = raio do rotor

b = corda do rotor

np = número de pás

nr = número de rotores

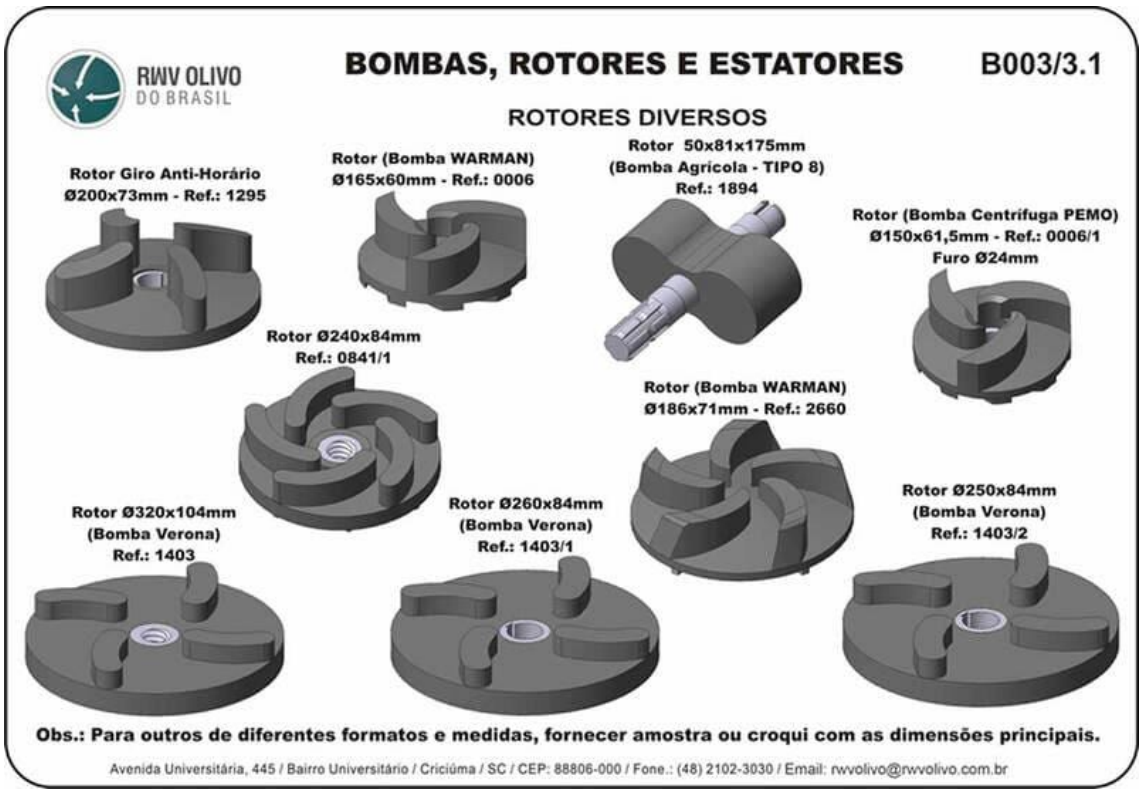
cl = coeficiente de sustentação

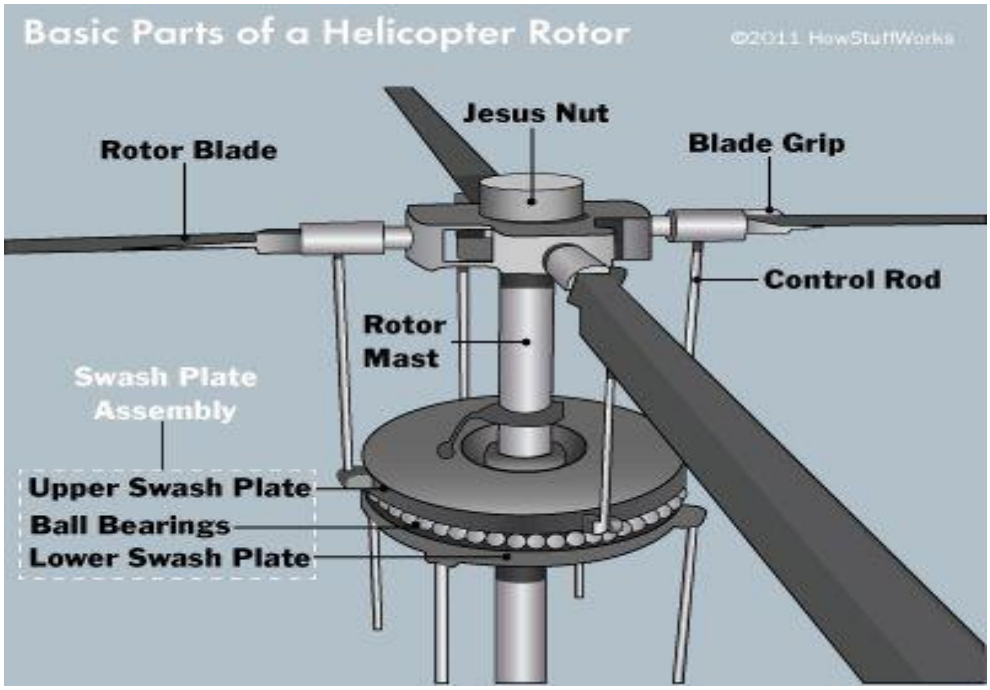
A fabricação dos rotores é executada usando uma impressora 3D que monta a geometria plástica dos rotores, incluindo as asas rotativas e eixo vertical/eixo horizontal da asa. A seguir, assim que o rotor plástico tiver sido construído na impressora, é executado a montagem e a cobertura de fibra de carbono em volta das asas rotativas e em volta do eixo. Desta forma a

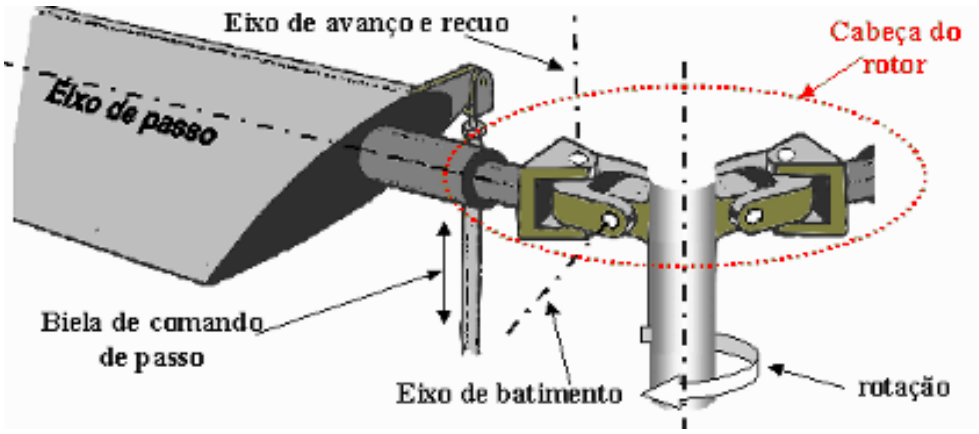
geometria é concebida de forma precisa e com a capacidade de exercer e aguentar diversos esforços, tais como flexão, torção, tração, momento e outros esforços mecânicos. Ou seja, precisão na geometria e sustentação física nos esforços.

Estes esforços e a geometria deve ser projetado utilizando software de CAD e de CAE (Projeto Auxiliado por Computador e Engenharia Auxiliada por Computador – tais como Catia, Solidworks e Nastran).

Somente com o dimensionamento usando CAD e CAE é que a fabricação dos rotores verticais e horizontais serão garantidos a segurança em relação aos esforços mecânicos.


RWV OLIVO
DO BRASIL
BOMBAS, ROTORES E ESTATORES
B003/3.1
ROTORES DIVERSOS
Rotor Giro Anti-Horário
Ø200x73mm - Ref.: 1295
Rotor (Bomba WARMAN)
Ø165x60mm - Ref.: 0006
Rotor 50x81x175mm
(Bomba Agrícola - TIPO 8)
Ref.: 1894
Rotor (Bomba Centrífuga PEMO)
Ø150x61,5mm - Ref.: 0006/1
Furo Ø24mm
Rotor Ø240x84mm
Ref.: 0841/1
Rotor (Bomba WARMAN)
Ø186x71mm - Ref.: 2660
Rotor Ø320x104mm
(Bomba Verona)
Ref.: 1403
Rotor Ø260x84mm
(Bomba Verona)
Ref.: 1403/1
Rotor Ø250x84mm
(Bomba Verona)
Ref.: 1403/2
Obs.: Para outros de diferentes formatos e medidas, fornecer amostra ou croqui com as dimensões principais.
Avenida Universitária, 445 / Bairro Universitário / Criciúma / SC / CEP: 88806-000 / Fone.: (48) 2102-3030 / Email: rwvolivo@rwvolivo.com.br





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

57) Construção do Propulsor Eletromagnético através da aquisição da estrutura de aço e usando os fios de cobre esmaltado:

A VBJ Engenharia já construiu 4 provas de conceito sobre como viabilizar o propulsor eletromagnético. Estes projetos construídos não tiveram o comportamento desejado.

A proposta dos 4 modelos é utilizar a Lei de Lorentz como princípio de funcionamento, onde a corrente elétrica em posicionamento perpendicular com o campo magnético deveria gerar uma força eletromagnética perpendicular aos dois (perpendicular a corrente elétrica e perpendicular ao campo magnético).

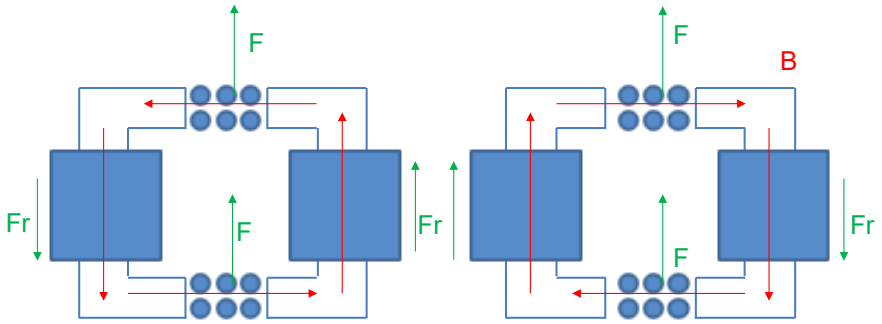
Lamentavelmente os 4 modelos não tiveram o comportamento desejado nem esperado. A VBJ Engenharia começou então a montagem do quinto modelo, onde o sistema de funcionamento possui um modelo de letra C em aço com uma segunda letra C também em aço com um posicionamento oposto e o sistema enrola um fio de cobre em torno de cada uma letra C, mas com direções opostas, gerando um campo magnético para baixo na letra C da esquerda e para cima na letra C da direita.

No topo direito da letra C da esquerda estabelece-se um fio de cobre em sentido de corrente frontal e na base direita da letra C da esquerda estabelece-se um fio de cobre com corrente no sentido traseiro. Este mesmo fio com corrente em sentido frontal estabelece-se perpendicularmente ao campo magnético da letra C da direita. E no mesmo sentido traseiro estabelece-se perpendicular ao campo magnético da letra C da direita.

Este modelo possui 2 conjuntos similares, mas com direção de campos magnéticos e correntes elétricas opostas. Este modelo pode ser analisado no gráfico a seguir:

Estes modelos possuem forças direcionadas na vertical para cima e forças de reação direcionadas em direção semelhante aos campos magnéticos das fontes geradoras dos campos magnéticos.

Campo Magnético e Força Eletromagnética



B: Campo Magnético
F: Força Eletromagnética
Fr: Força de Reação

F = i*L^B

B = mi*N*I/(2*R)

F = Fr

F = força eletromagnética

Fr = força de reação

B = campo magnético

mi = permeabilidade magnética do meio

i = corrente elétrica frontal/traseiro

L = 2*R*n

R = raio

n = número de voltas em L (em corrente elétrica i)

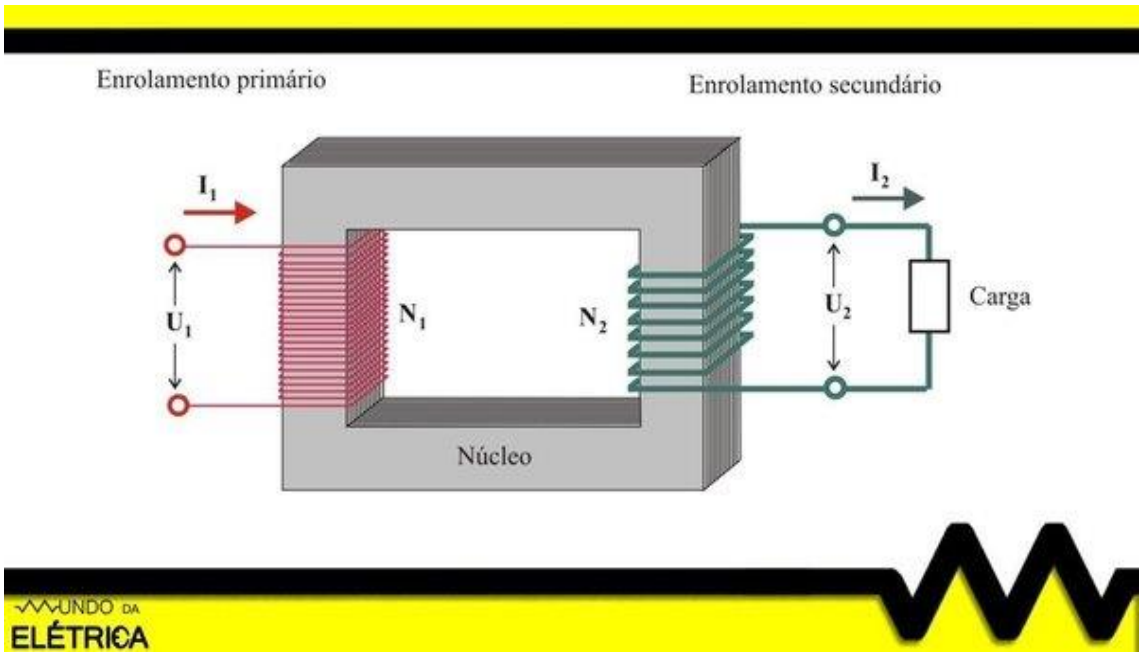
I = corrente elétrica do campo magnético

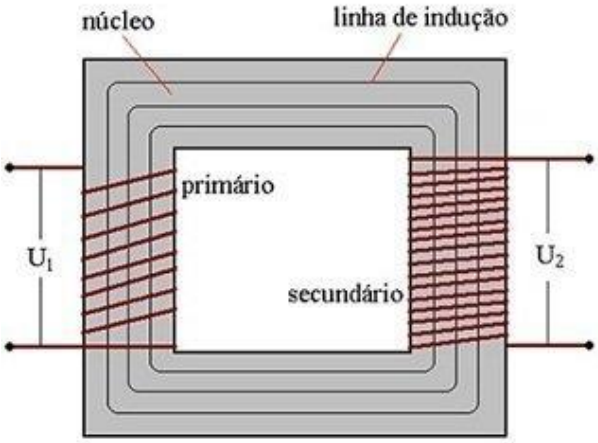
N = número de voltas em campo magnético (em corrente elétrica I)

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

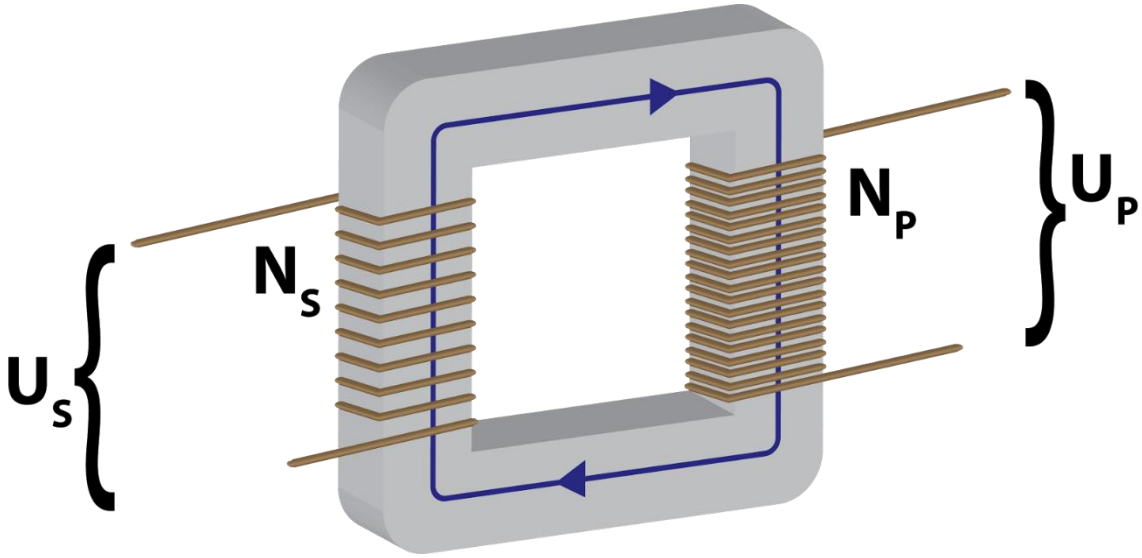
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

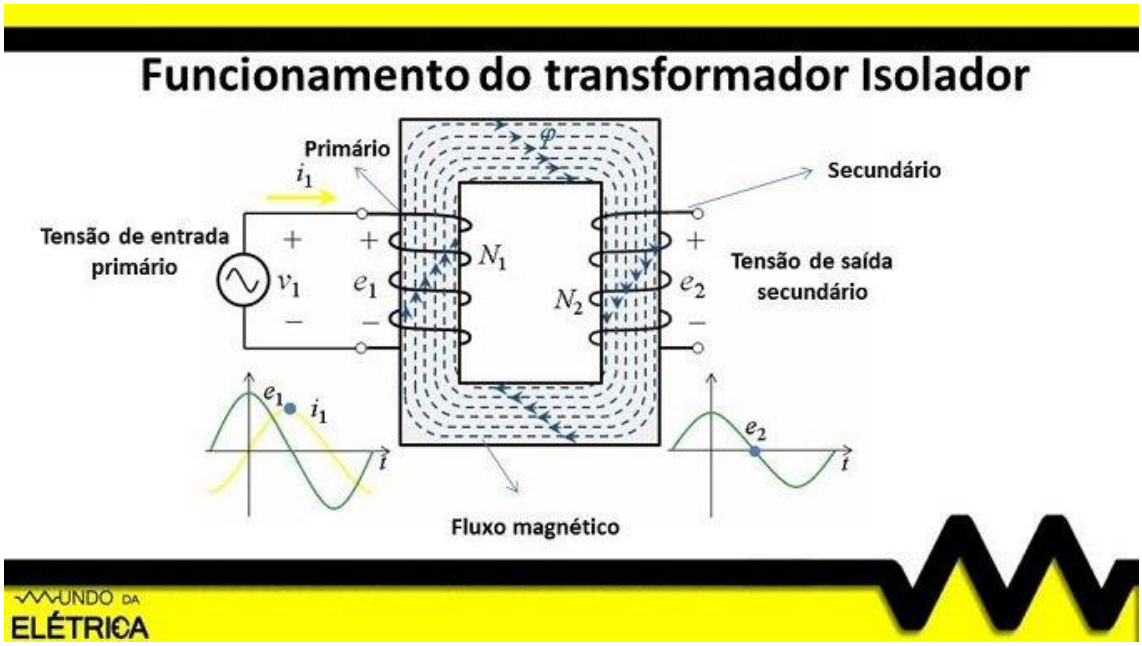
O projeto é semelhante a um transformador, como pode ser observado, mas trabalha com corrente contínua gerando um campo magnético de intensidade contínua e consequentemente uma força eletromagnética de intensidade contínua.





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

58) Seleção e Compra da Moto escolhida:

A VBJ Engenharia adapta qualquer tipo de motocicleta e qualquer tipo de veículo terrestre para que ele seja capaz de realizar seu voo VTOL (Vertical Take Off and Landing).

Segue alguns equipamentos de deslocamento terrestre que podem vir a se tornar equipamentos de voo VTOL.

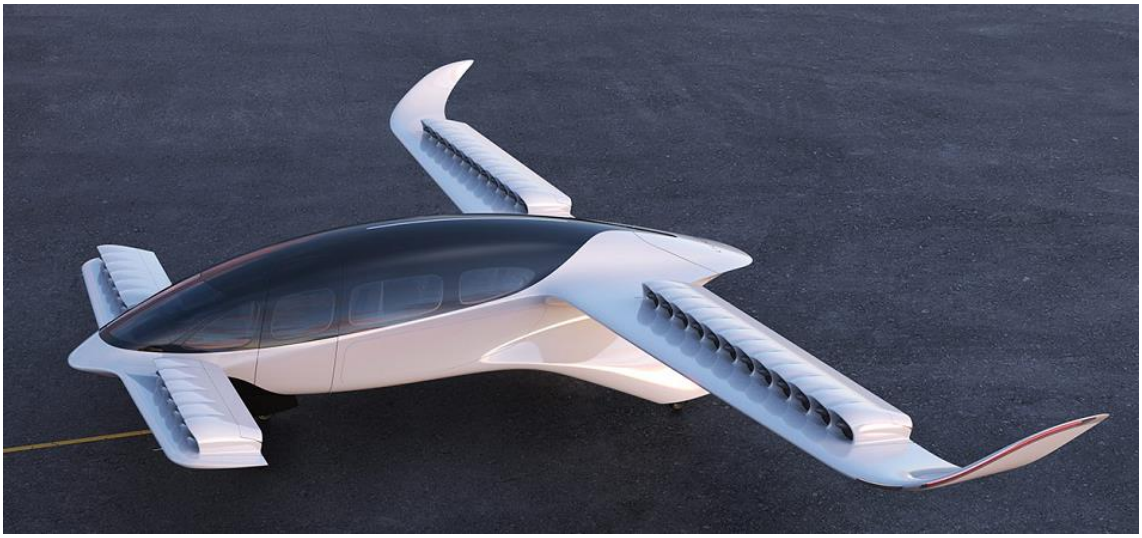
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

www.aeromobil.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

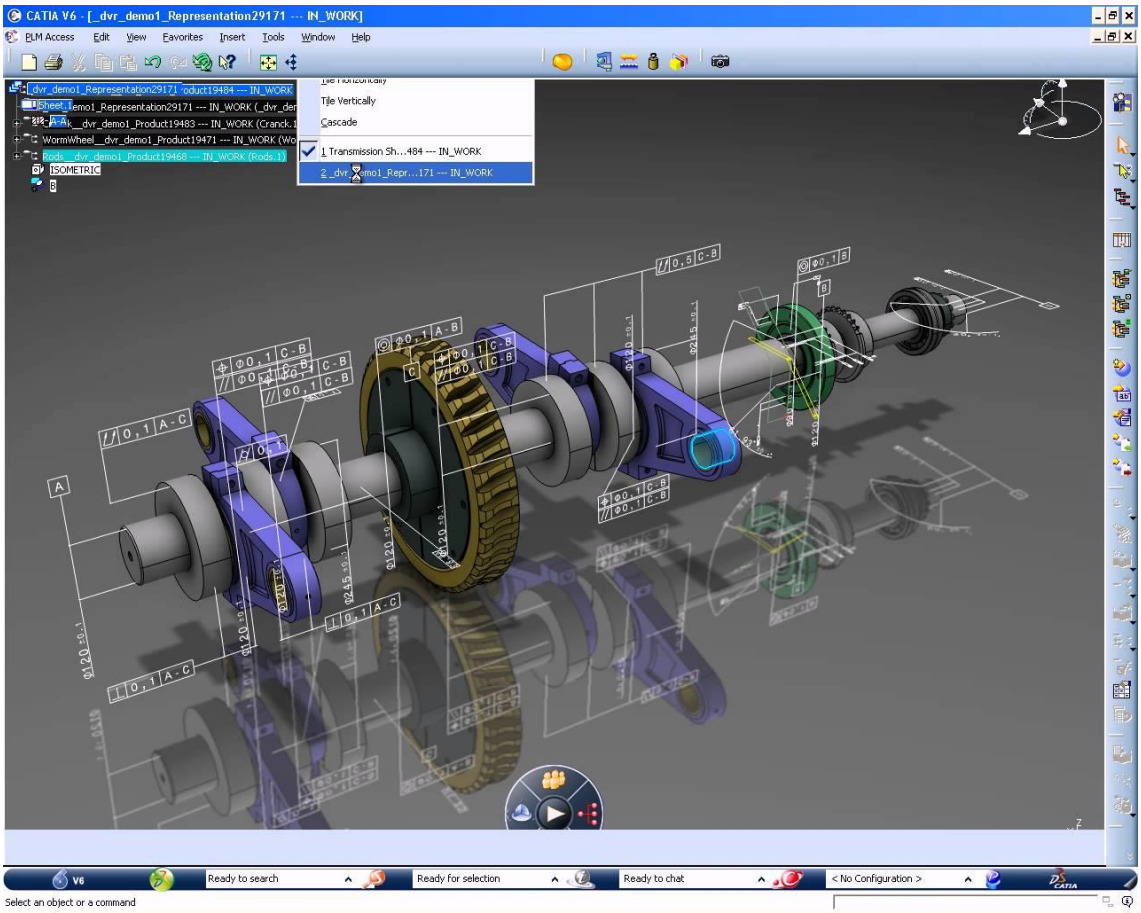


VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

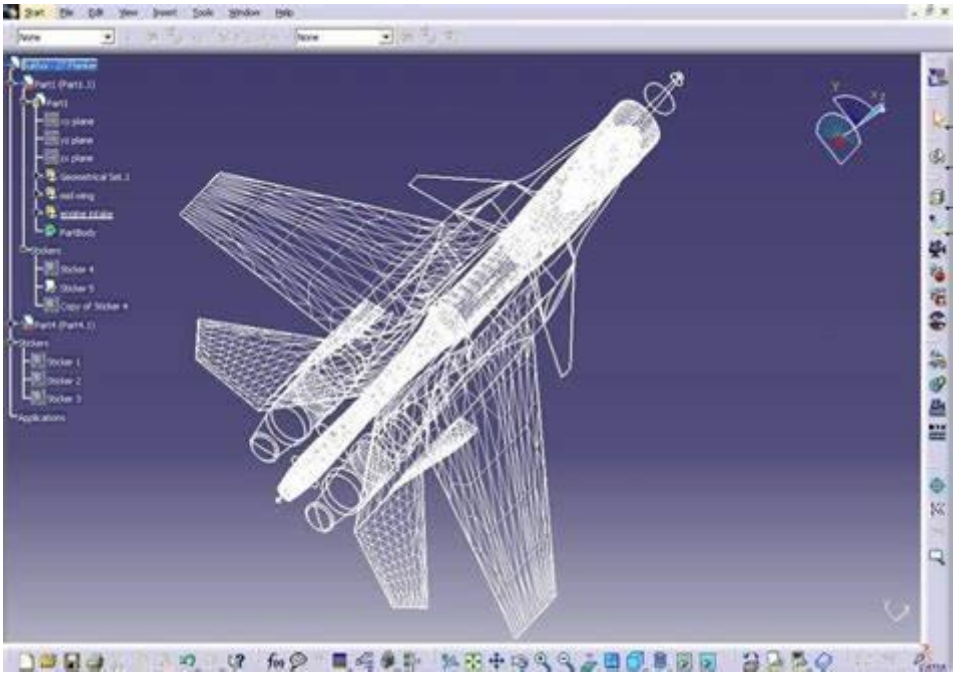
59) Construção do Projeto Mecânico em CAD usando a Moto escolhida:

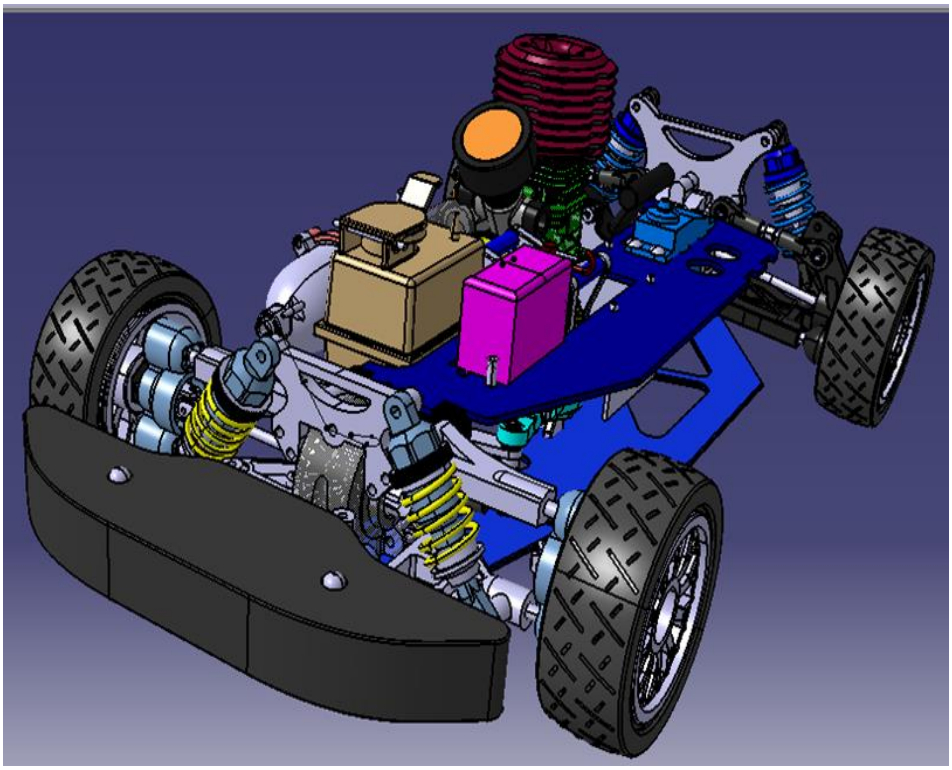
A principal execução a ser realizada para montagem do projeto mecânico é desenhar o projeto em um software CAD (Projeto Auxiliado por Computador: Catia ou Solidworks ou Autocad). É possível também construir o projeto em um software freeware.

Ao se construir o projeto em um software de CAD, pode-se saber todas as dimensões geométricas e suas caraterísticas de medidas, de momento inercial, de medidas angulares, de comprimento, de largura, de altura, de peso, volume das peças etc.

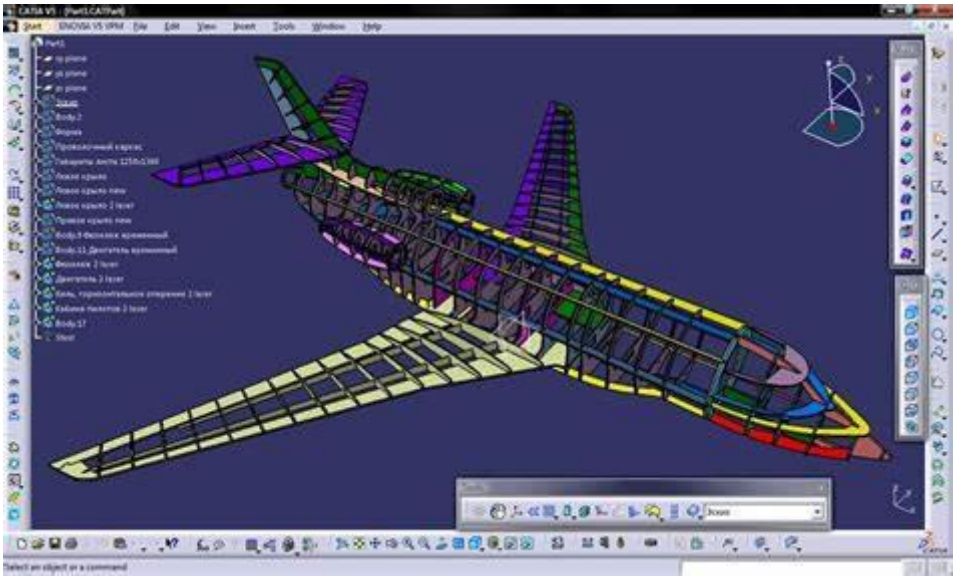


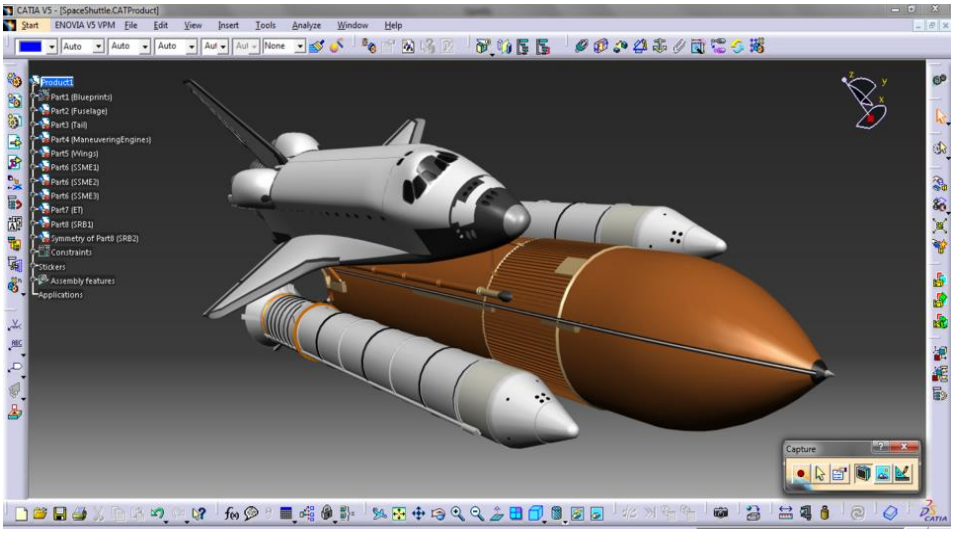
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



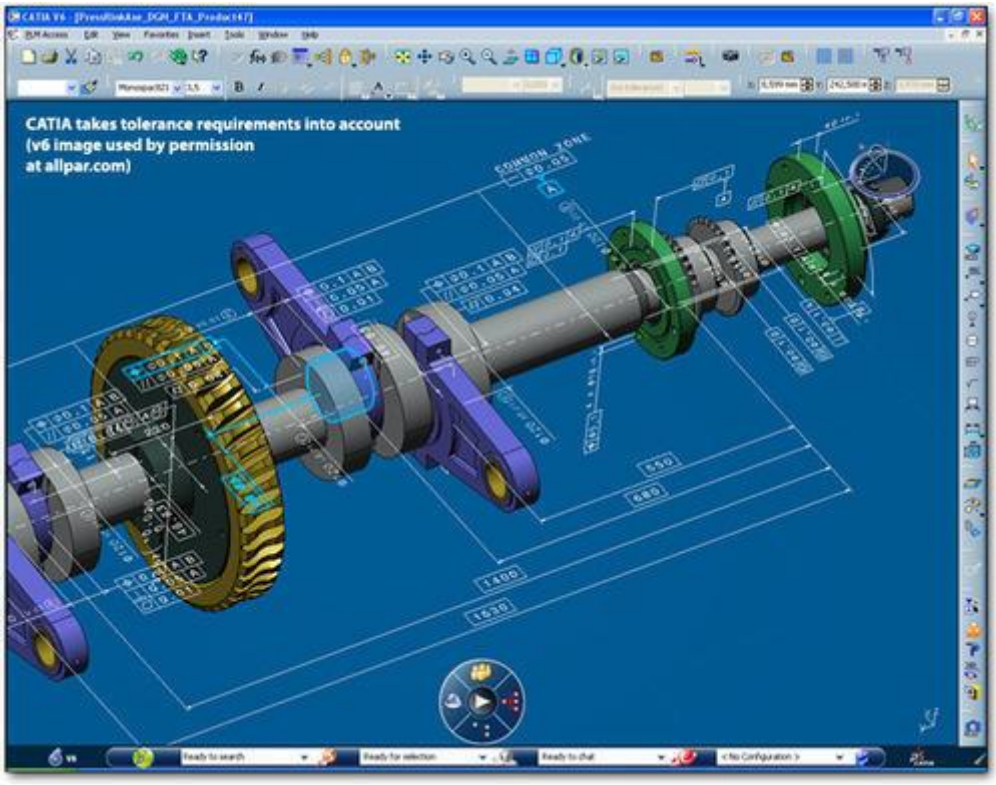


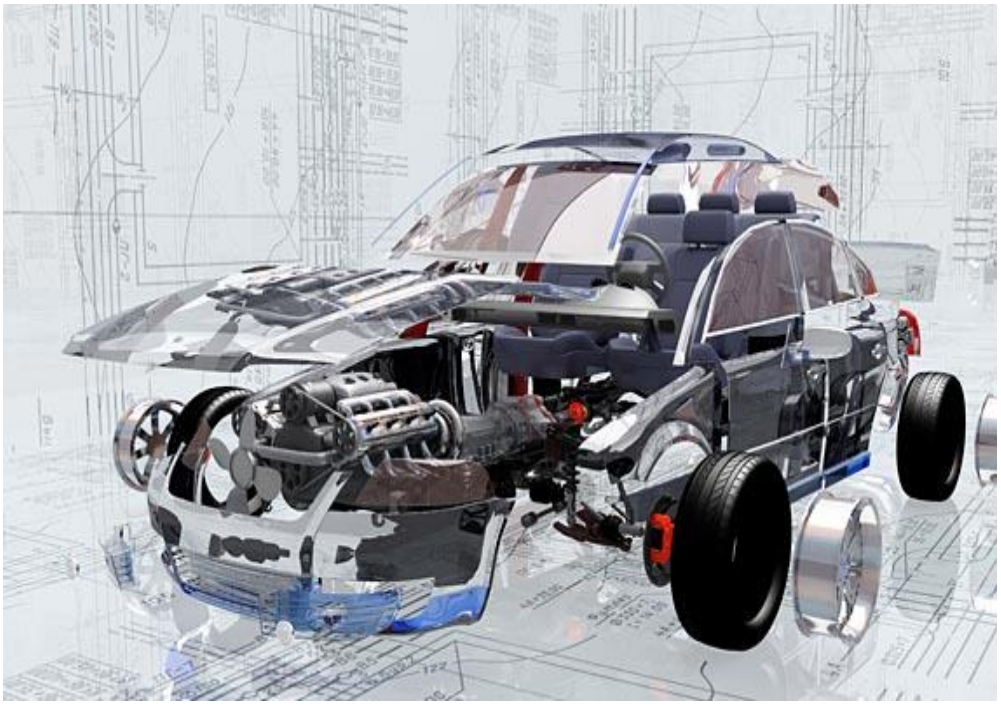
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

60) Projeto de Estrutura da Aeronave usando CAE:

O projeto da estrutura da Aeronave eVTOL Motorbike precisa ser construído utilizando um software de CAE (Engenharia Auxiliada por Computador – Nastran, Solidworks ou outro). Pode ser usado também um software de CAE freeware.

Este software tem que ser capaz de prever esforços físicos tais como tração, torção, flexão, peso etc.

O software tem que ser capaz de prever características com Elementos Finitos para trabalhar com condições mecânicas e comportamentos eletromagnéticos.

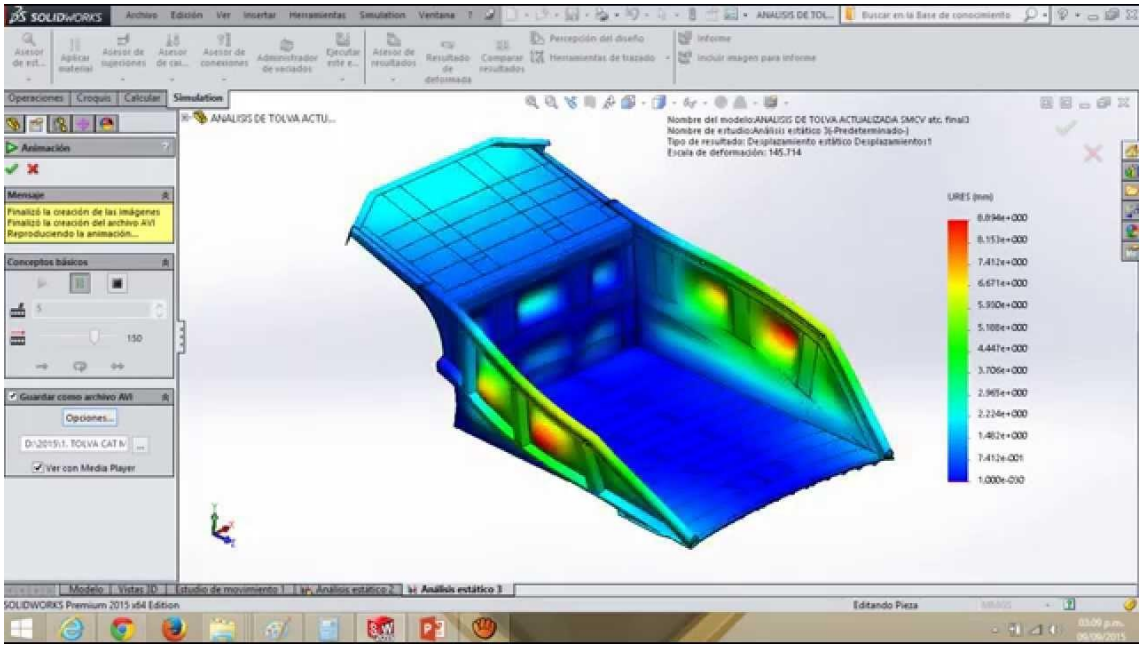
De fato, estes são dois softwares diferentes: um geométrico e outro eletromagnético (pode ser usado o software da ESSS).

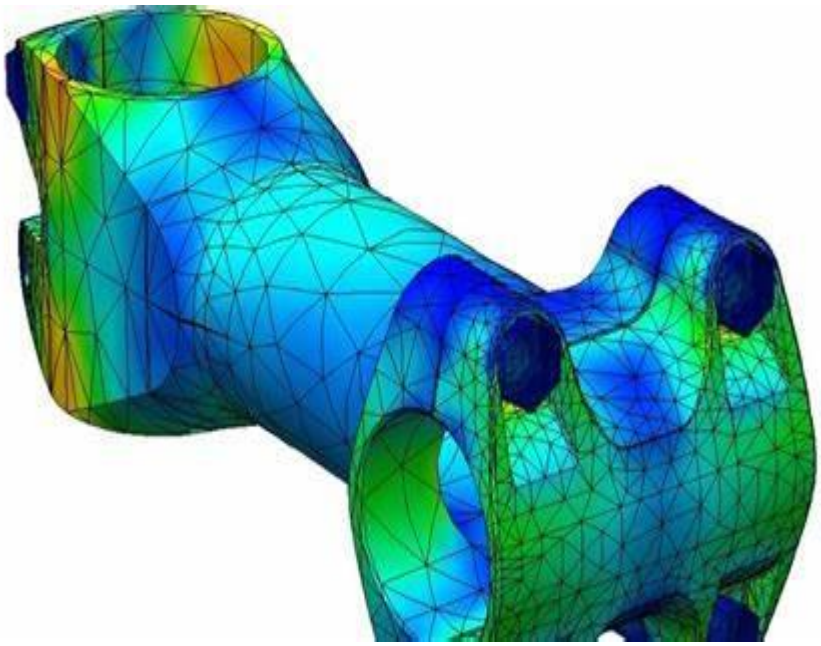
A ESSS representa os softwares da Ansys no Brasil.

De fato, a técnica de Elementos Finitos é fundamental para planejar todas as características geométricas para esforços físicos e de esforços eletromagnéticos, onde é necessário e fundamental o dimensionamento da Lei de Lorentz.

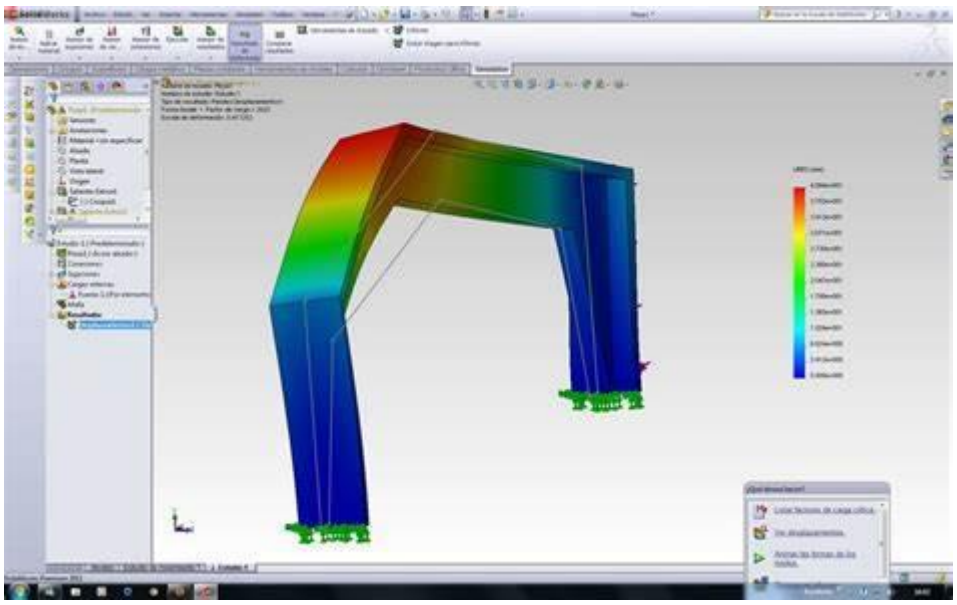
A técnica de Elementos Finitos estabelece uma malha de componentes pequenos e planeja os esforços sobre esta malha, componente por componente (pequenos) de maneira a construir todos os esforços sobre estes componentes.

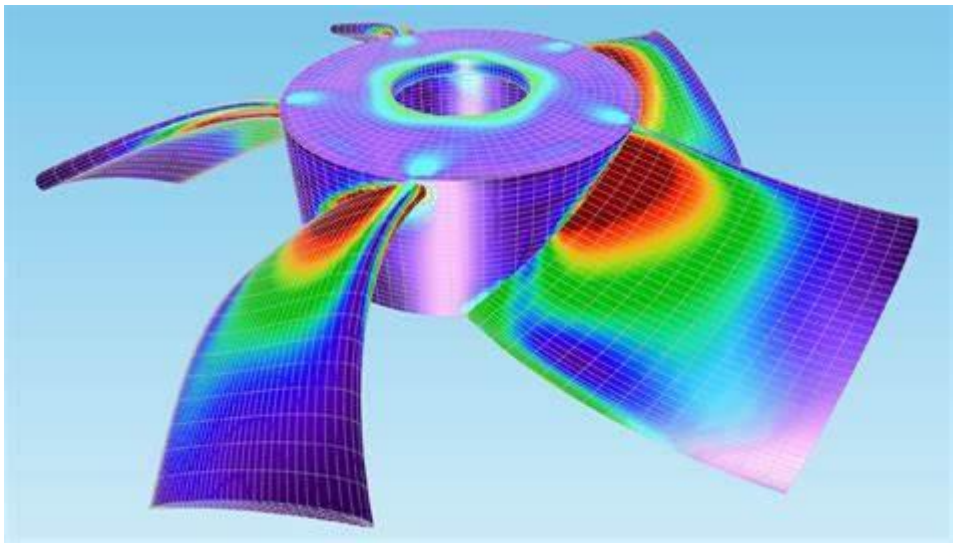
Desta maneira, se torna capaz de projetar toda a estrutura utilizando CAE e Elementos Finitos. O software de Elementos Finitos apresenta os esforços físicos através cores diferentes. Cada cor representa uma faixa de valor distinta.



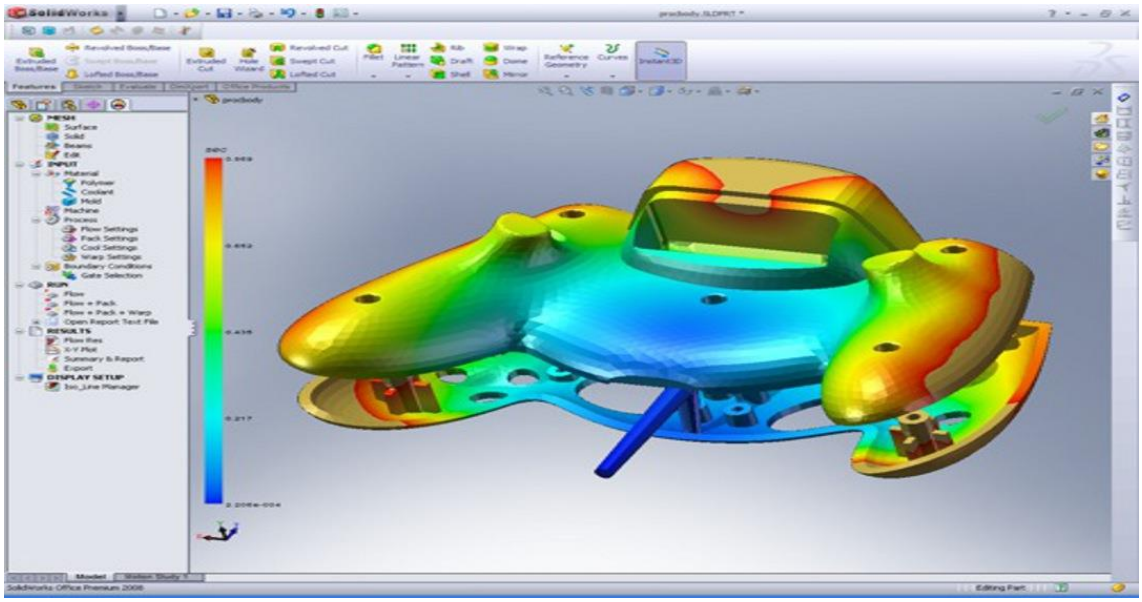


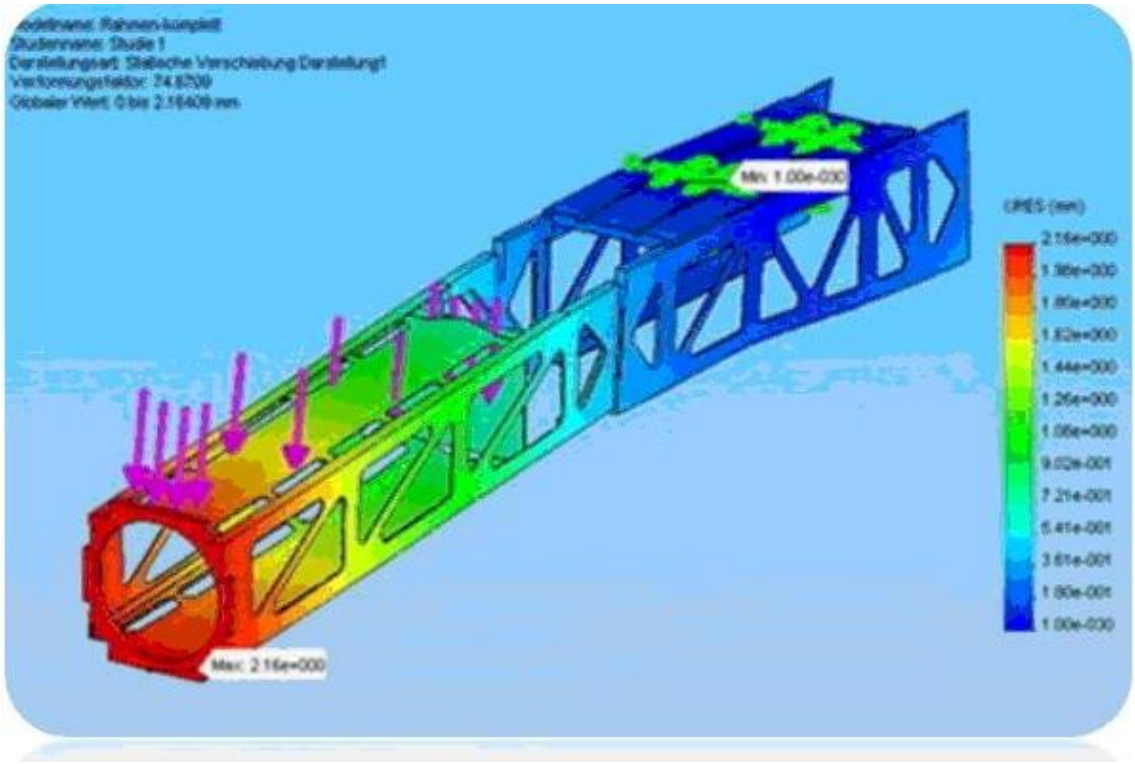
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

61) Projeto do Sistema Eletrônico de Controle de Voo e Segurança para montagem através do Arduíno:

O sistema de voo e de segurança é baseado no software C e C++ desenvolvido e implementado através da plataforma Arduíno. A plataforma Arduino utiliza uma placa para velocidade, outra placa para altitude, outra placa para inclinação na direção x, outra placa para inclinação na direção y e outra placa para guinada e 6 sistemas/placas de ultrassom (para cima, para baixo, para frente, para trás, para a esquerda e para a direita).

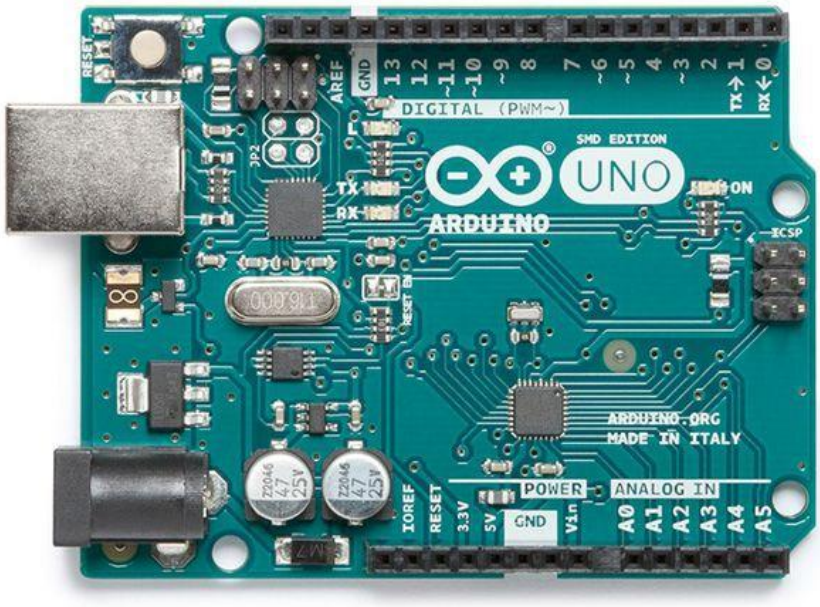
Utilizando assim o tudo de pitot para a placa da velocidade, o altímetro para a placa de altitude, um inclinômetro para a inclinação na direção x, outro inclinômetro para inclinação na direção y, e uma bussola digital para medir o ângulo de guinada e 6 sensores de ultrassom para medir a distância de obstáculos ou de outras aeronaves.

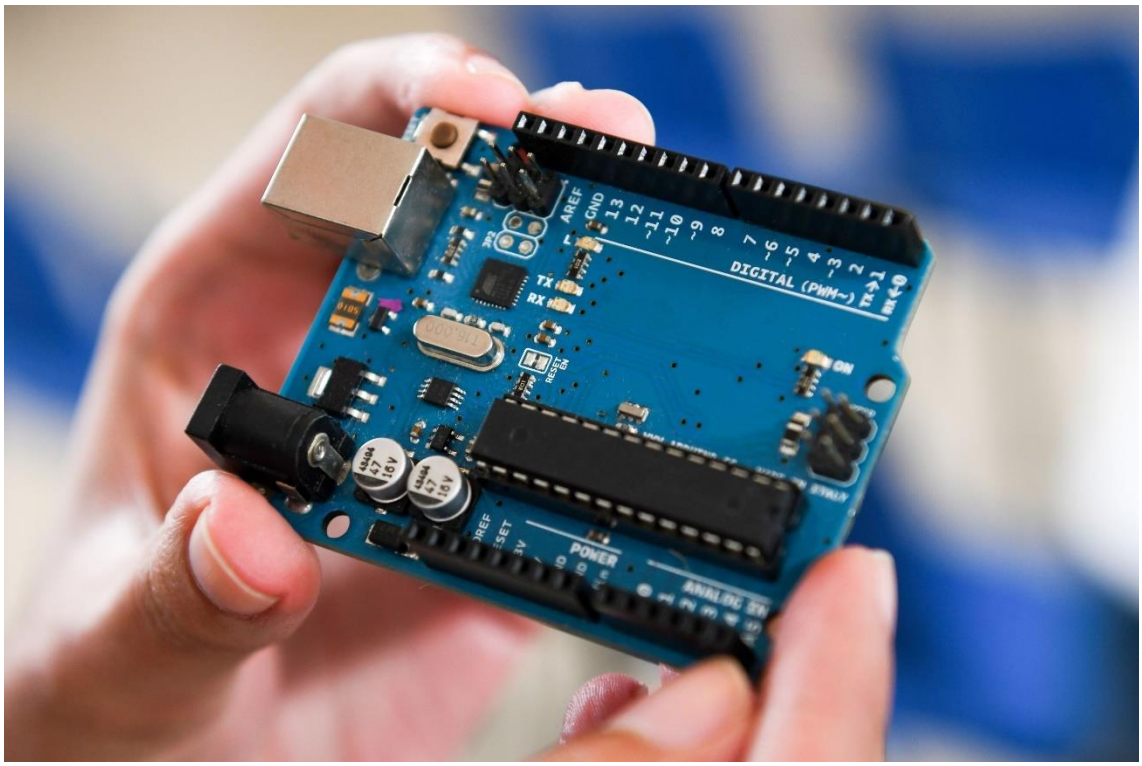
Através do controle destas variáveis o sistema de voo executa um voo seguro, tanto para cima, quanto para baixo, quanto para os lados, quanto para frente, quanto para trás, quanto voo pairado.

A proposta é construir um algoritmo em C ou em C++ que pode ser projetado utilizando o Software Rhapsody da IBM através da Metodologia MBSE / SysML (Model Based Systems Engineering / Systems Modeling Language).

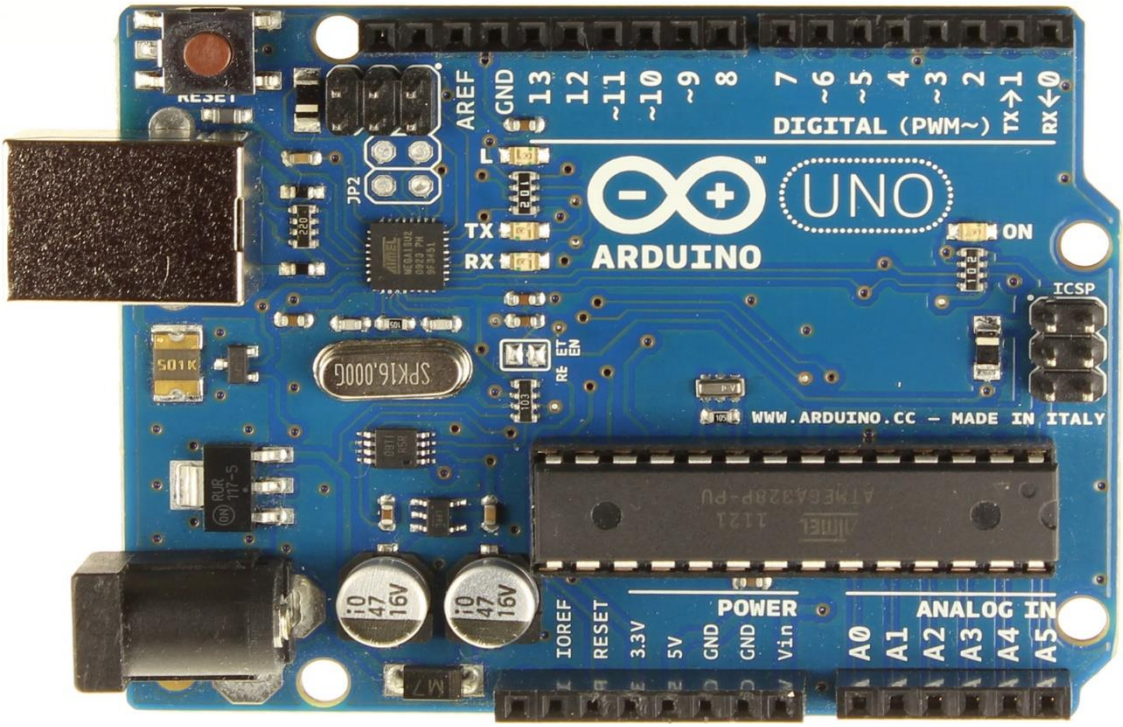
Esta metodologia permite a construção de softwares complexos e de engenharia complexa de maneira rápida e confiável. A tecnologia permite implementar também a opção de uso de softwares freeware para a Metodologia MBSE / SysML.

Segue 3 placas de arduíno:

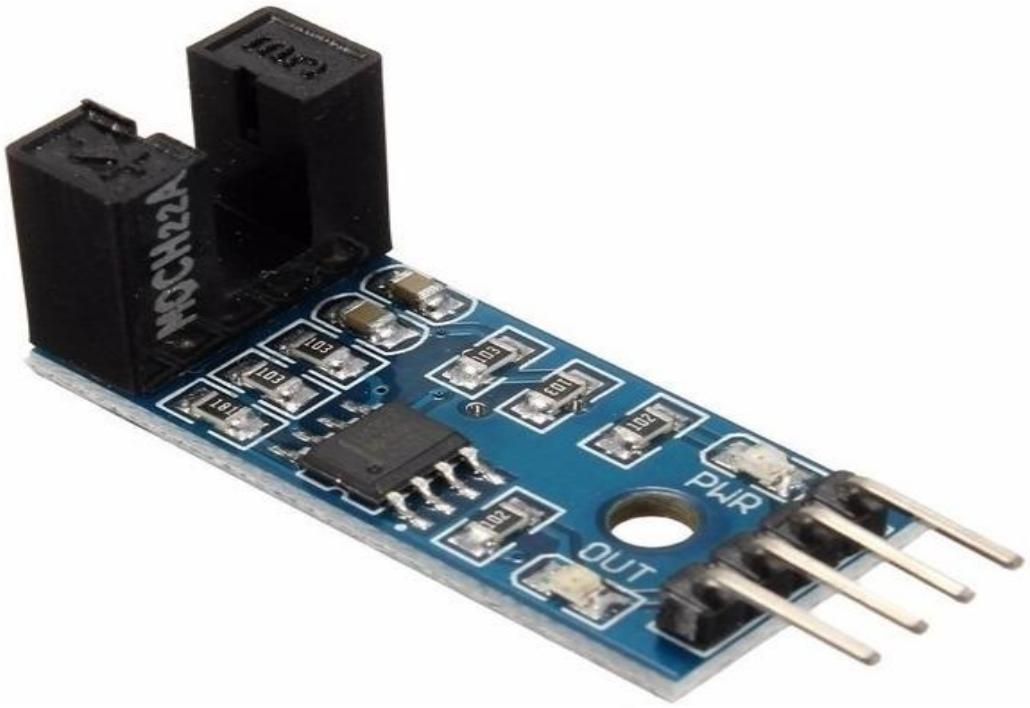




VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

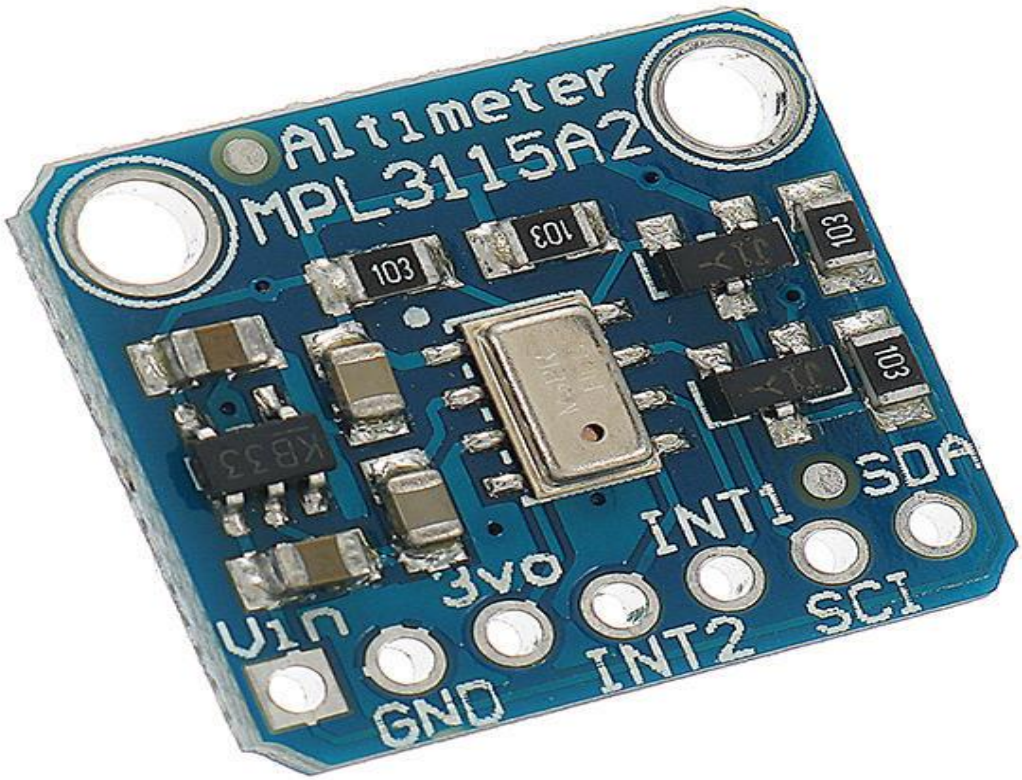


Segue placa de sensor de velocidade para Arduino:

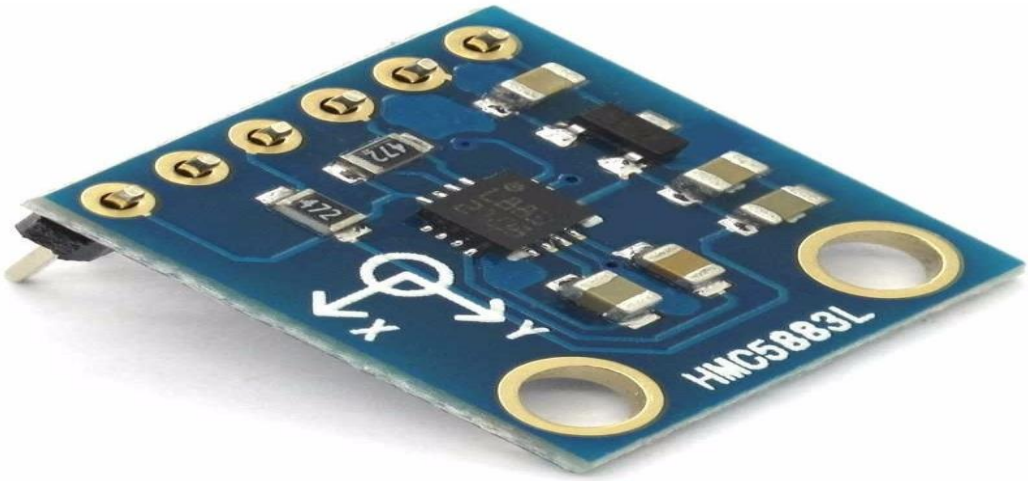


VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Segue placa de sensor de altitude para Arduino:

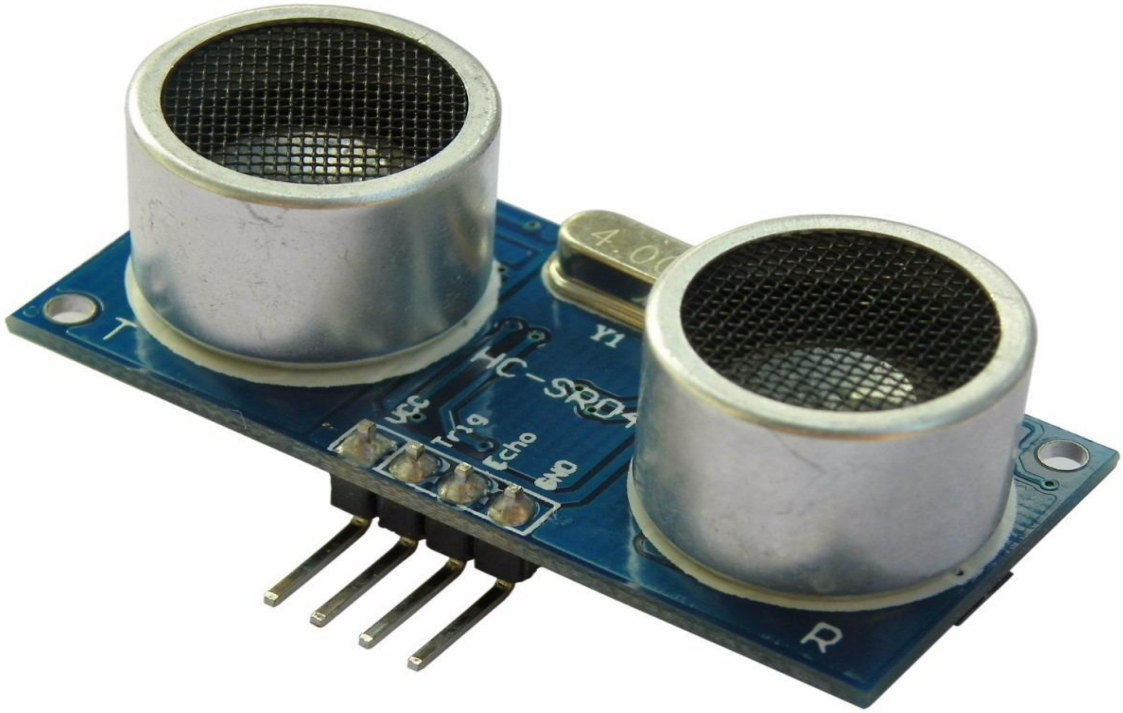


Segue placa de sensor de bussola e direção para Arduino:

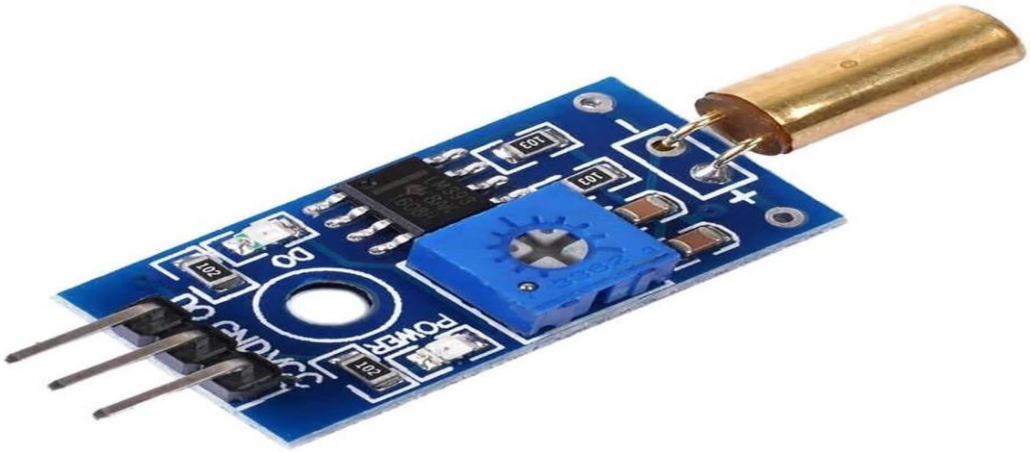


VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

Segue placa de sensor de ultrassom para Arduino:



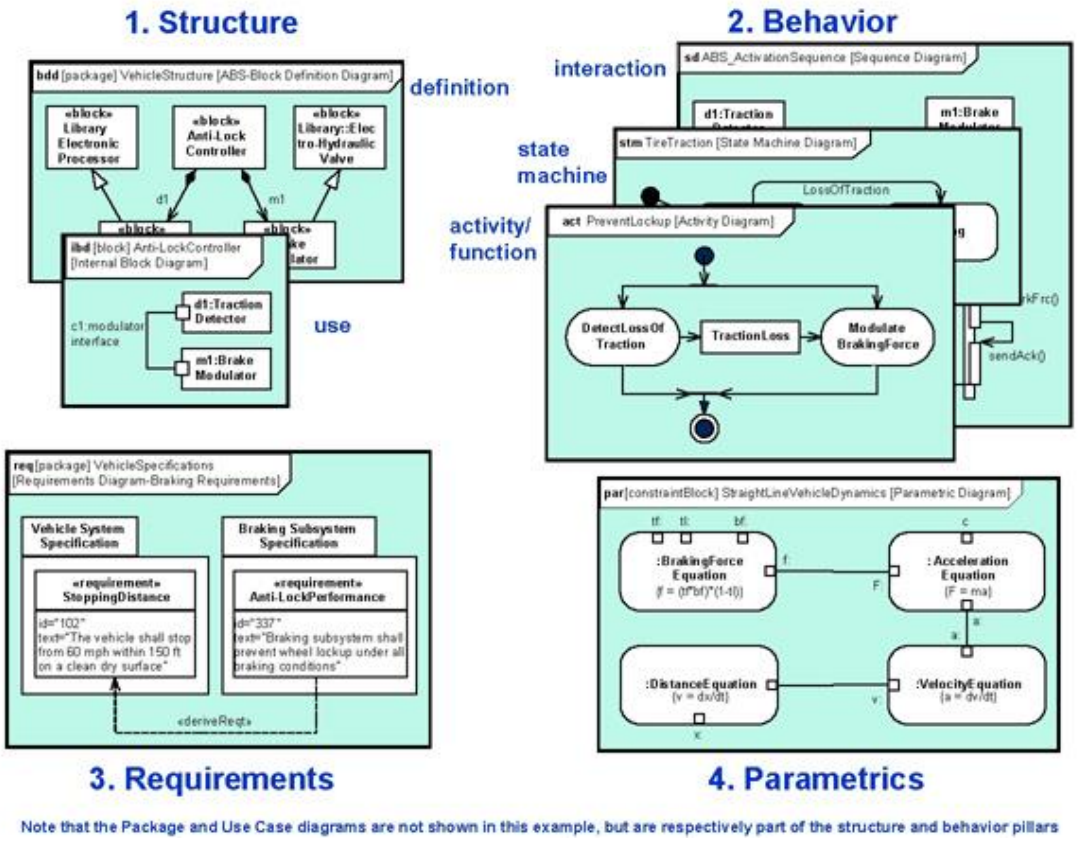
Segue placa de sensor de inclinação (inclinômetro):

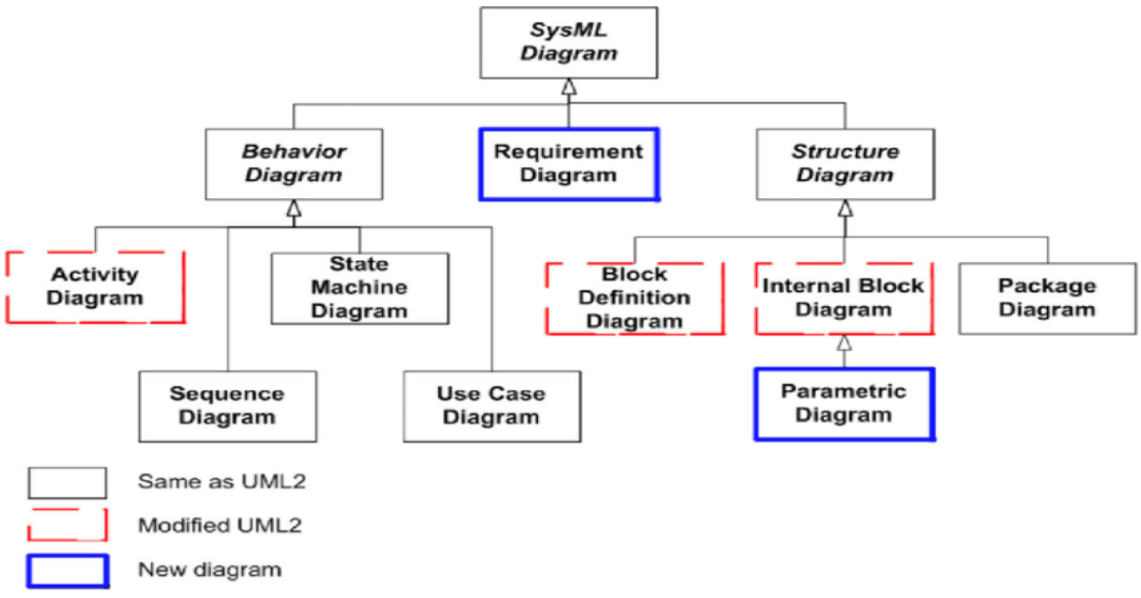


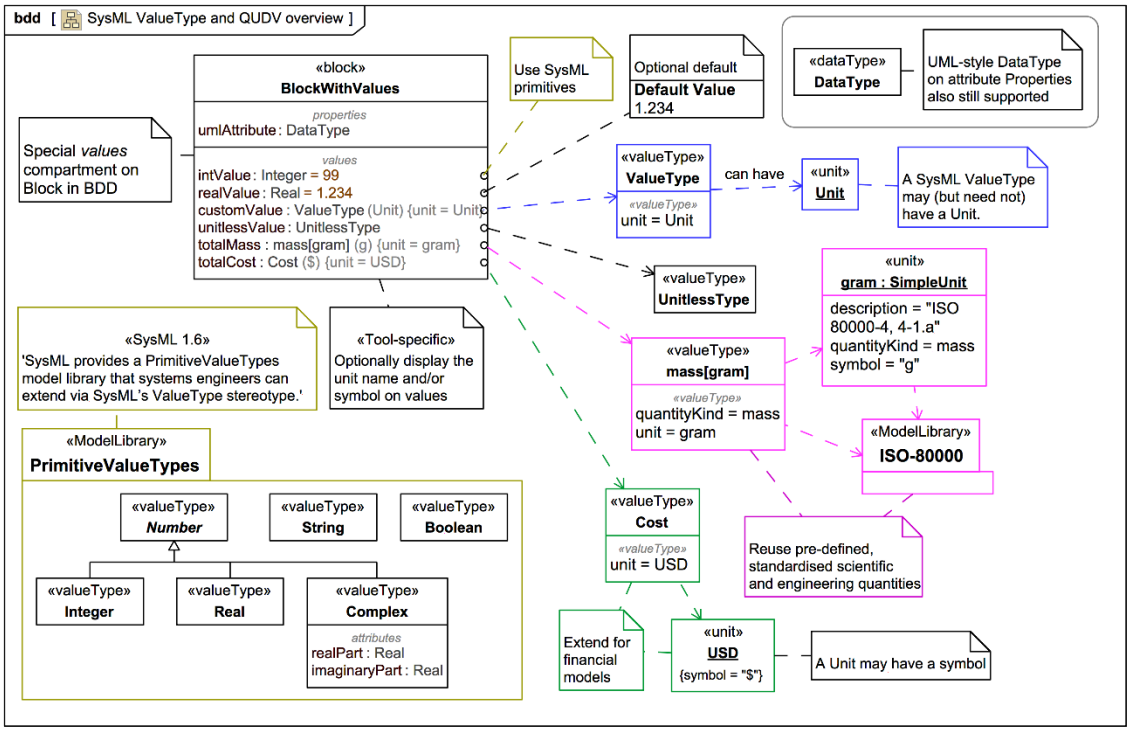
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

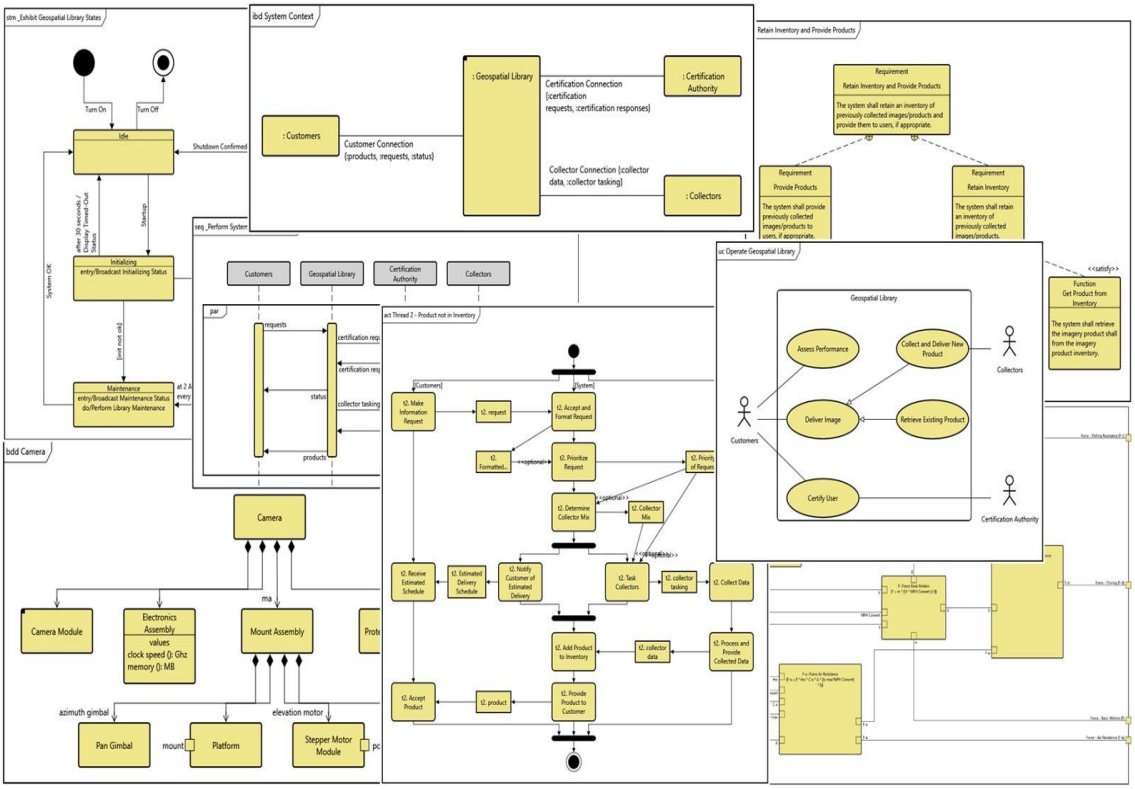
Assim a combinação de placa de sensores de altitude, de velocidade, de inclinação, de bussola e de distância de obstáculos todos associados a uma plataforma Arduino, permite executar um voo seguro para qualquer tipo de movimento e necessidade.

A seguir descreve-se os detalhes da metodologia MBSE / SysML que deve ser implementada para o Arduino através linguagens C e C++:



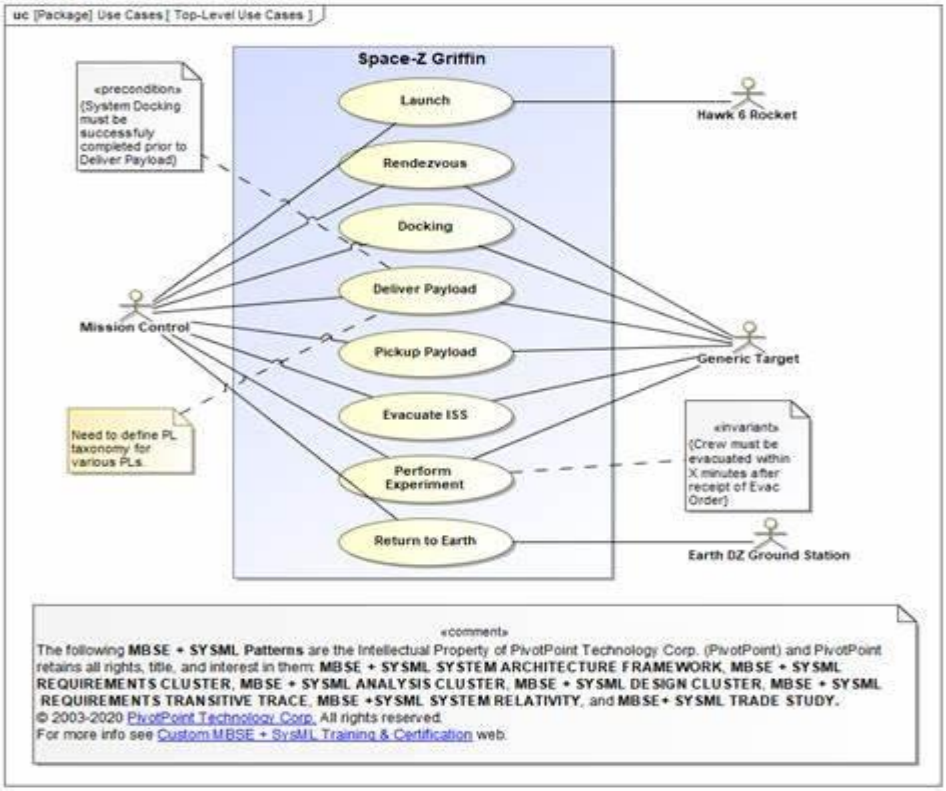


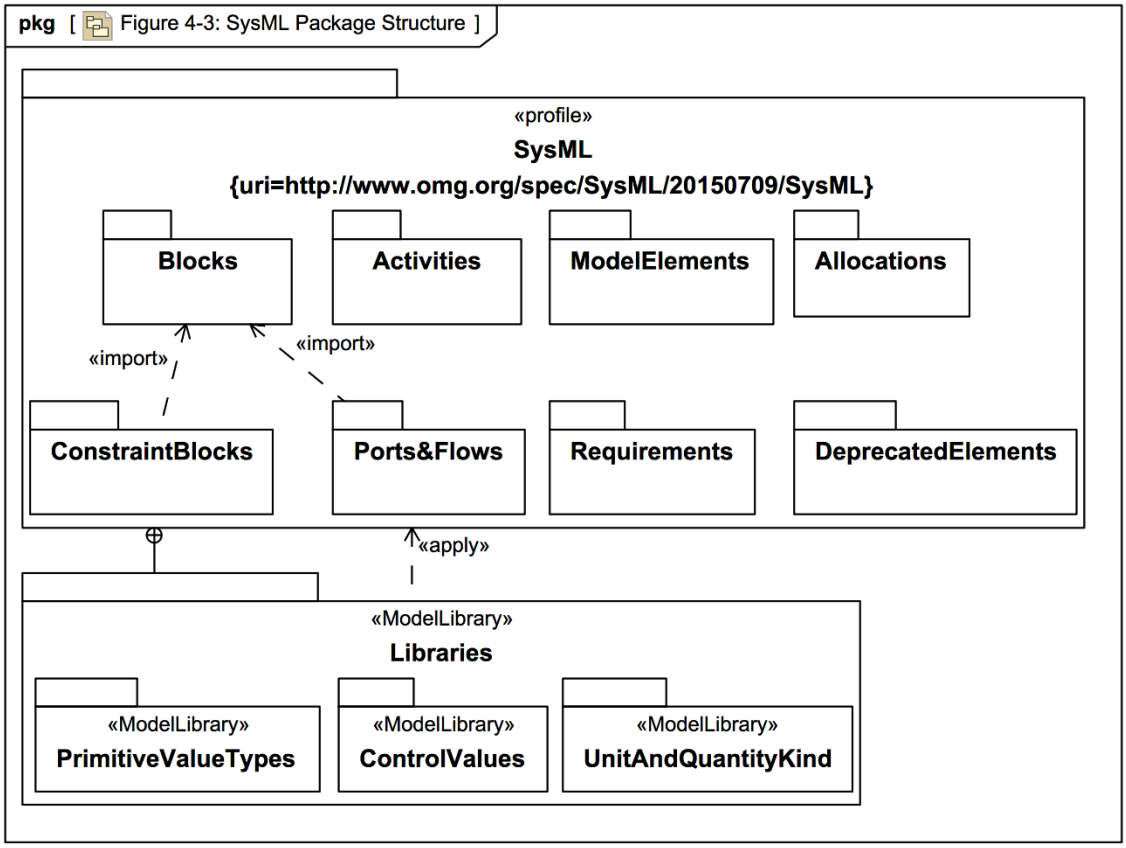


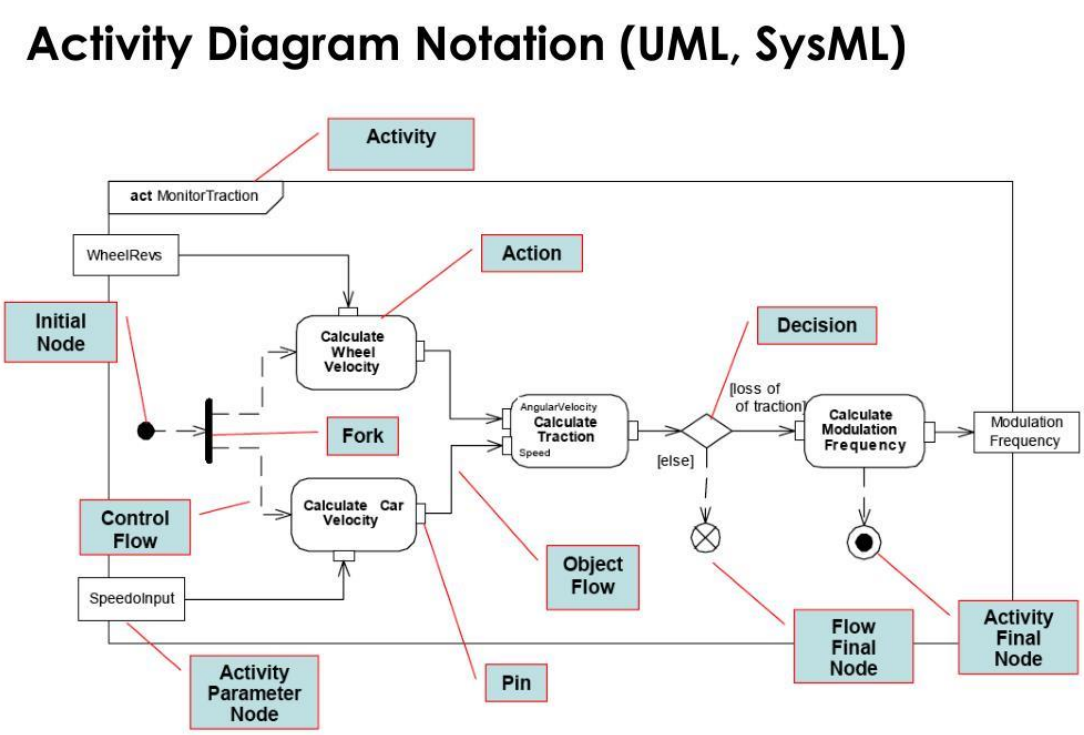


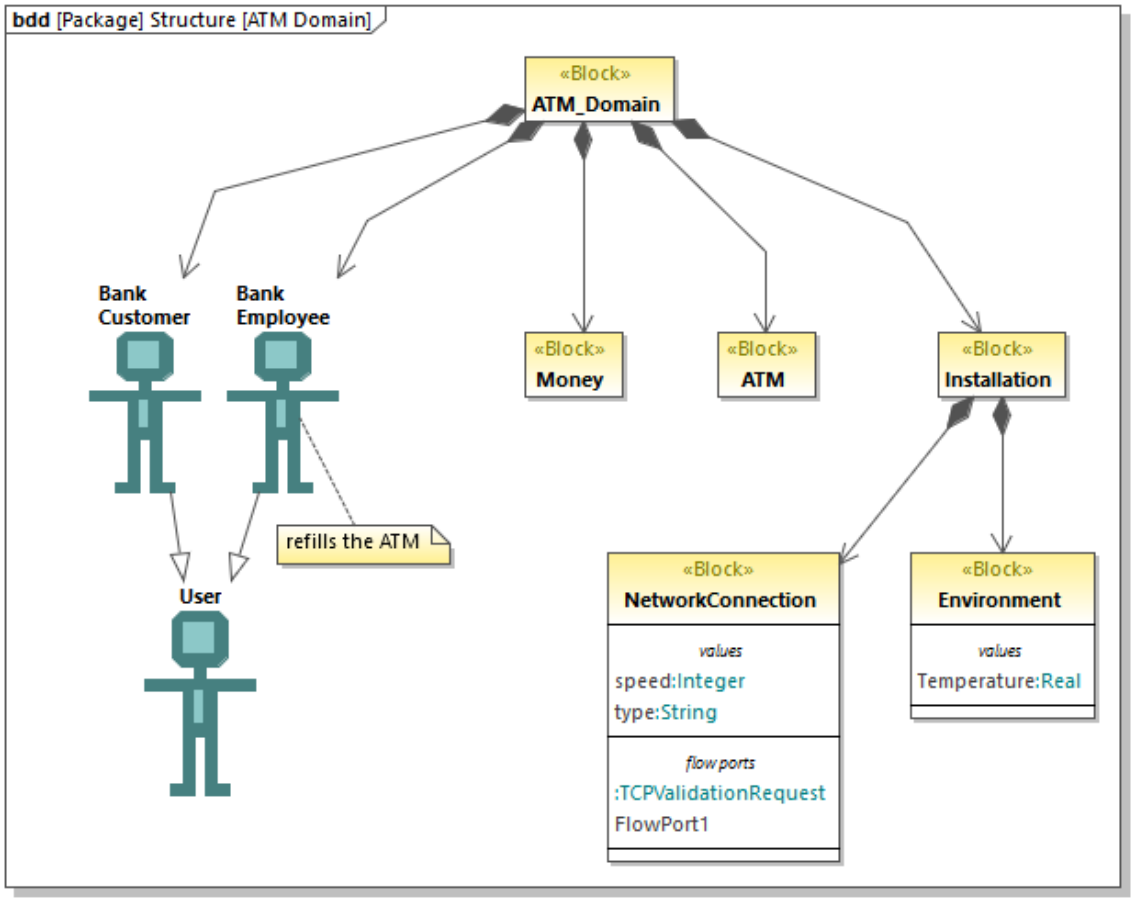
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

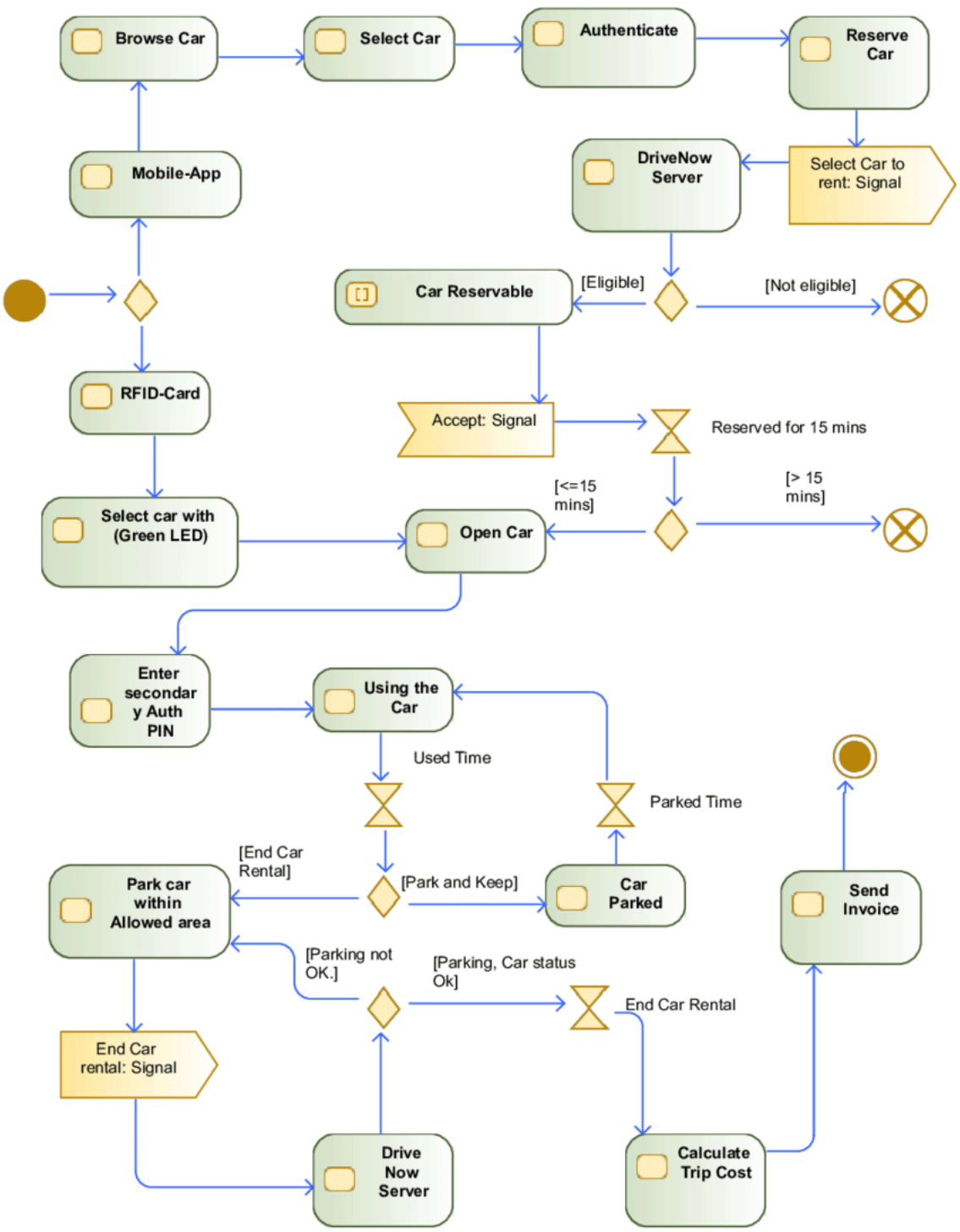
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com


uc [Package] Use Cases [Top-Level Use Cases]
Space-Z Griffin
«precondition»
{System Docking must be successfuly completed prior to Deliver Payload}
Launch
Rendezvous
Docking
Deliver Payload
Pickup Payload
Evacuate ISS
Perform Experiment
Return to Earth
Hawk 6 Rocket
Generic Target
Earth DZ Ground Station
Mission Control
Need to define PL taxonomy for various PLs.
«invariant»
{Crew must be evacuated within X minutes after receipt of Evac Order}
«comment»
The following MBSE + SYSML Patterns are the Intellectual Property of PivotPoint Technology Corp. (PivotPoint) and PivotPoint retains all rights, title, and interest in them: MBSE + SYSML SYSTEM ARCHITECTURE FRAMEWORK, MBSE + SYSML REQUIREMENTS CLUSTER, MBSE + SYSML ANALYSIS CLUSTER, MBSE + SYSML DESIGN CLUSTER, MBSE + SYSML REQUIREMENTS TRANSITIVE TRACE, MBSE +SYSML SYSTEM RELATIVITY, and MBSE+ SYSML TRADE STUDY.
© 2003-2020 PivotPoint Technology Corp. All rights reserved.
For more info see Custom MBSE + SysML Training & Certification web.


pkg [Figure 4-3: SysML Package Structure]
«profile»
SysML
{uri=http://www.omg.org/spec/SysML/20150709/SysML}
Blocks
Activities
ModelElements
Allocations
«import»
«import»
ConstraintBlocks
Ports&Flows
Requirements
DeprecatedElements
«apply»
«ModelLibrary»
Libraries
«ModelLibrary»
PrimitiveValueTypes
«ModelLibrary»
ControlValues
«ModelLibrary»
UnitAndQuantityKind


Activity Diagram Notation (UML, SysML)
Activity
act MonitorTraction
WheelRevs
Action
Initial Node
Calculate Wheel Velocity
Decision
Fork
AngularVelocity
Calculate Traction
Speed
[loss of of traction]
[else]
Calculate Modulation Frequency
Modulation Frequency
Control Flow
Calculate Car Velocity
Object Flow
SpeedoInput
Flow Final Node
Activity Final Node
Activity Parameter Node
Pin
© 2009 Bernd Bruegge
Software Engineering I – WS2009/10
43


bdd [Package] Structure [ATM Domain]
«Block»
ATM_Domain
Bank Customer
Bank Employee
«Block»
Money
«Block»
ATM
«Block»
Installation
refills the ATM
User
«Block»
NetworkConnection
values
speed:Integer
type:String
flow ports
:TCPValidationRequest
FlowPort1
«Block»
Environment
values
Temperature:Real



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Arduino é uma plataforma programável de prototipagem eletrônica (para testes e projetos eletrônicos) de placa única e hardware livre (código aberto), que permite aos usuários criar objetos eletrônicos interativos e independentes, usando o microcontrolador Atmel AVR ou ARM com suporte de entrada/saída embutido, uma linguagem de programação padrão, essencialmente C/C++ (com origem na linguaguem Wiring). Plataforma criada em 2005 na Itália onde o objetivo da plataforma é criar ferramentas acessíveis, com baixo custo, flexíveis, independentes e, de fácil uso por principiantes, amadores e, profissionais, principalmente para pessoas que não tem acesso à controladores sofisticados e ferramentas complexas. Esta plataforma é atualmente fabricada pela companhia italiana Smart Projects e também estadunidense SparkFun Electronics.

Uma típica placa Arduino é composta por um microcontrolador, algumas linhas de E/S digital e analógica, além de uma interface serial ou USB, para interligar-se ao computador/smartphone hospedeiro, usado para programá-la e interagir em tempo real. A interface do hospedeiro é simples, podendo ser escrita em várias linguagens. A mais popular é a Processing, mas outras que podem comunicar-se com a conexão serial são: Max/MSP, Pure Data, SuperCollider, ActionScript e Java.

O microcontrolador do Arduino é programado para produzir sinais elétricos que controlam os sensores e atuadores conectados, que podem realizar várias tarefas, como por exemplo automação residencial (controle de aparelhos). Algumas versões da placa não possui recurso de rede integrado, sendo comum combinar um ou mais Arduinos deste modo, usando extensões chamadas shields.

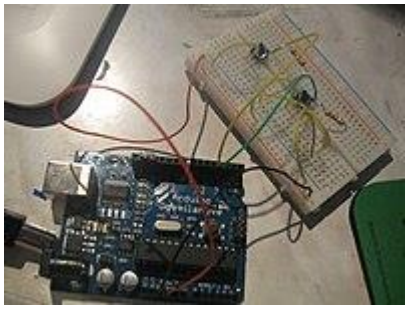
Componentes básicos

A placa Arduino é composta basicamente pelos seguintes componentes:

- Microcontrolador, que realiza o controle das operações e instruções dadas à placa;
- Clock, controlado pelo cristal oscilador, geralmente é de 16 MHz, fornecer um ritmo para as atividades do microcontrolador;
- Módulo de comunicação com um computador, composto por uma entrada USB e um microcontrolador dedicado, uma ponte para upload de um código para o Arduino.
- Conector de alimentação;
- Conectores para sensores, esses fazem ou leitura analógica ou leitura digital.

Hardware

Segue um Arduino conectado a uma protoboard:



A sua placa consiste num microcontrolador Atmel AVR de 8 bits, com componentes complementares para facilitar a programação e incorporação em outros circuitos. Um importante aspecto é a maneira padrão como os conectores são expostos, permitindo o CPU ser interligado a outros módulos expansivos, conhecidos como shields.

A grande maioria de placas inclui um regulador linear de 5 volts e um oscilador de cristal de 16 MHz (podendo haver variantes com um ressonador cerâmico), embora alguns esquemas como o *LilyPad* usem até 8 MHz e dispensem um regulador de tensão embutido, por terem uma forma específica de restrições de fator. Além de ser microcontrolador, o componente também é pré-programado, o que simplifica o carregamento de programas para o chip de memória flash embutido, em comparação com outros aparelhos que geralmente demandam um chip programador externo.

FTDI acoplado num *Arduino NG*

Conceptualmente, quando o seu software é utilizado, ele monta todas as placas sobre uma programação de conexão serial RS-232, mas a forma de implementação no hardware varia em cada versão. As suas placas de serie contêm um simples circuito inversor para converter entre os sinais dos níveis RS-232 e TTL. Atualmente, existem alguns métodos diferentes para realizar a transmissão dos dados, como por placas programáveis via USB, adicionadas através de um chip adaptador *USB-para-Serial,* como o FTDI FT232. Algumas variantes, como o Arduino Mini e o não oficial Boarduino, usam um módulo, cabo adaptador USB, bluetooth ou outros métodos. Nestes casos, são usados com ferramentas microcontroladoras ao invés do Arduino IDE utilizando assim a programação padrão AVR ISP.

A maioria dos pinos de E/S dos microcontroladores são para uso de outros circuitos. A versão *Diecimila*, que substituiu a *Duemilanove*, por exemplo, disponibiliza 14 pinos digitais, 6 das quais podem produzir sinais MLP, além de 6 entradas analógicas.

Estes estão disponíveis em cima da placa, através de conectores fêmeas de 0,1 polegadas (ou 0,25 centímetros).

O modelo *Nano*, *Boarduino* e placas compatíveis com estas, fornecem conectores machos na parte de baixo da placa, para serem conectados em protoboards.

Software

O *Arduino IDE* é uma aplicação multiplataforma escrita em Java derivada dos projetos Processing e Wiring. É esquematizado para introduzir a programação para artistas e para pessoas não familiarizadas com o desenvolvimento de software. Inclui um editor de código com recursos de realce de sintaxe, parênteses correspondentes e identação automática, sendo capaz de compilar e carregar programas para a placa com um único clique. Com isso não há a necessidade de editar Makefiles ou rodar programas em ambientes de linha de comando.

Tendo uma biblioteca chamada "Wiring", ele possui a capacidade de programar em C/C++. Isto permite criar com facilidade muitas operações de entrada e saída, tendo que definir apenas duas funções no pedido para fazer um programa funcional:

- *setup()* – Inserida no início, na qual pode ser usada para inicializar configuração, e
- *loop()* – Chamada para repetir um bloco de comandos ou esperar até que seja desligada.

Habitualmente, o primeiro programa que é executado tem a simples função de piscar um LED. No ambiente de desenvolvimento, o utilizador escreve um programa exemplo como este:

Aplicações

A principal finalidade do Arduino num sistema é facilitar a prototipagem, implementação ou emulação do controle de sistemas interativos, a nível doméstico, comercial ou móvel, da mesma forma que o CLP controla sistemas de funcionamento industriais. Com ele é possível enviar ou receber informações de basicamente qualquer sistema eletrônico, como identificar a aproximação de uma pessoa e variar a intensidade da luz do ambiente conforme a sua chegada. Ou abrir as janelas de um escritório de acordo com a intensidade da luz do sol e temperatura ambiente.

Os campos de atuação para o controle de sistemas são imensos, podendo ter aplicações na área de impressão 3D, robótica, engenharia de transportes, engenharia agronômica, musical, ou até mesmo em ambiente escolar, para o desenvolvimento de experimentos otimizando assim a aprendizagem dos alunos tanto na área de física quanto de química.

Existe um grande número de modelos tanto de Processamento da Placa do Arduíno, quanto de sensores e também de atuadores, ou seja, E/S analógicas e digitais, ou seja, a quantidade de aplicação é enorme.

62) Compra e Aquisição do Motor Lycoming IO-540 (300 Hp):

Lycoming IO-540 é uma família de motores a pistão de seis cilindros refrigerado a ar, do tipo boxer, utilizado em aviões e helicópteros, com um deslocamento de 8.874 cc, produzido pela Lycoming. Este modelo é uma versão de seis cilindros do motor Lycoming O-360 (que possui quatro cilindros).

Normalmente, estes motores produzem de 230 a 350 hp de potência. São instalados em uma grande variedade de tipos de aeronave. Seus maiores concorrentes são o Continental IO-520 e a série IO-550.

Projeto e desenvolvimento

A versão AEIO foi desenvolvida para aeronaves de alto desempenho que realizam manobras acrobáticas. Iniciando em 260 hp, a potência foi aumentada para 300 hp. A família AEIO-540 atingiu resultados excelentes em aeronaves de competição. No caso da VBJ Engenharia utilizamos 2 motores de 300 Hp cada em direções de rotação opostas, totalizando 600 Hp.

Motores aeronáuticos movidos a etanol

Em 1973 e 1979, o mundo sofreu duas grandes crises do petróleo, motivadas por questões políticas. O preço dos combustíveis, até então muito baixo, subiu drasticamente, e o mundo passou a procurar, com mais ênfase, combustíveis alternativos que fossem viáveis economicamente e que pudessem ser obtidos em grande quantidade.

Aeronave Embraer Ipanema, com motor a etanol

O Governo Brasileiro, pressionado pela evasão de divisas, causado pela alta do petróleo, criou o Programa Nacional do Álcool, o Pró Álcool. Os responsáveis técnicos pelo desenvolvimento do motor movido a álcool etílico, etanol, foram os engenheiros José Walter Bautista Vidal e Urbano Ernesto Stumpf. Stumpf era Coronel-Aviador da Força Aérea Brasileira, e começou a desenvolver um motor automotivo movido a etanol dentro do então CTA - Centro Técnico Aeroespacial, em São José dos Campos. Na verdade, desde 1973, quando começou a primeira crise do petróleo, o CTA já pesquisava o uso do etanol em motores de ciclo Otto. O primeiro protótipo do Pró Álcool, um carro Dodge 1800, foi bem-sucedido, e, em 1976, a Fiat já lançava no mercado seu primeiro carro à álcool de produção, um modelo 147.

Tendo nascido dentro da aeronáutica, o motor à etanol demorou para virar realidade dentro da aviação, no entanto. O Pró Álcool teve altos e baixos, e acabou sendo extinto oficialmente no início da década de 1990, mas o etanol continua sendo oferecido no mercado, especialmente para os novos veículos *flex fuel*, que podem usar tanto etanol quanto gasolina, e também é adicionado, por exigência legal, à gasolina automotiva, na proporção de 25 por cento.

Nos motores automotivos, não existe, atualmente, grande vantagem econômica no uso do etanol, e conforme a região do país, o uso da gasolina é mais vantajoso. Entretanto, o etanol é muito menos poluente, e torna os motores normalmente mais potentes, pelo uso de uma maior taxa de compressão nos cilindros.

Os motores aeronáuticos a pistão utilizados na aviação leve, no Brasil, na sua grande maioria são importados, e consomem a cara e altamente poluente gasolina de aviação, popularmente chamada de AVGAS. Em relação ao preço da AVGAS, o preço do etanol é consideravelmente mais vantajoso, e a empresa Embraer, que produz o avião agrícola Ipanema, começou a desenvolver, na sua unidade de Botucatu/SP, um motor movido exclusivamente a etanol para equipar o avião, opcionalmente.

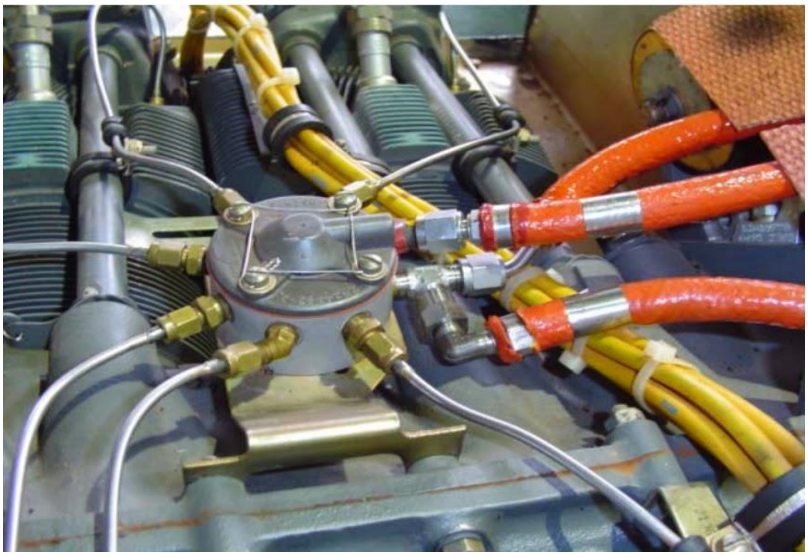
Motor Lycoming IO-540, na sua configuração original, movido a gasolina

O motor do Ipanema, um Lycoming IO-540, foi modificado e certificado para uso exclusivo de etanol. O primeiro teste em voo de um Ipanema movido a etanol ocorreu em outubro de 2002 e, com a certificação, em 2004, o avião passou a ser oferecido no mercado, com sucesso absoluto. Em 2014 mais de 30 por cento da frota de Ipanema é movida a etanol.

O desenvolvimento do motor IO-540 a etanol teve a contribuição de engenheiros tanto da Embraer quanto da Lycoming, e beneficiou-se da experiência de um projeto anterior do CTA, uma adaptação do motor semelhante que seria utilizado nos T-25 Universal da Força Aérea Brasileira, desenvolvido entre 1985 e 1989. Um T-25A, o FAB, voou nessa época com motor IO-540 movido a etanol.

O motor do Ipanema a etanol, denominado IO-540-K1J5D, teve várias modificações em relação ao seu similar movido a AVGAS 100LL:

- Revestimento interno dos cilindros com cromo, para evitar os danos por corrosão causados pelo uso do etanol;
- Revestimento dos componentes metálicos do sistema de combustível com níquel, também para evitar a corrosão;
- A bomba de combustível foi substituída por outra de maior vazão, pois o consumo volumétrico do etanol é maior, devido ao menor poder calorífico em relação à gasolina;
- Os bicos injetores foram substituídos por outros de maior diâmetro;
- Foi incorporado na aeronave um sistema de partida a frio, necessário devido à menor volatilidade do álcool em relação à gasolina;
- Instalação de juntas de vedação, O-rings e diafragmas mais resistentes à corrosão causada pelo uso do etanol;
- As velas de ignição foram substituídas por outras com três eletrodos de platina, mais eficientes;
- A taxa de compressão foi aumentada de 8,7;1 para 9,6:1, já que o álcool tem poder antidetonante muito melhor do que o da AVGAS 100LL;
- O eixo de comando de válvulas foi substituído por outro, para modificar os tempos de abertura e fechamento de válvulas, devido ao tempo de queima diferente entre o etanol e a gasolina.



Válvula distribuidora de combustível de um motor IO-540 a etanol

Além disso, a célula da aeronave também recebeu modificações para o uso do etanol, sendo a principal delas um revestimento anticorrosivo no tanque de combustível.

O motor modificado para o etanol (cada um com 300 Hp, totalizando 600 Hp) tem um consumo horário, a 75 por cento de potência, de 98 l/h. O motor a gasolina equivalente consome 69 l/h. Isso se deve ao menor poder calorífico do etanol, em relação à gasolina: 6500 Kcal/Kg X 11400 Kcal/KG. Em outras palavras, o consumo é maior no motor a etanol, mas mesmo assim, existe grande vantagem econômica, já que o etanol chega a custar a metade do preço da AVGAS.

A vantagem ambiental é evidente: o motor a etanol produz nada menos que quatro vezes menos dióxido de carbono que os motores a gasolina, como pode se ver visto pelo cálculo abaixo:

- Álcool : $C_2H_6O + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$
- Gasolina: $C_8H_{18} + 25/2\ O_2 \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O$

A emissão de outros gases poluentes, como o monóxido de carbono, é também reduzida pela vantagem de se poder usar maiores taxas de compressão, e como a queima do etanol ocorre em temperaturas menores, a produção de óxidos de nitrogênio também é menor. Além disso, a queima do etanol é isenta de metais pesados, enquanto a queima da AVGAS contém venenosos compostos de chumbo.

Com o aumento da taxa de compressão, os motores desenvolvem 15 por cento a mais de potência, 320 HP contra 300 HP do motor original a gasolina.

Na operação agrícola, que se processa a baixa altura e com maior temperatura ambiente, o uso do etanol é vantajoso, devido às menores temperaturas de cabeça de cilindro e de gases de escapamento.

Sistema de partida a frio do Ipanema

No processo de desenvolvimento e certificação do motor a etanol, foi observado que o desgaste dos componentes do motor foi menor do que o observado nos mesmos componentes do motor a gasolina, ainda que houvesse o mito de que a maior corrosão que o etanol provoca traria problemas de manutenção. Estuda-se, em decorrência disso, uma extensão de vida útil de 300 horas de operação, o que reduz consideravelmente o custo de operação da aeronave.

Claro que existem desvantagens: como o motor consome maior volume de combustível, em relação ao motor a gasolina, ou se aceita uma redução da autonomia ou se aceita um maior peso, para levar mais combustível no tanque. A carga útil pode diminuir devido ao peso extra do combustível. É claro que a maior potência disponível do motor pode reduzir essas desvantagens, ao menos em parte.

Painel de instrumentos do Ipanema a etanol

A vantagem econômica do uso do etanol é evidente. Ainda que o consumo do motor a etanol seja maior, pode se estimar que o custo do combustível, por hora voada, esteja entre 60 a 70 por cento do custo da AVGAS por hora voada. O etanol consumido pelo motor aeronáutico é o etanol hidratado automotivo, amplamente disponível no mercado.

Além de fornecer aeronaves novas a etanol, a Embraer oferece um programa de conversão de motores a gasolina usados para etanol. Não custa exatamente barato, mas, considerando as vantagens econômicas do uso do etanol, se um operador agrícola, por exemplo, voar 10 mil horas por ano, a redução do custo operacional dessa operação pode render o suficiente para converter uns 15 aviões para o etanol, ou talvez até mais. O que não se deve fazer, embora seja comum, é converter em campo, ilegalmente, motores a gasolina para o etanol, o que, infelizmente, é muito comum, e também muito perigoso, sob qualquer ponto de vista.

Controles de partida a frio de um Ipanema a etanol

Qual é o futuro do motor a etanol automotivo? Em 2012, a FAA - *Federal Aviation Administration*, dos Estados Unidos, orientou a indústria a oferecer um combustível isento de chumbo dentro de 11 anos, ou menos, o que condena o uso da atual AVGAS. A indústria americana, a maior do mundo, estuda a introdução de novos motores ciclo Diesel, em resposta a isso, mas o uso do etanol pode ser interessante nesse momento, até porque milhares de motores atualmente em uso precisarão de combustível, mesmo se a velha AVGAS for proibida. Custaria muito menos, e seria mais viável, converter motores atuais para etanol do que os substituir por novos motores a diesel.

No Brasil, existem ainda programas de desenvolvimento de motores *flex* de aviação, que poderiam consumir etanol, avgas ou até gasolina automotiva. Vejam o artigo nesse blog a esse respeito:

http://culturaaeronautica.blogspot.com.br/2010/02/o-aero-boero-flex-do-dcta.html

A conversão do motor a gasolina para motor *flex* é muito mais complexa, pois envolve a eliminação de magnetos, carburação ou injeção mecânica para um sistema eletrônico muito mais sofisticado, mas já existente no mercado para praticamente todos os motores automotivos atuais. É uma grande evolução, mas isso depende ainda, basicamente, de investimentos e questões de certificação dos motores.

Também é possível utilizar o etanol em motores a reação. Pesquisas estão sendo feitas nesse sentido, mas tal desenvolvimento está bem atrasado em relação ao dos motores a pistão, e não se sabe ainda se será conveniente, do ponto de vista econômico.

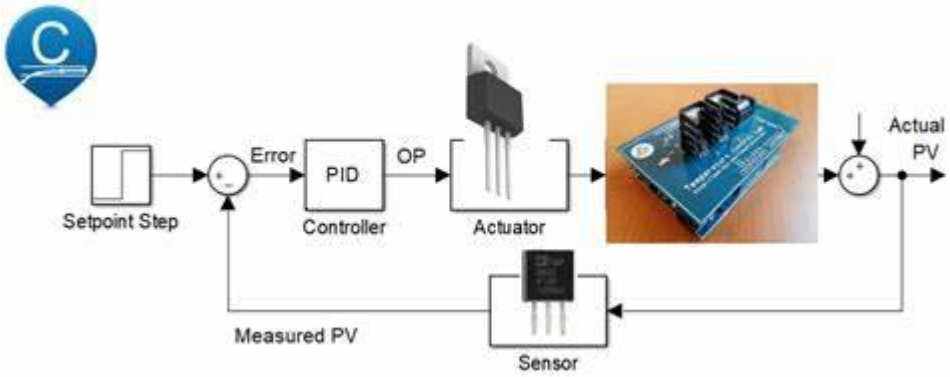
63) Compra e Aquisição dos Servo Motores para controle de inclinação:

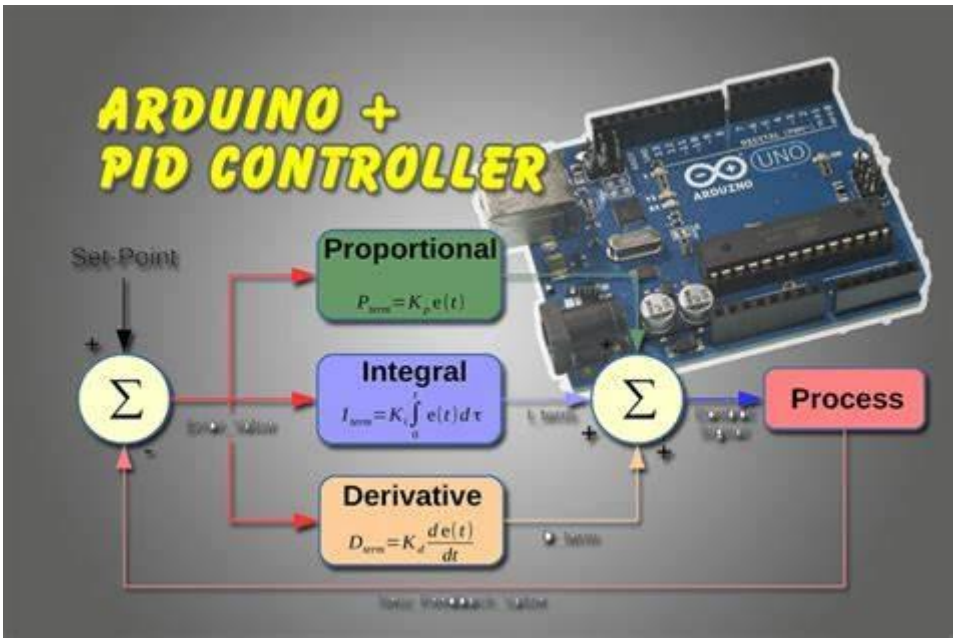
O controle de inclinação nas direções x e y são fundamentais para a segurança de voo das aeronaves eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car.

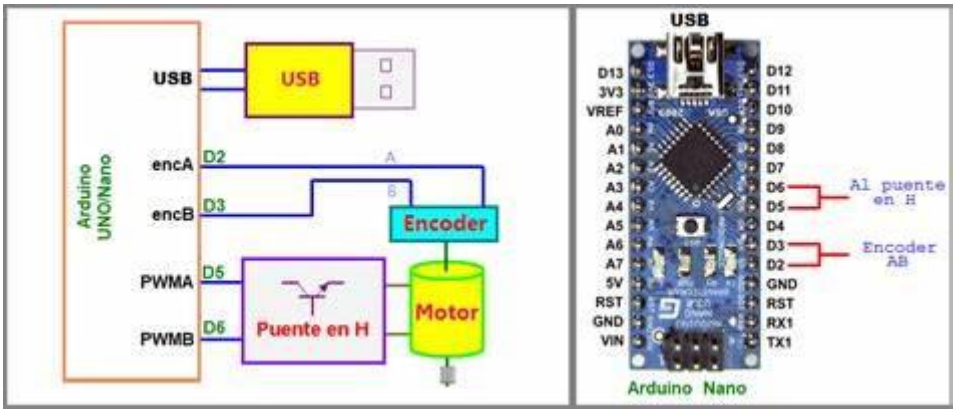
Para exercer este controle de inclinação a VBJ Engenharia utiliza um inclinômetro e um controle de PID (Proporcional, Integral e Derivativo) do Arduino. Este controle de PID exerce uma retroalimentação em malha fechada de maneira que com a inclinação desejada igual a zero, a inclinação real opera em torno de zero.

O controle de PID utiliza dois servomotores na direção x e outros dois servomotores na direção y de forma que o sistema se mantenha equilibrado com inclinação próxima a zero o tempo todo.

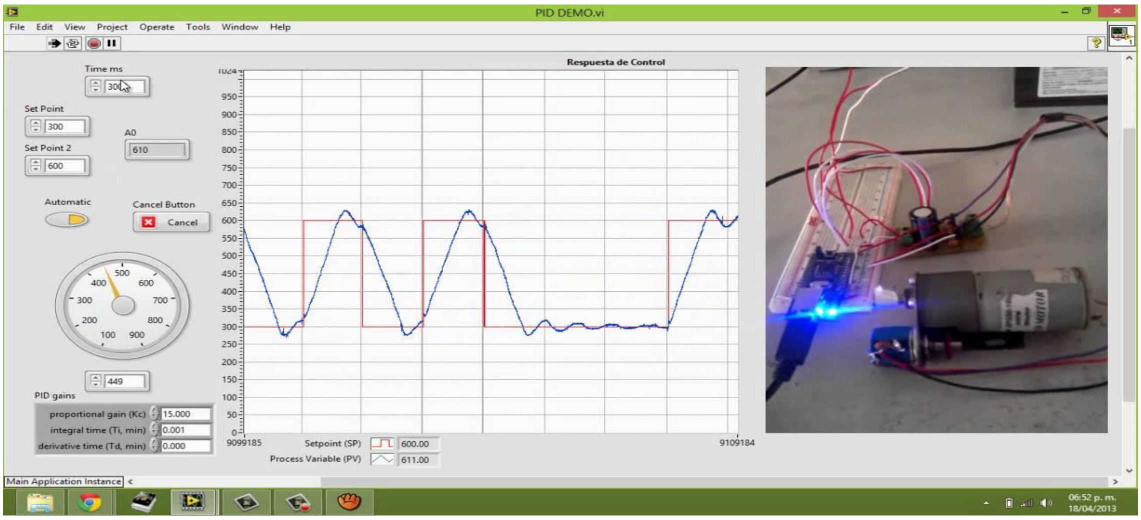
A utilização do Arduino, permite que se faça a leitura da inclinação real, calcula-se o erro de inclinação próxima a zero, multiplica-se o erro pelos controles PID e define-se o raio a ser imposto pelos servos motores. Estes servos motores geram uma correção da inclinação impondo o ângulo de inclinação próximo a zero. A inclinação é corrigida utilizando-se de um eixo fuso que define o valor do raio sobre o qual a massa vezes a aceleração da gravidade (m*g) corrigem o ângulo de inclinação com valor próximo a zero.

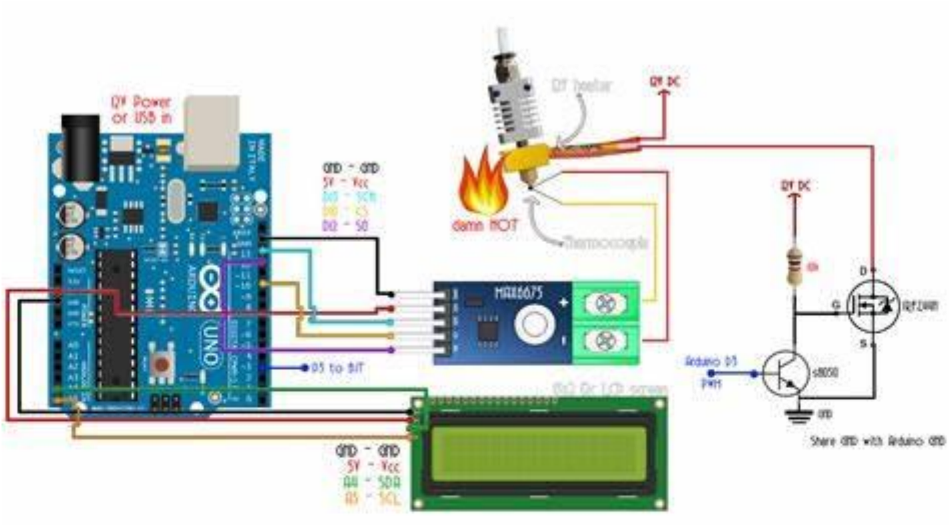


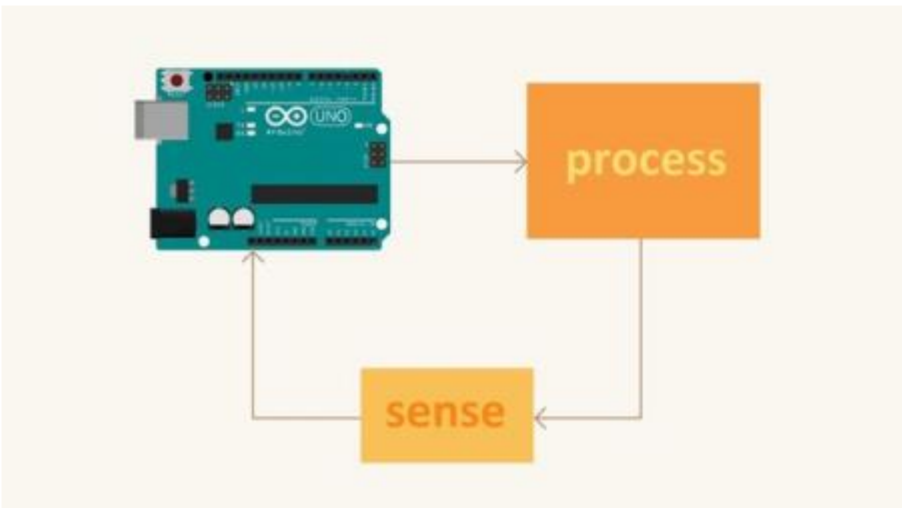


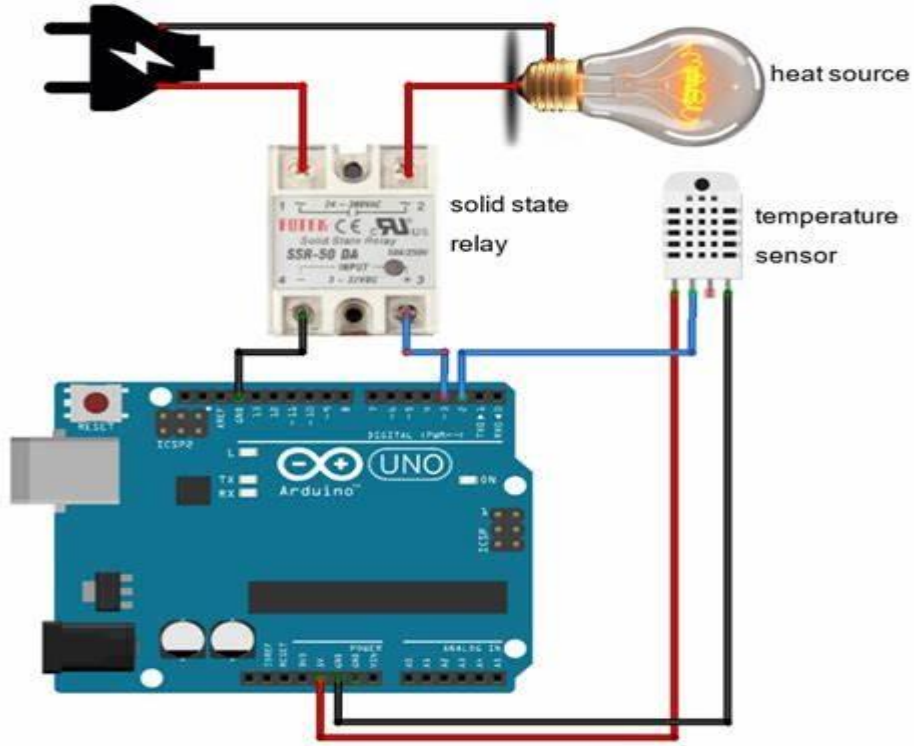


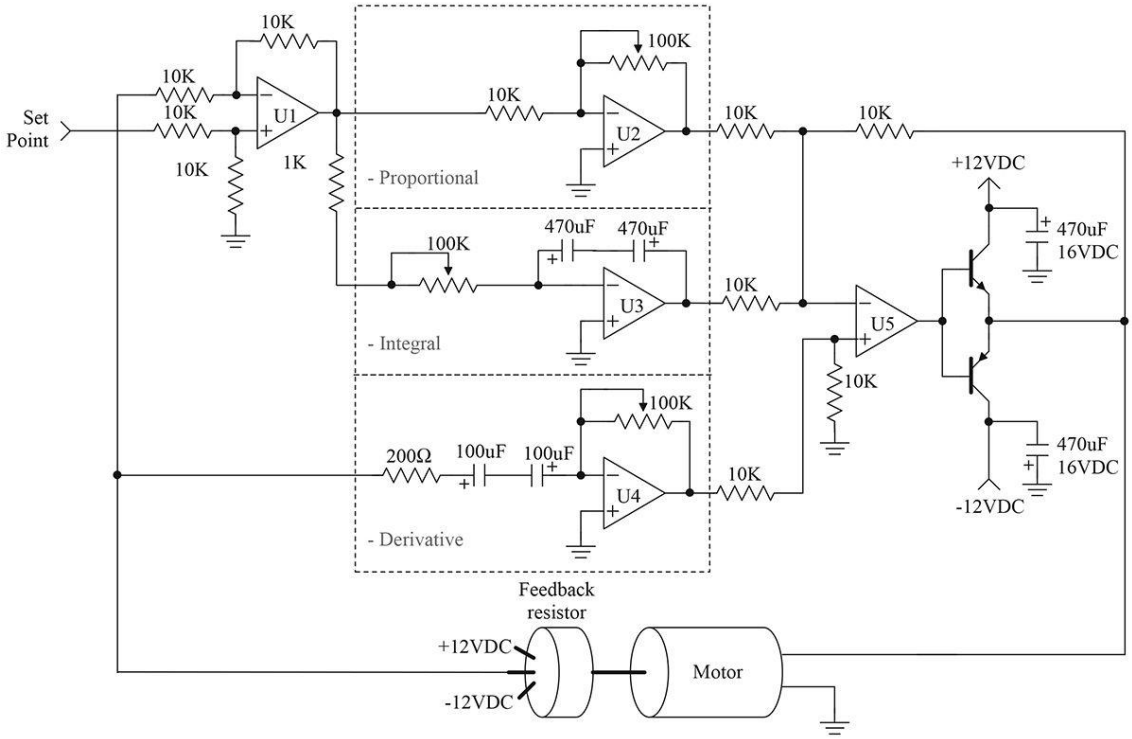
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com


PID DEMO.vi
Respuesta de Control
Set Point
Set Point 2
Automatic
Cancel Button
PID gains
proportional gain (Kc)
integral time (Ti, min)
derivative time (Td, min)
Setpoint (SP)
Process Variable (PV)

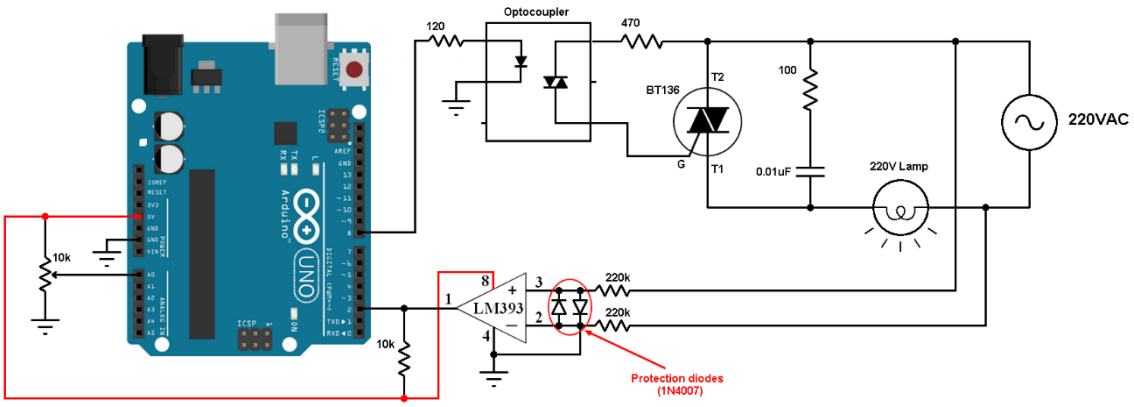

damn HOT
MAX6675

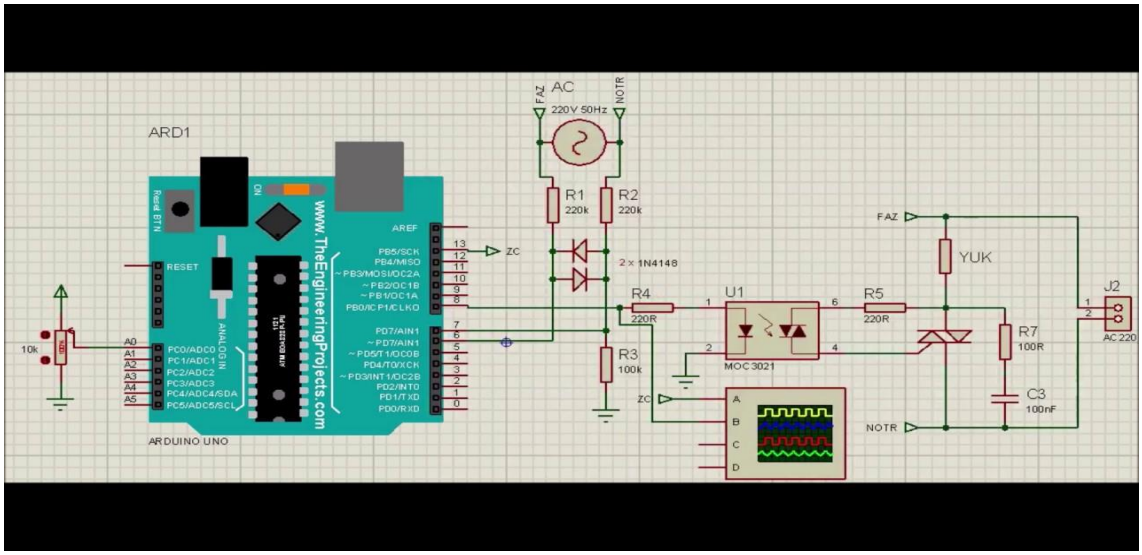

process
sense

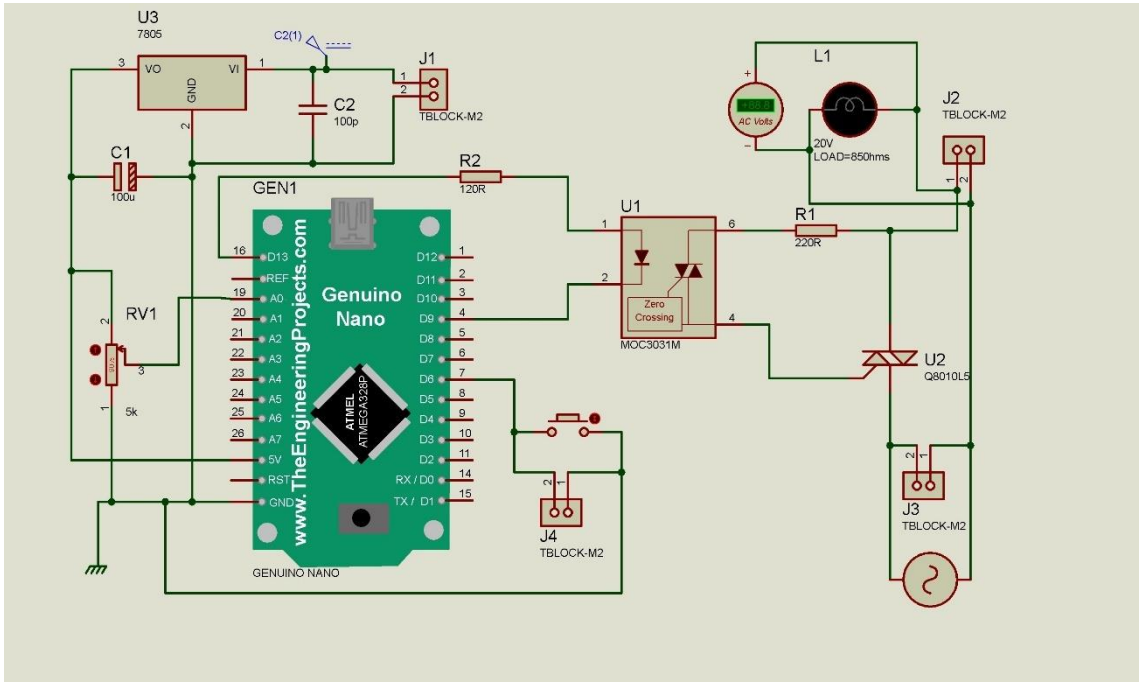




VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



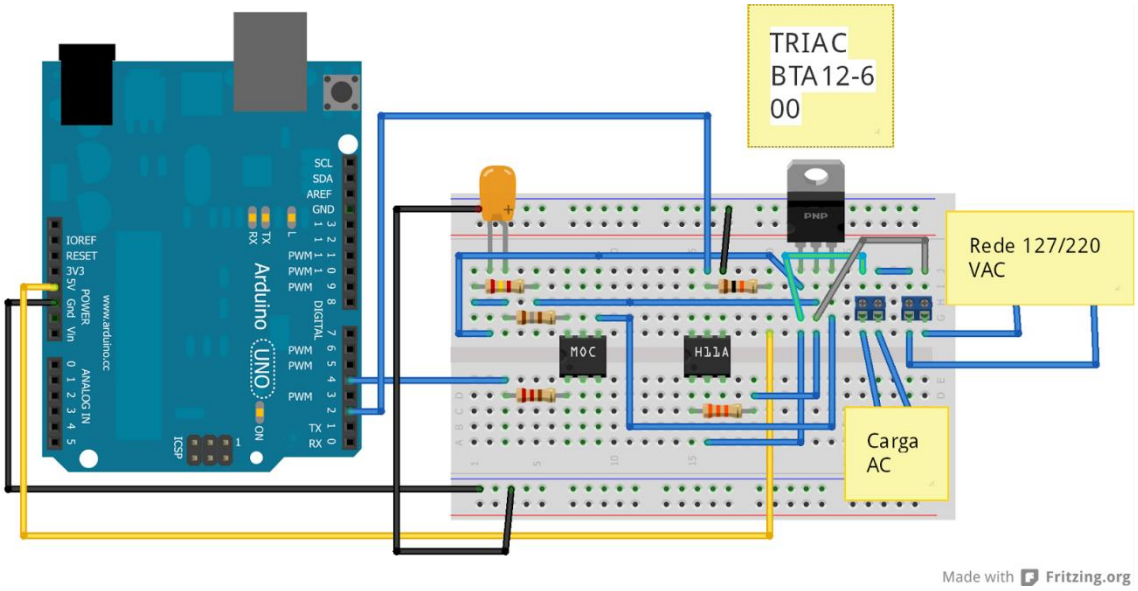


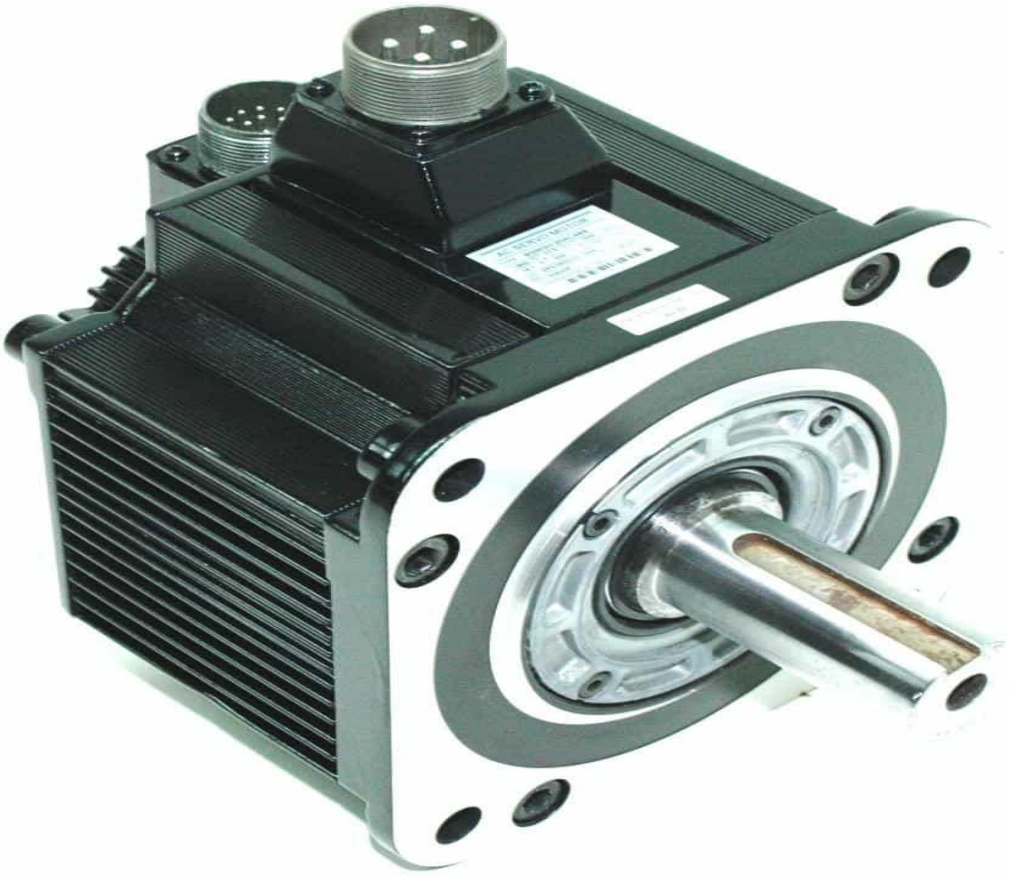


VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

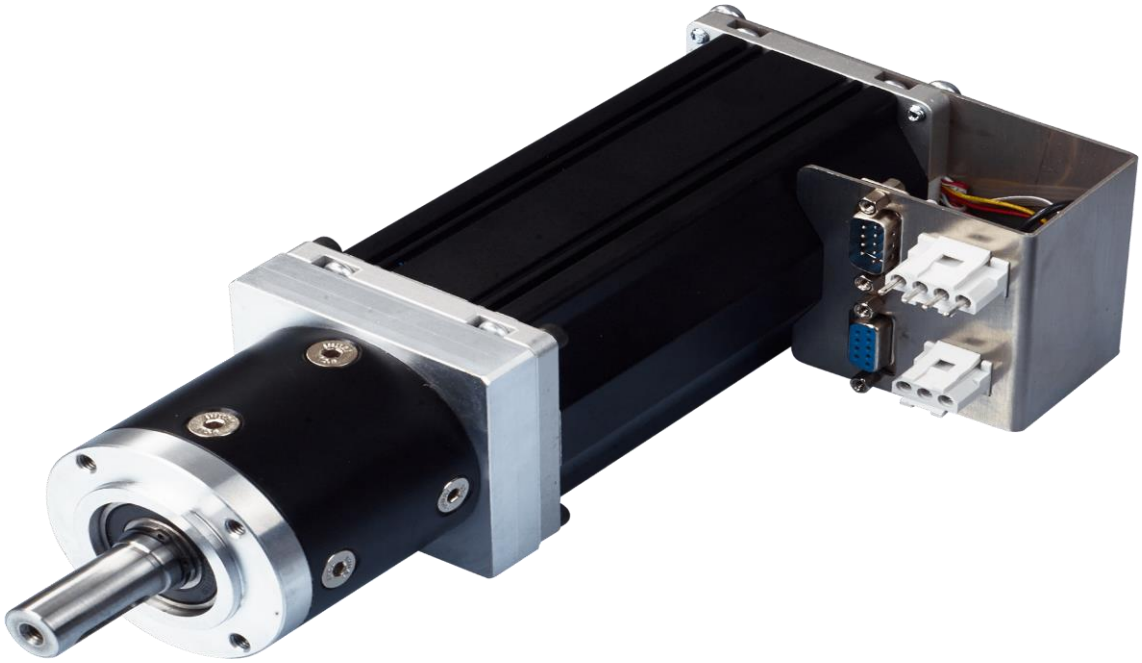
Ou seja, a utilização do Arduino pode substituir o circuito de PID eletrônico e utilizar e projetar o PID em software para alimentar e definir o raio e a posição do eixo fuso dos servos motores.

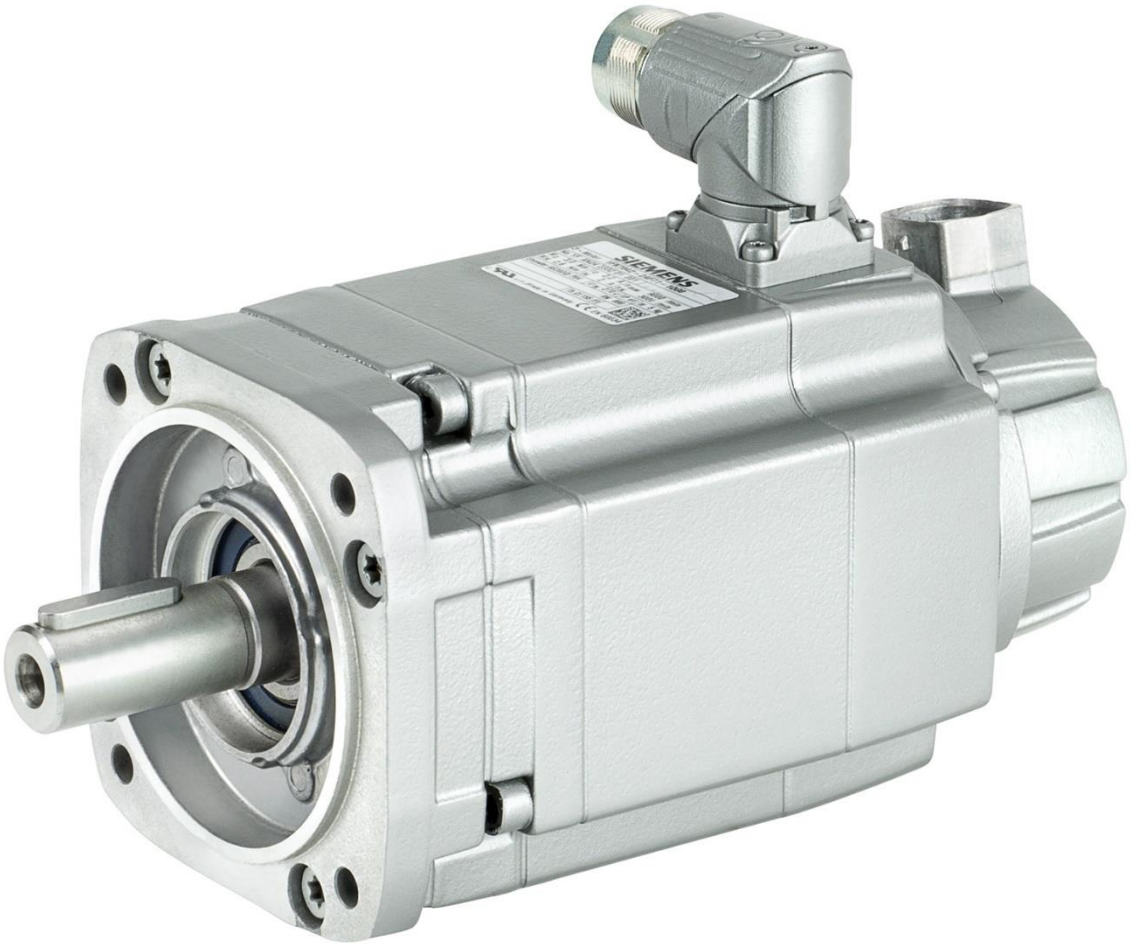




VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

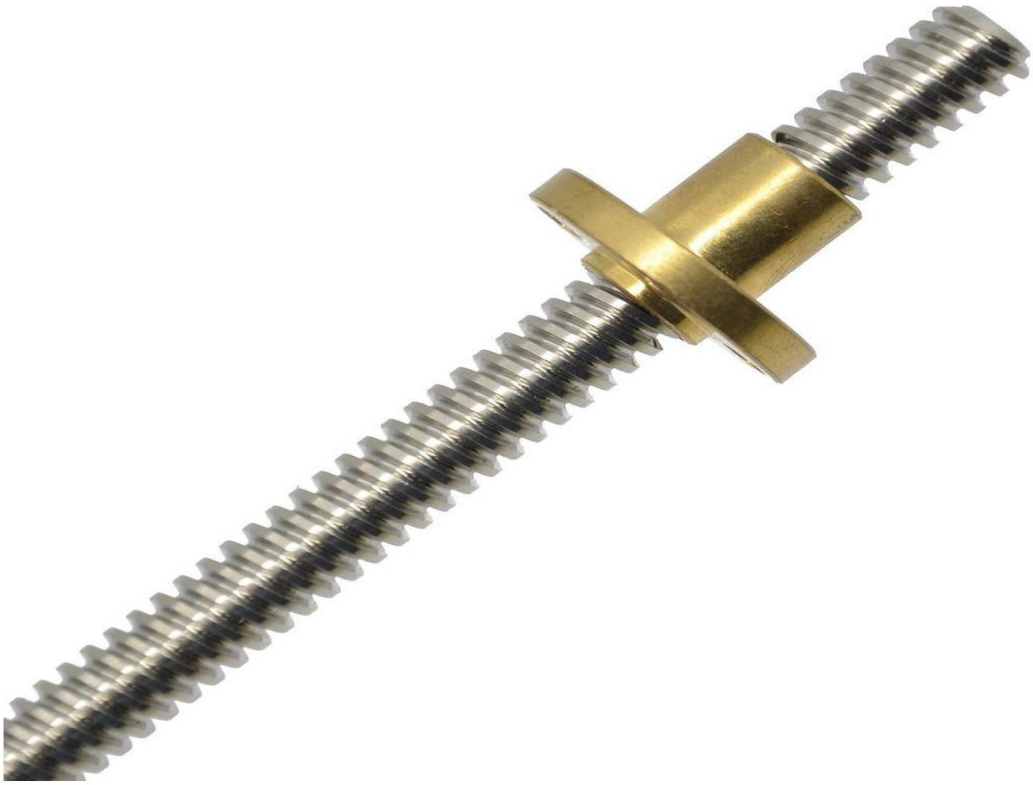
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

64) Montagem do Sistema de Controle de Inclinação no eixo x:

O Sistema de Controle de inclinação no eixo x tem duas opções: Pode ser baseado no Modelo de Malha Fechada usando circuito eletrônico ou uma montagem mecânica ambos dedicados com amplificação PID (Kp, Ki e Kd) ou pode ser montado com PID por software usando o Arduino.

Em ambos os casos há a necessidade de se utilizar um sensor de inclinação (inclinômetro) que se comporta de acordo com o sensor H da função de transferência do eixo x.

Teta = K*G/(1 + H*K*G)

Teta = ângulo de inclinação

Teta = 0

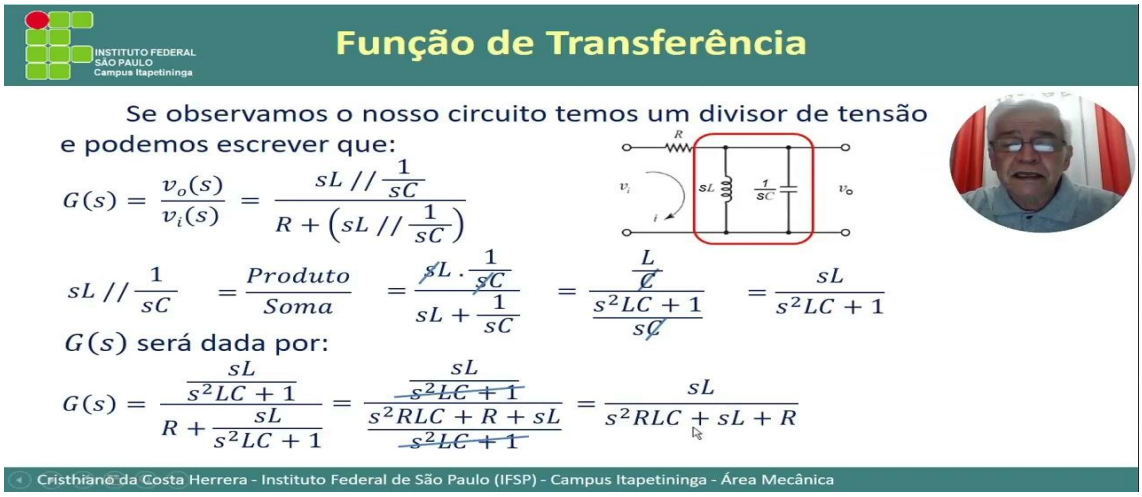
K = Constante de Amplificação PID (Proporcional, Integral e Derivativo)

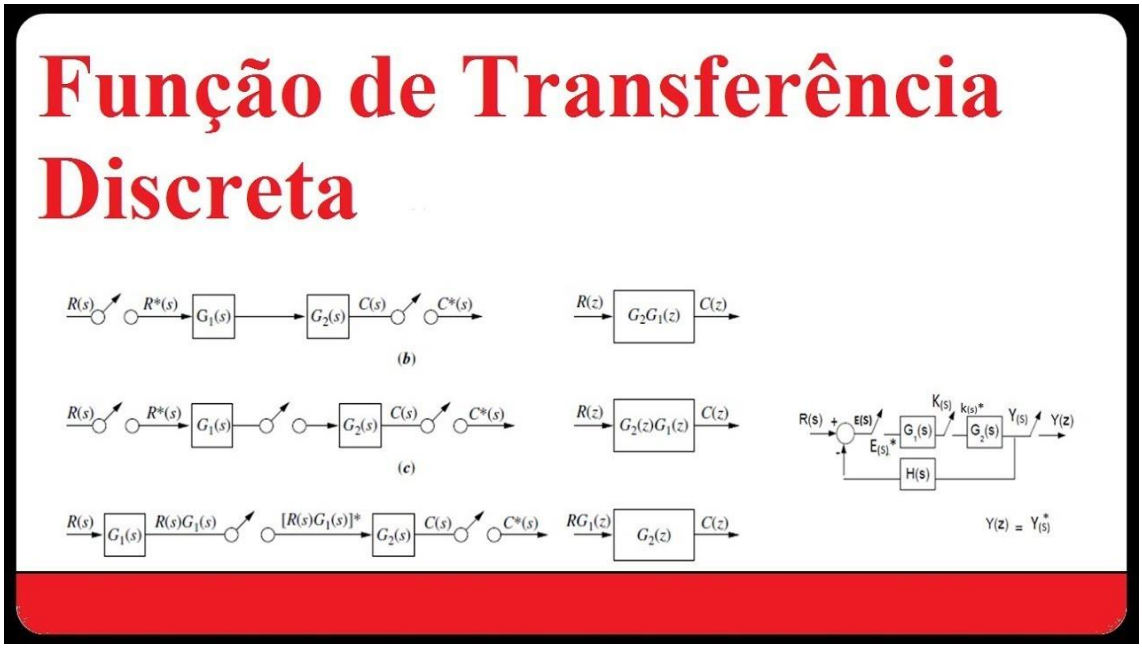
G = Planta de Torque e geração de Teta

H = Constante de Amplificação do Sensor Teta.

Ou seja, ou se utiliza um controle PID em malha fechada eletrônico ou mecânico, nos dois casos dedicados, ou se utiliza um controle PID por software também em malha fechada; em todos os casos, utiliza-se um sensor de inclinação (inclinômetro) na direção x.

O sistema funciona como um pêndulo invertido gerando a estabilidade angular em torno de zero.





Representação da Função de Transferência

Sistemas Lineares Invariantes no Tempo (SLIT) podem ser representados por equações diferenciais ordinárias lineares da seguinte forma

$$a_n \frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \ldots + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = b_m \frac{d^m u}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} u}{dt^{m-1}} + \ldots + b_1 \frac{du}{dt} + b_0 u \quad (1)$$

ou ainda pela função de transferência associada:

$$G(s) = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \ldots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \ldots + a_1 s + a_0} \quad (2)$$

2 / 11

Seja um sistema modelado pela seguinte equação diferencial:

$$\frac{d^3y(t)}{dt^3} + 5\frac{d^2y(t)}{dt^2} + 3\frac{dy(t)}{dt} + y(t) = 2\frac{dx(t)}{dt} + 4x(t)$$

Aplicando-se a transformada de Laplace, temos:

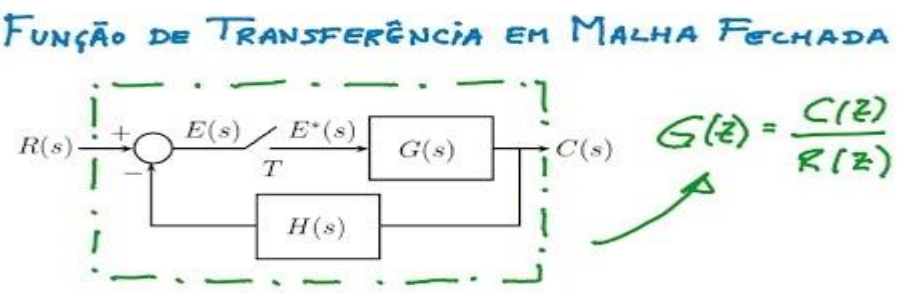
$$s^3Y(s) + 5s^2Y(s) + 3sY(s) + Y(s) = 2sX(s) + 4X(s)$$

Isolando-se a relação saída/entrada, Y(s)/X(s), fica:

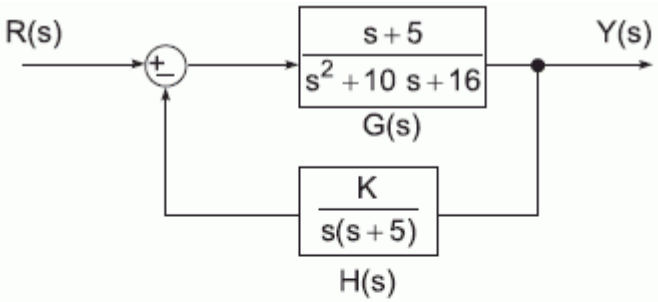
$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{2s+4}{s^3+5s^2+3s+1}$$

Função de Transferência

[redacted]



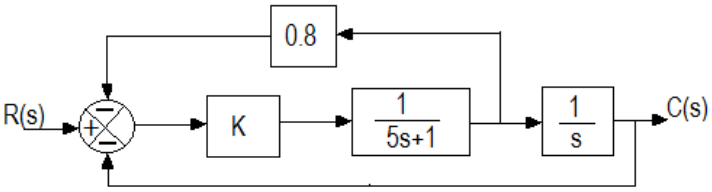
[redacted]



A figura acima mostra uma estrutura de controle em malha fechada, onde G(s) corresponde a uma planta que se deseja controlar com uma realimentação de saída através de um compensador H(s).

Com base no diagrama, a função de transferência de malha fechada é

estudegratis.com.br



I) $\frac{1}{5.s^2+1+0.8K.s+K}$

II) $\frac{K}{5.s^2+1+0.8K.s+K}$

III) $\frac{K}{5.s^2+(1+0.8K).s+K}$

IV) $\frac{K}{s^2+(1+0.8K).s+5K}$

V) $\frac{1}{5.s^2+(1+0.8K).s+K}$

Correlação entre variáveis de estado e função de transferência

O diagrama de bloco para o exemplo 1 se mostra na Fig. 4.

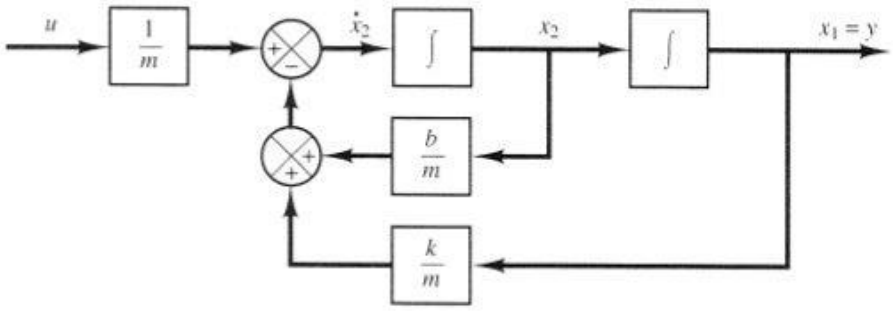
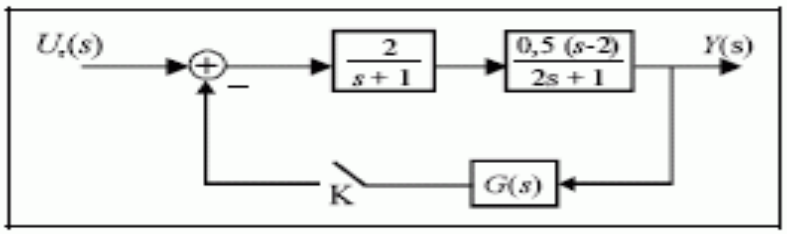
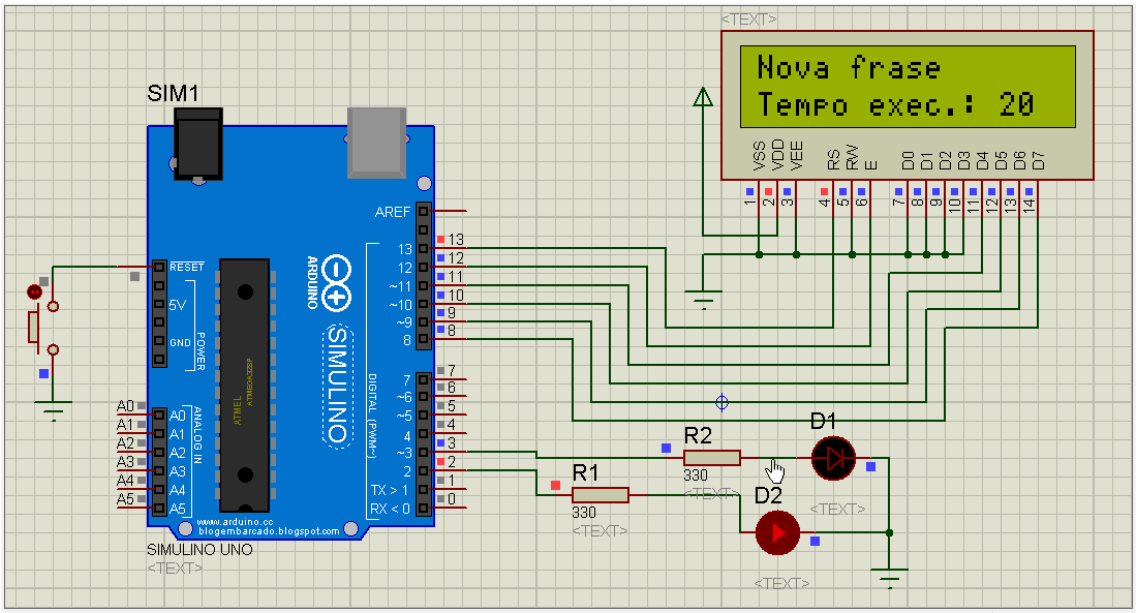


Fig. 4

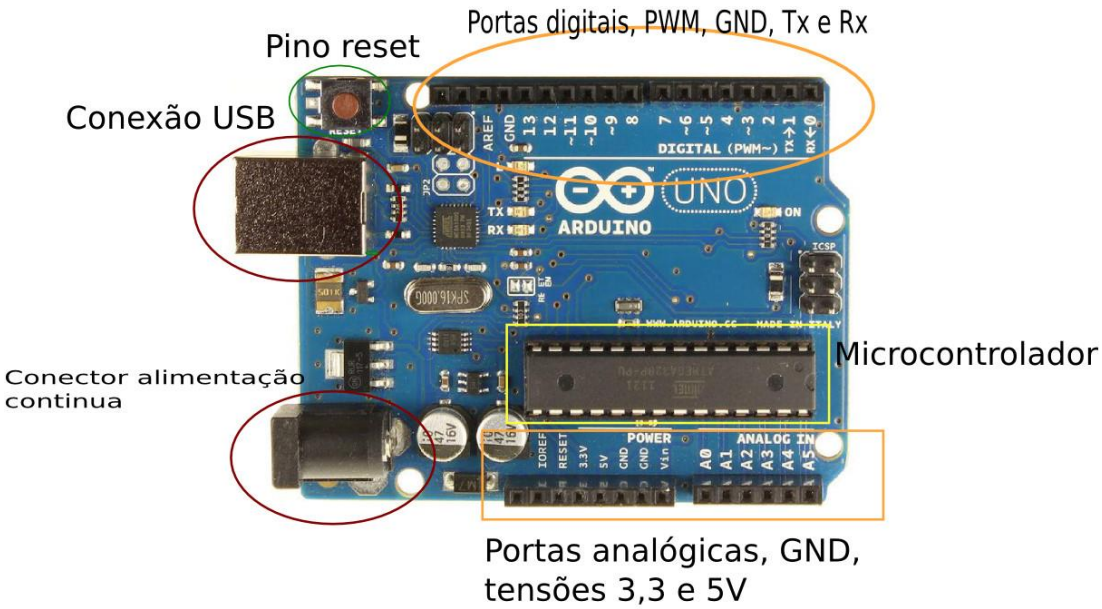
estudegratis.com.br

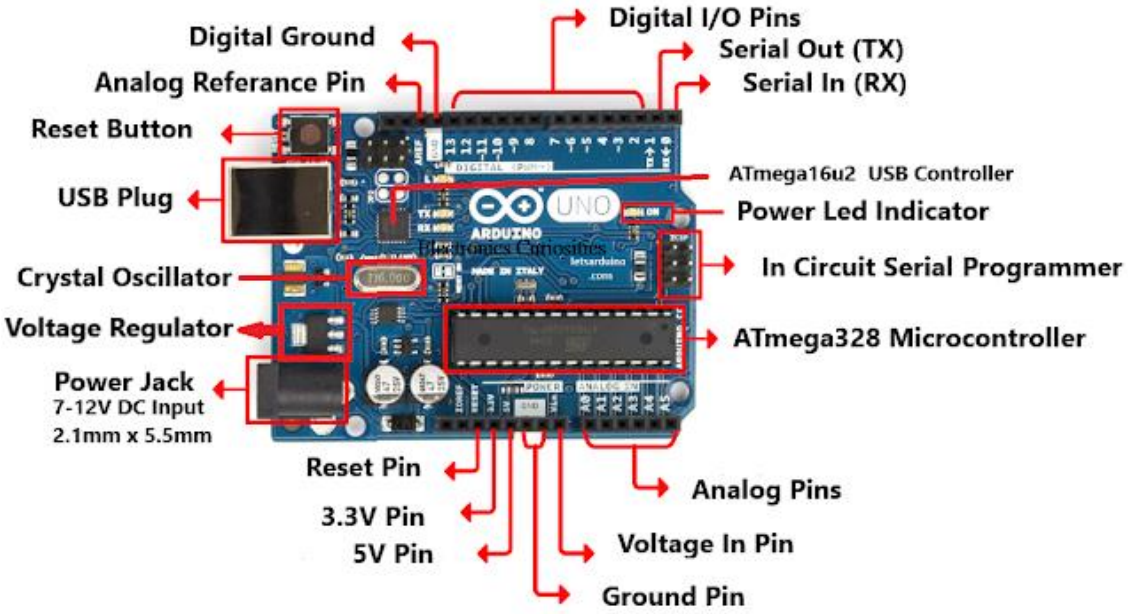


O diagrama de blocos mostrado na figura acima representa um processo, o qual pode ser considerado um sistema dinâmico linear contínuo em malha-aberta, quando a chave K está na posição aberta. O sinal de saída $Y(s)$ do processo é controlado por um sinal de referência $U_r(s)$. O sinal de saída pode ser realimentado mediante a inserção da malha de realimentação $G(s)$, que quando ligada origina um sistema em malha-fechada. Acerca dessas informações e considerando que s, em todas as expressões, é o operador da transformada de Laplace, julgue os itens subseqüentes.



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com


Portas digitais, PWM, GND, Tx e Rx
Pino reset
Conexão USB
Microcontrolador
Conector alimentação
continua
Portas analógicas, GND,
tensões 3,3 e 5V


Digital Ground
Digital I/O Pins
Serial Out (TX)
Analog Referance Pin
Serial In (RX)
Reset Button
ATmega16u2 USB Controller
USB Plug
Power Led Indicator
In Circuit Serial Programmer
Crystal Oscillator
Voltage Regulator
ATmega328 Microcontroller
Power Jack
7-12V DC Input
2.1mm x 5.5mm
Reset Pin
Analog Pins
3.3V Pin
Voltage In Pin
5V Pin
Ground Pin

65) Montagem do Sistema de Controle de Inclinação no eixo y:

O Sistema de Controle de Inclinação no eixo y é semelhante ao sistema de Controle de Inclinação no eixo x.

O Sistema de Controle de Inclinação no eixo y tem duas opções: Pode ser baseado no Modelo de Malha Fechada usando circuito eletrônico ou uma montagem mecânica ambos dedicados com amplificação PID (Kp, Ki e Kd) ou pode ser montado com PID por software usando o Arduino.

Em ambos os casos há a necessidade de se utilizar um sensor de inclinação (inclinômetro) que se comporta de acordo com o sensor H da função de transferência do eixo y.

Teta = K*G/(1 + H*K*G)

Teta = ângulo de inclinação

Teta = 0

K = Constante de Amplificação PID (Proporcional, Integral e Derivativo)

G = Planta de Torque e geração de Teta

H = Constante de Amplificação do Sensor Teta.

Ou seja, ou se utiliza um controle PID em malha fechada eletrônico ou mecânico, nos dois casos dedicados, ou se utiliza um controle PID por software também em malha fechada; em todos os casos, utiliza-se um sensor de inclinação (inclinômetro) na direção y.

Semelhante ao controle de inclinação no eixo x, o sistema de inclinação no eixo y funciona como um pêndulo invertido gerando também a estabilidade angular em torno de zero.

A seguir segue as relações entre tempo, transformada de Laplace e transformada Z:

Transformada de Laplace

$$y(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{s(t-\tau)} \cdot h(\tau) d\tau$$

- Simplificando:

$$y(t) = e^{st} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-s\tau} \cdot h(\tau) d\tau \qquad H(s) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(\tau) \cdot e^{-s\tau} d\tau$$

$$y(t) = e^{st} \cdot H(s)$$

Transformada inversa de Laplace

$$F(s) = \frac{s^3 - 4s^2 + 4}{s^2(s-2)(s-1)}$$

$$= \frac{A}{s^2} + \frac{B}{s} + \frac{C}{s-2} + \frac{D}{s-1}$$

$$= 2\left[\frac{1}{s^2}\right] + 3\left[\frac{1}{s}\right] - \left[\frac{1}{s-2}\right] - \left[\frac{1}{s-1}\right]$$

Transformada inversa de Laplace

$$f(t) = 2t + 3 - e^{2t} - e^{t}$$

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

Transformada Z inversa

$$x[n] = F^{-1}\left\{X\left(re^{j\omega}\right)\right\} \cdot r^n$$

$$x[n] = r^n \frac{1}{2\pi}\int_{2\pi} X\left(re^{j\omega}\right) \cdot e^{j\omega n} d\omega$$

$$z = r \cdot e^{j\omega}$$

$$dz = jr \cdot e^{j\omega} d\omega = jz \cdot d\omega$$

$$x[n] = \frac{1}{2\pi\, j}\oint X(Z) \cdot z^{n-1} dz$$

Se acuerdan del teorema de los residuos???

Transformada Z

#UniquindíoAcreditada

- Transformada Directa

$$H(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h[n]\, z^{-n}$$

- Transformada Inversa

$$h[n] = \frac{1}{2\pi j}\oint H(z) z^{n-1} dz$$

uniquindío
PERTINENTE CREATIVA INTEGRADORA
www.uniquindio.edu.co

Tabla de transformadas z más comúnmente usadas.

Transformada de Laplace $E(s)$	Función tiempo $e(t)$	Transformada z $E(z)$
$\frac{1}{s}$	$u(t)$	$\frac{z}{z-1}$
$\frac{1}{s^2}$	t	$\frac{Tz}{(z-1)^2}$
$\frac{1}{s+a}$	ϵ^{-at}	$\frac{z}{z-\epsilon^{-aT}}$
$\frac{a}{s(s+a)}$	$1-\epsilon^{-at}$	$\frac{z(1-\epsilon^{-aT})}{(z-1)(z-\epsilon^{-aT})}$
$\frac{1}{(s+a)^2}$	$t\epsilon^{-at}$	$\frac{Tz\epsilon^{-aT}}{(z-\epsilon^{-aT})^2}$
$\frac{a}{s^2(s+a)}$	$t-\frac{1-\epsilon^{-at}}{a}$	$\frac{Tz}{(z-1)^2}-\frac{(1-\epsilon^{-aT})z}{a(z-1)(z-\epsilon^{-aT})}$
$\frac{a}{s^2+a^2}$	sen (at)	$\frac{z \text{ sen } (aT)}{z^2-2z\cos(aT)+1}$
$\frac{s}{s^2+a^2}$	cos (at)	$\frac{z(z-\cos(aT))}{z^2-2z\cos aT+1}$
$\frac{1}{(s+a)^2+b^2}$	$\frac{1}{b}\epsilon^{-at}$ sen bT	$\frac{1}{b}\left[\frac{z\epsilon^{-aT}\text{ sen } bt}{z^2-2z\epsilon^{-aT}\cos(bT)+\epsilon^{-2aT}}\right]$
$\frac{s+a}{(s+a)^2+b^2}$	$\epsilon^{-at}\cos bt$	$\frac{z^2-z\epsilon^{-aT}\cos bT}{z^2-2z\epsilon^{-aT}\cos bT+\epsilon^{-2aT}}$

Exemplo de Solução via Transformada Z

- **Problema:** Dado que $y(0)=1$. Considere a equação diferença

$$y(n+1)+2y(n)=u(n).$$

- **Solução:** Aplicando a transformada Z dos dois lados:

$$zY(z)+2Y(z)=U(z)$$

  - Direito = $U(z)=\sum_{n=0}^{\infty}1z^{-n}=\frac{1}{1-z^{-1}}=\frac{z}{z-1}$
  - Esquerdo = $zY(z)+2Y(z)=Y(z)(z+2)$
  - Resolvendo: $Y(z)=\frac{z}{(z-1)(z+2)}=\frac{z^{-1}}{(1-z^{-1})(1+2z^{-1})}$

    (pela expansão em frações parciais)

  - Transformada Z inversa $Y(z)=\frac{1}{3}\frac{1}{1-z^{-1}}-\frac{1}{3}\frac{1}{1+2z^{-1}}$

$$y(n)=\frac{1}{3}u(n)-\frac{1}{3}(-2)^n u(n)$$

32

$\frac{1}{s^{n+1}}$	$\frac{t^n}{n!}$	$\lim_{\alpha \to 0} \frac{(-1)^n}{n!} \frac{\partial^n}{\partial \alpha^n} \left[\frac{z}{z - e^{-\alpha T}} \right]$
$\frac{1}{s + \alpha}$	$e^{-\alpha t}$	$\frac{z}{z - e^{-\alpha T}}$
$\frac{1}{(s + \alpha)^2}$	$te^{-\alpha t}$	$\frac{Tze^{-\alpha T}}{(z - e^{-\alpha T})^2}$
$\frac{\alpha}{s(s + \alpha)}$	$1 - e^{-\alpha t}$	$\frac{(1 - e^{-\alpha T})z}{(z - 1)(z - e^{-\alpha T})}$
$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$	$\sin \omega t$	$\frac{z \sin \omega T}{z^2 - 2z \cos \omega T + 1}$

F(s)	f(t)
$\frac{1}{(s-a)^n}$, Se n é um número inteiro	$\frac{t^{n-1} e^{at}}{(n-1)!}$
$\frac{1}{s^2+a^2}$	$\frac{\sin(at)}{a}$
$\frac{1}{(s-b)^2+a^2}$	$\frac{e^{bt}\sin(at)}{a}$
$\frac{1}{s^2-a^2}$	$\frac{1}{a}\left(\frac{e^{at} - e^{-at}}{2}\right)$
$\frac{s}{s^2-a^2}$	$\frac{e^{at} + e^{-at}}{2}$
$\frac{1}{(s-a)(s-b)}$, se $a \neq b$	$\frac{e^{bt} - e^{at}}{b - a}$
$\frac{s}{(s-a)(s-b)}$, se $a \neq b$	$\frac{be^{bt} - ae^{at}}{b - a}$
$\frac{1}{(s^2+a^2)^2}$	$\frac{\sin(at) - at\cos(at)}{2a^3}$
$\frac{s}{(s^2+a^2)^2}$	$\frac{t \sin(at)}{2a}$
$\frac{s^2}{(s^2+a^2)^2}$	$\frac{\sin(at) + at\cos(at)}{2a}$
$\frac{1}{s(s^2+a^2)}$	$\frac{1}{a^2}(1 - \cos(at))$
$\frac{1}{s^2(s^2+a^2)}$	$\frac{1}{a^3}(at - \sin(at))$
$\frac{s}{(s^2+a^2)(s^2+b^2)}$, se $a^2 \neq b^2$	$\frac{\cos(at) - \cos(bt)}{b^2 - a^2}$
$\frac{1}{(s^2+a^2)(s^2+b^2)}$, se $a^2 \neq b^2$	$\frac{b \sin(at) - a \sin(bt)}{ab(b^2 - a^2)}$

Propiedades de la transformada Z

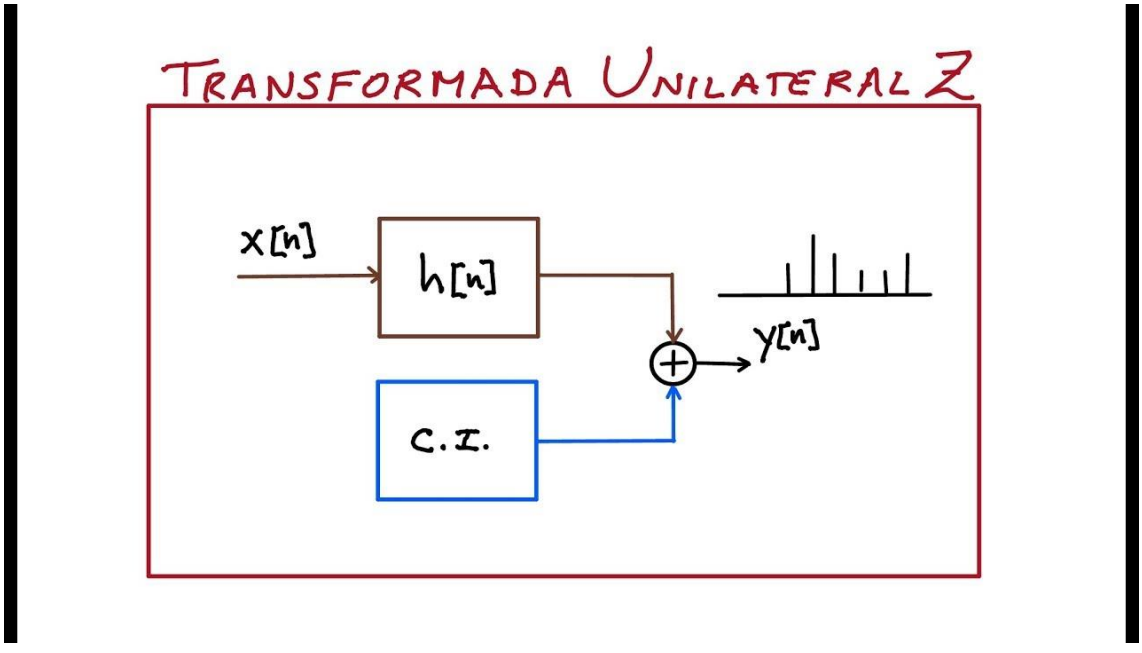
- **Linealidad:**

$$ax[n]+by[n]\overset{Z}{\longleftrightarrow}aX(Z)+bY(Z) \quad (R_1 \cap R_2) \subseteq ROC$$

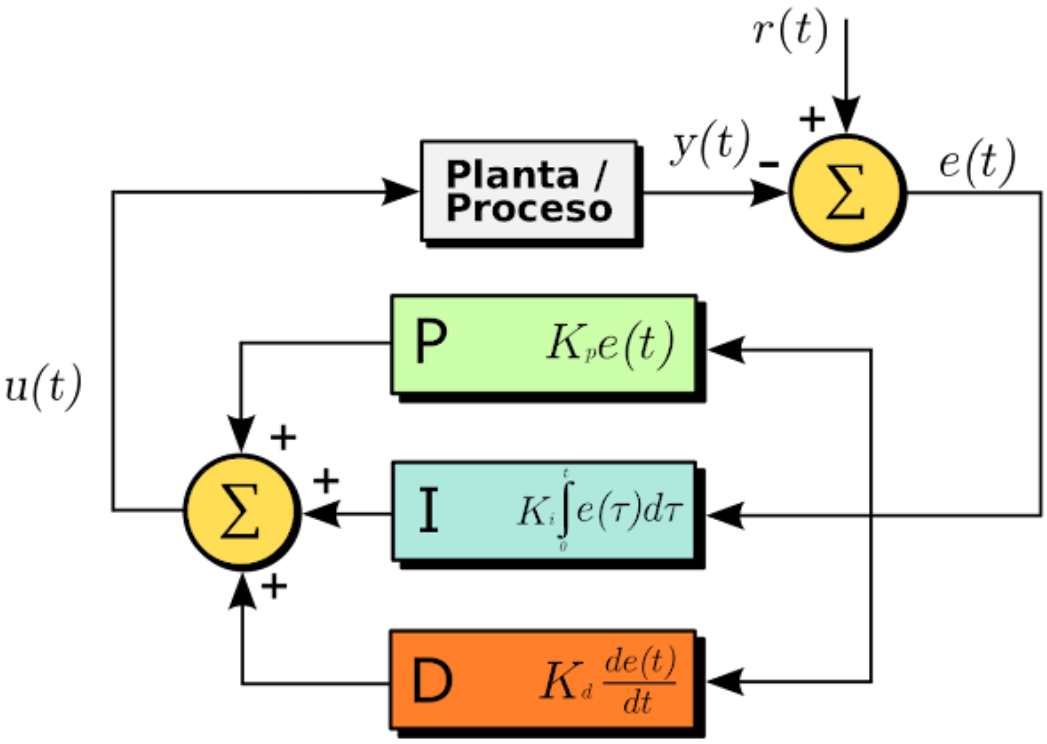
- **Desplazamiento de tiempo:**

$$x[n-n_0]\overset{Z}{\longleftrightarrow}X(z)\cdot z^{-n_0}$$

ROC = R (Con posible adición o eliminación de cero o infinito.



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



La transformada Z

La transformada Z de una señal en tiempo discreto de define como:

$$X(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n) z^{-n} \qquad x[n] \overset{Z}{\longleftrightarrow} X(z)$$

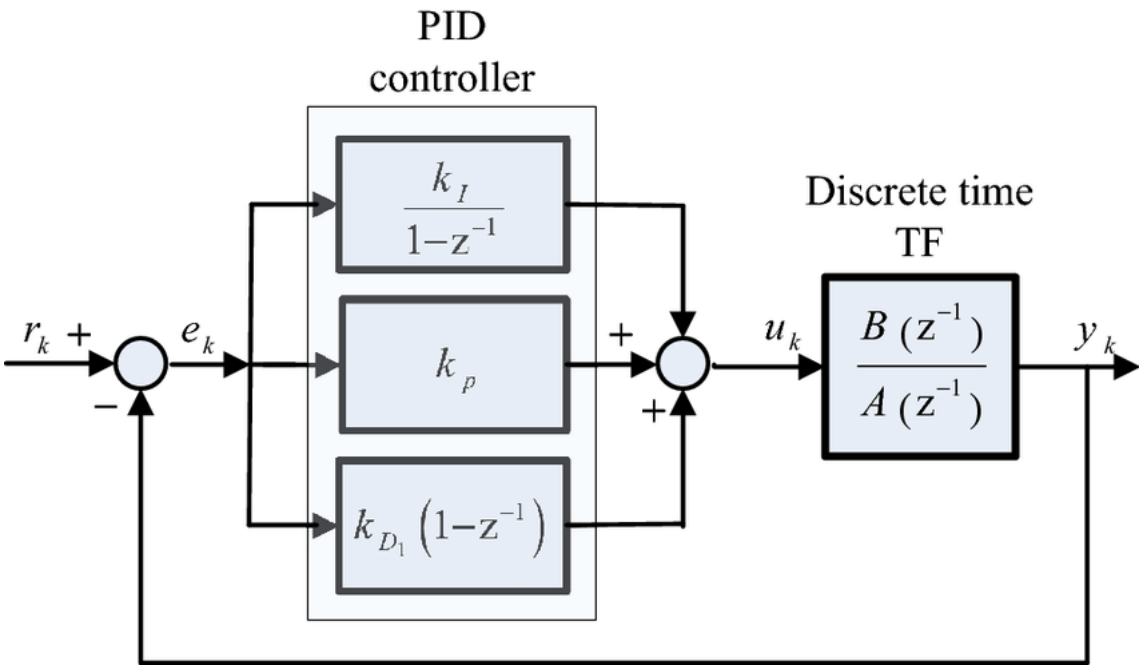
Si la señal es causal, la transformada Z bilateral cambia a la transformada Z unilateral definida como:

$$X(z) = \sum_{n=0}^{\infty} x(n) z^{-n}$$

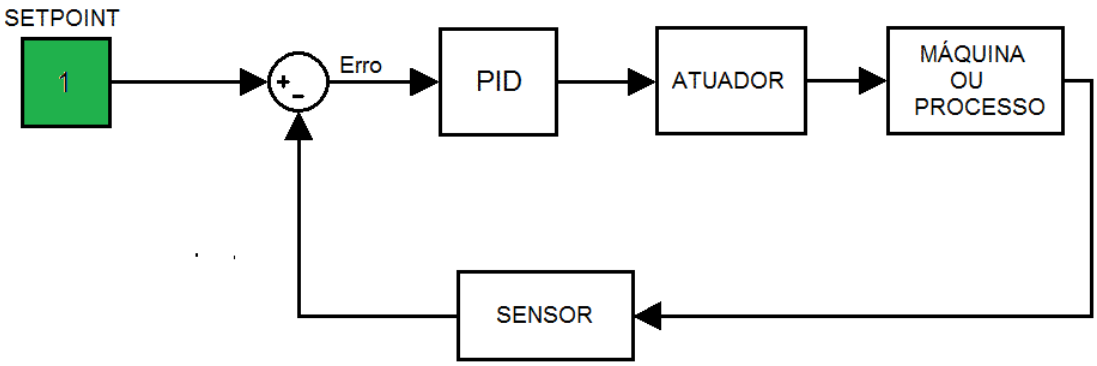
$$aX(z) = ax(k)$$

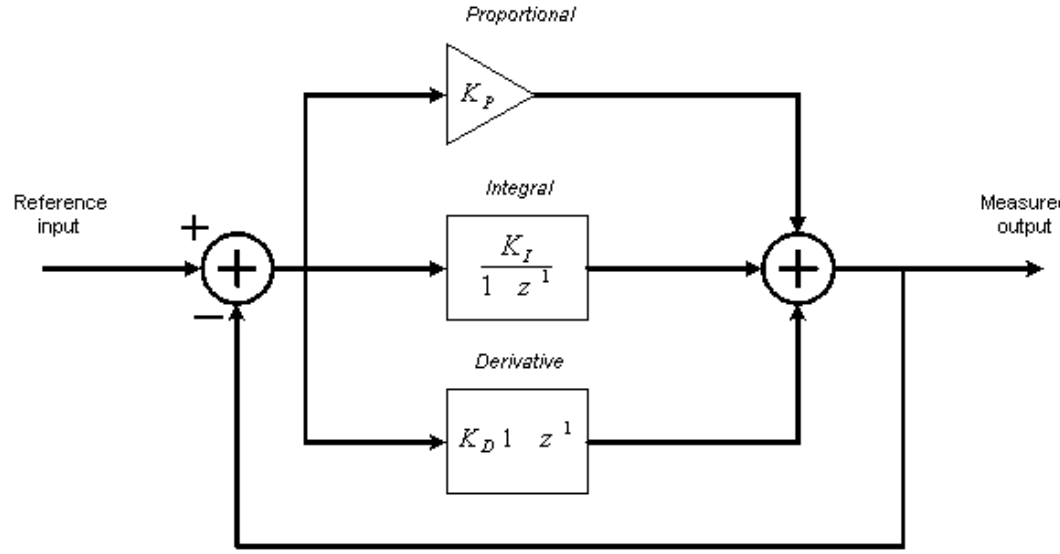
$$\left(1 - z^{-1}\right) X(z) = x(k) - x(k-1)$$

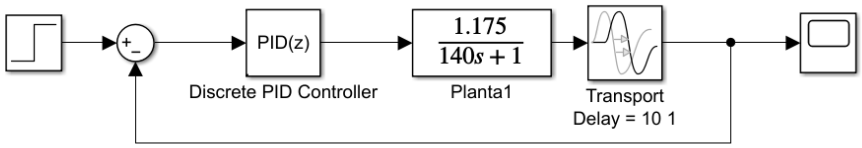
$$\frac{1}{\left(1 - z^{-1}\right)} X(z) = \sum_{k=0}^{N} x(k)$$

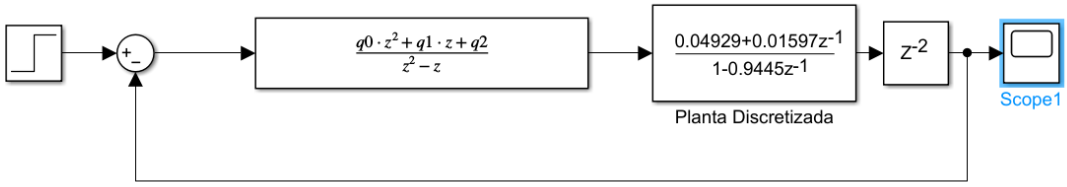


VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



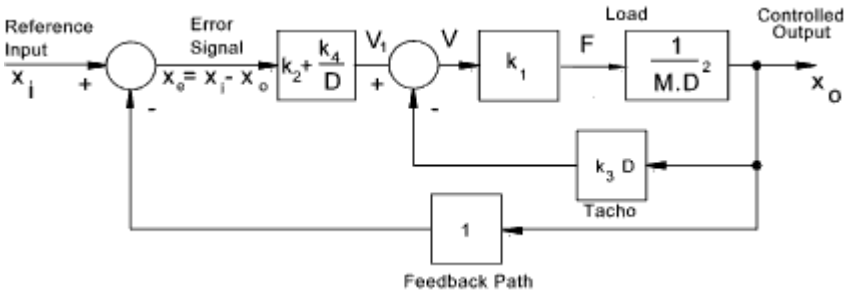


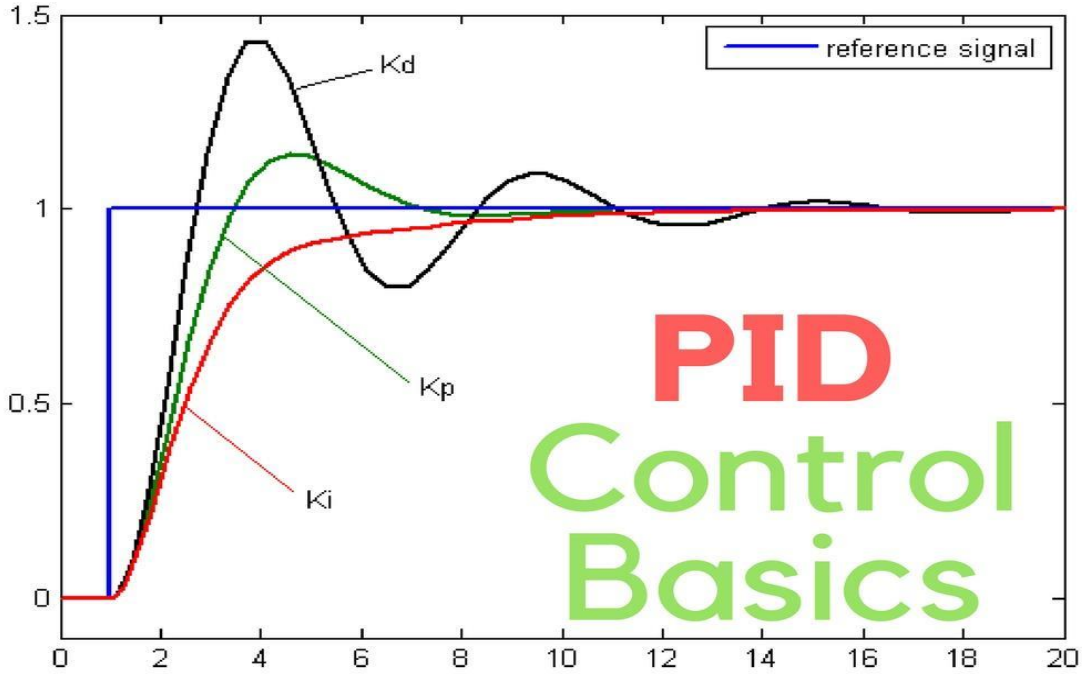


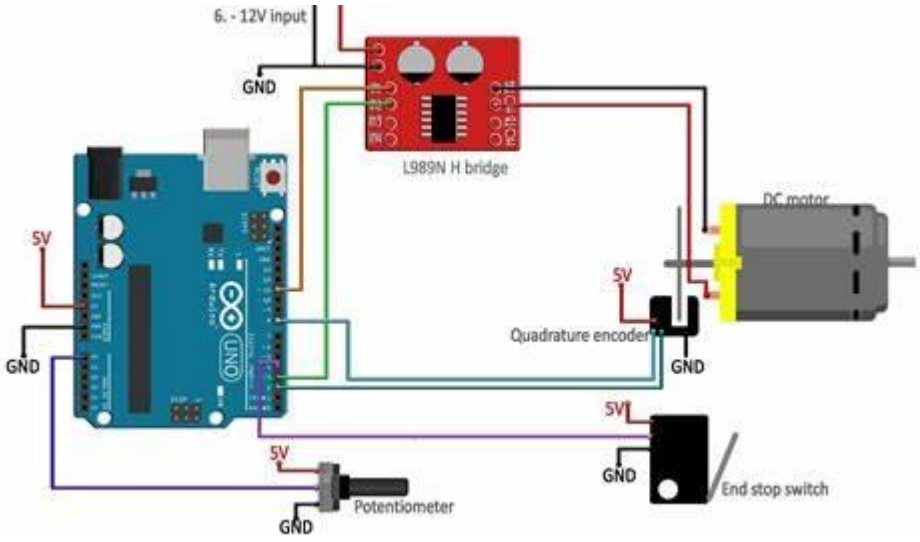


VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

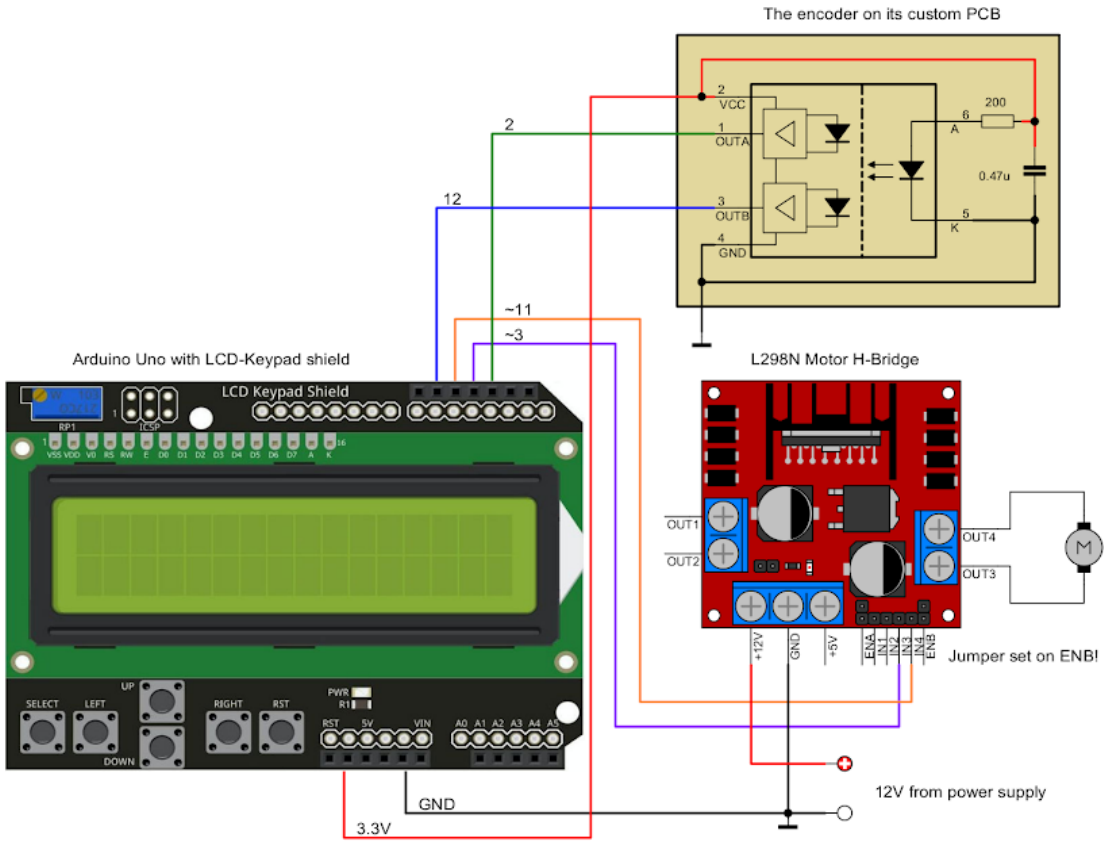
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

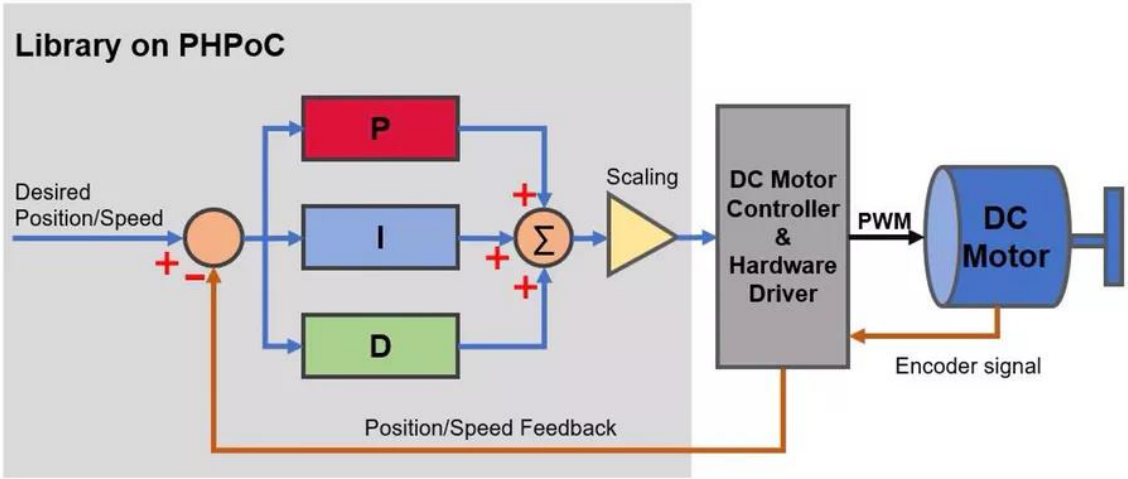






VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

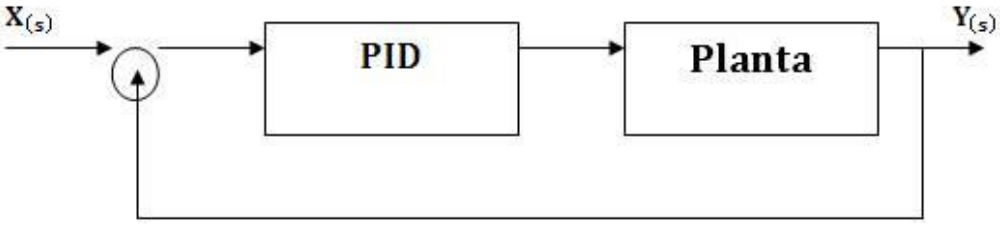




VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

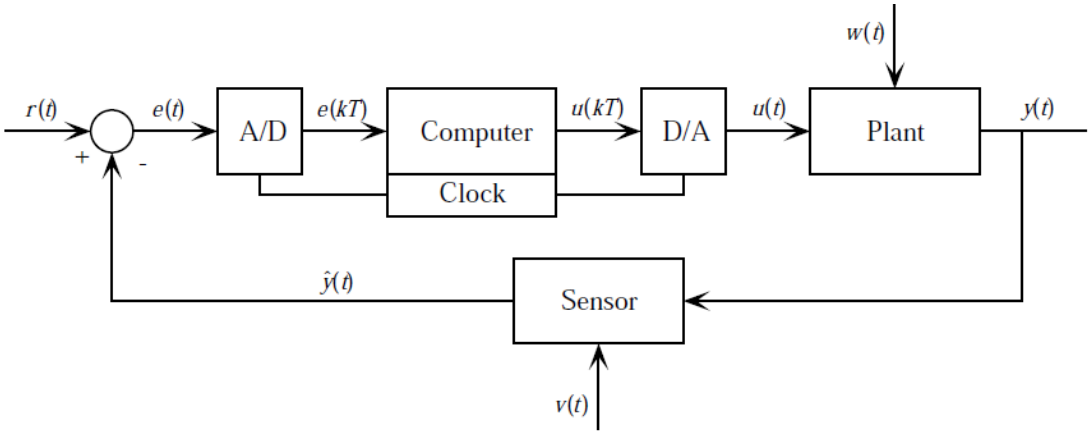
$$\frac{Y_{(s)}}{X_{(s)}} = \frac{PID * PLANTA}{[1 + PID * PLANTA]}$$



$$\frac{Y_{(s)}}{X_{(s)}} = \frac{2S^2 + 0.721S + 0.142}{4.7S^2 + 4.7S} * \frac{1}{396S^2 + 296S + 1}$$

$$1 + \left[\frac{2S^2 + 0.721S + 0.142}{186.12S^4 + 139.12S^3 + 4.7S^2 + 186.12S^3 + 139.12S^2 + 4.7S}\right]$$

$$\frac{Y_{(s)}}{X_{(s)}} = \frac{2S^2 + 0.721S + 0.142}{186.12S^4 + 139.12S^3 + 145.82S^2 + 5.421S + 0.142}$$



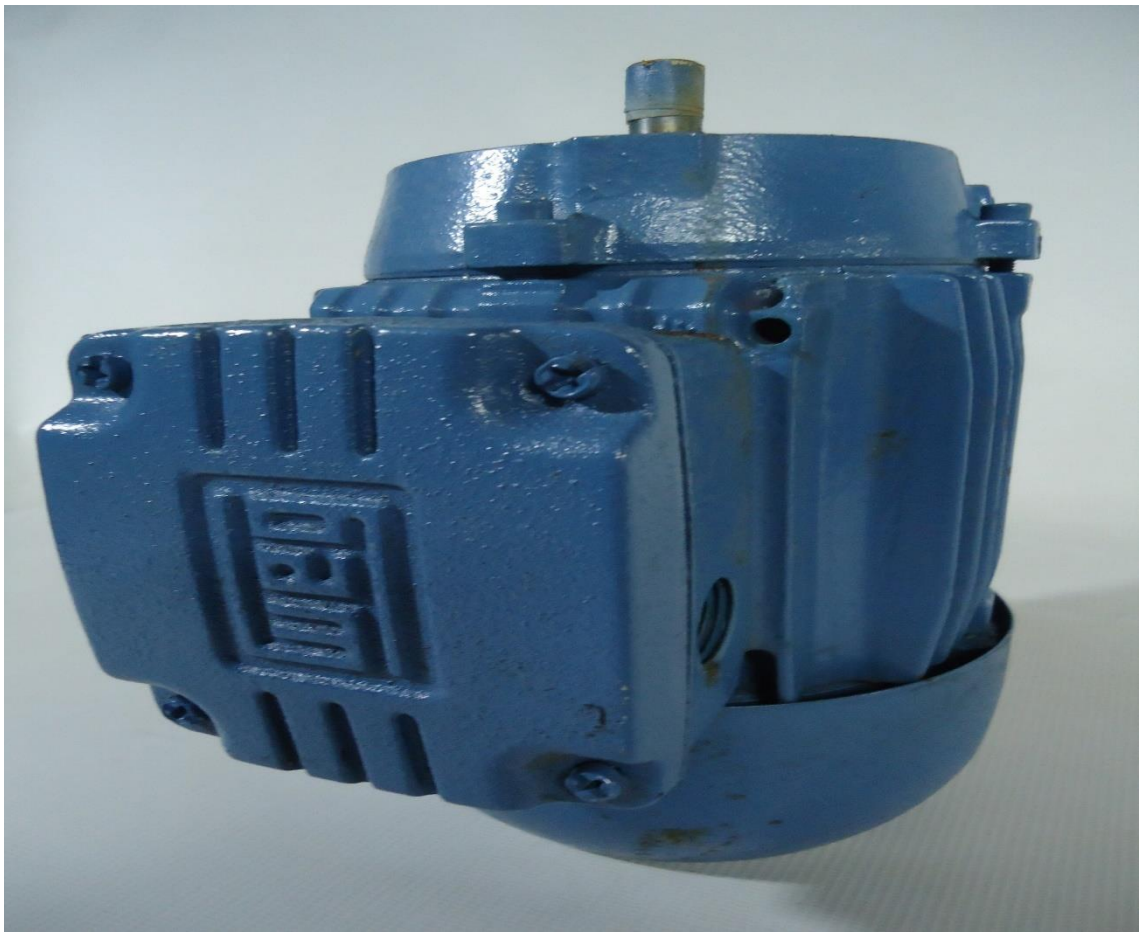
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

66) Compra e Aquisição dos Motores Elétricos Verticais e inversores de frequência (40 Hp / 80 Hp):

Para utilizar um motor de etanol de 300 Hp (Lycoming IO-54), utilizamos 4 motores de 40 Hp cada totalizando 160 Hp. Já para dois motores de etanol de 300 Hp cada, totalizando 600 Hp, utilizamos 4 motores de 80 Hp cada. No caso de usar dois motores de 300 Hp cada, utilizamos 2 alternadores e um motor para frente e outro motor para trás para anular o momento de inércia gerado por cada motor.

Devemos comprar 4 motores para voo vertical de 80 Hp cada, totalizando 320 Hp para voo vertical. Cada motor de 300 Hp alimenta dois motores de voo vertical, totalizando 160 Hp mais um motor de voo horizontal de 50 Hp, totalizando 210 Hp. Cada motor de 300 Hp alimenta estes 210 Hp.

O que significa um rendimento de 70%. Nós estamos interessados em usar 4 motores elétricos trifásicos de 440 V com 80 Hp de potência cada um da empresa Weg. Este motor deve ser montado na vertical.



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

RELAÇÃO DE POTÊNCIA E CORRENTE DE MOTORES TRIFÁSICOS

POTÊNCIA		CORRENTE (A)	
KW	CV/HP	220V	380V
0,37	1/2	1,98	1,15
0,55	3/4	2,72	1,58
0,75	1	3,50	2,02
1,1	1,5	5,16	2,99
1,5	2	6,80	3,94
1,8	2,5	8,41	4,87
2,2	3	9,90	5,78
3	4	12,9	7,50
4	5	15,7	9,16
4,4	6	18,6	10,7
5,2	7	21,2	12,3
5,5	7,5	22,6	13.1
6	8	23,8	15,3
7	9	26,4	16,8
7,5	10	29,1	20,6
9,3	12,5	35,7	24,3
11	15	42,1	31,7
15	20	54,7	39,1
18,5	25	67,5	46,3
22	30	80,1	53,5
26	35	92,5	60,8
30	40	105	67,9
33,5	45	117	75,2
37	50	130	75,2
45	60	155	89,6
52	70	180	104
55	75	192	111
60	80	204	118
67	90	229	132
75	100	253	146
90	125	311	180
110	150	369	214
132	175	423	245
150	200	482	279

MAIKE TECH

VBJ Engenharia *Valter Barbosa Junior*
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

Em máquinas elétricas, **motor elétrico** ou **atuador elétrico**[1] é qualquer dispositivo que transforma energia elétrica em mecânica. É o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da energia elétrica - baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando – com sua construção simples, custo reduzido, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos.

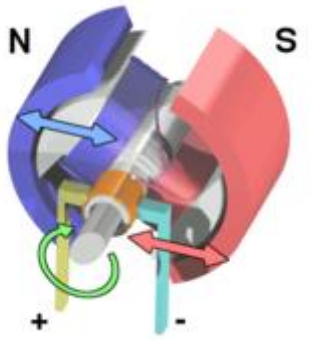
A tarefa reversa, aquela de converter o movimento mecânico na energia elétrica, é realizada por um gerador ou por um dínamo. Em muitos casos os dois dispositivos diferem somente em sua aplicação e detalhes menores de construção. Os motores de tração usados em locomotivas executam frequentemente ambas as tarefas se a locomotiva for equipada com os freios dinâmicos. Normalmente também esta aplicação se dá a caminhões fora de estrada, chamados eletrodiesel.

Funcionamento

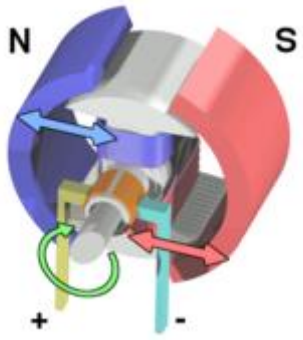
A maioria de motores elétricos trabalha pela interação entre campos eletromagnéticos, mas existem motores baseados em outros fenômenos eletromecânicos, tais como forças eletrostáticas. O princípio fundamental em que os motores eletromagnéticos são baseados é que há uma força mecânica em todo o fio quando está conduzindo corrente elétrica imersa em um campo magnético. A força é descrita pela lei da força de Lorentz e é perpendicular ao fio e ao campo magnético. Em um motor giratório, há um elemento girando, o rotor. O rotor gira porque os fios e o campo magnético são arranjados de modo que um torque seja desenvolvido sobre a linha central do rotor.

A maioria de motores magnéticos são giratórios, mas existem também os tipos lineares. Em um motor giratório, a parte giratória (geralmente no interior) é chamada de rotor, e a parte estacionária é chamada de estator. O motor é constituído de eletroímãs ou imãs permanentes, que são posicionados no material ferromagnético que constitui o corpo do rotor, e geralmente bobinas de cobre são enroladas e adequadamente dispostas em volta do material ferromagnético que constitui o estator.

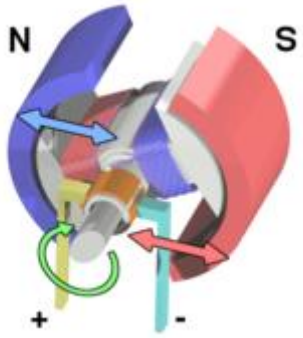
Funcionamento de um motor de corrente contínua simples



Quando a bobina é alimentada, um campo magnético é gerado em torno do rotor. O lado esquerdo do rotor é empurrado para fora do imã esquerdo e atraído para a direita, causando rotação.



O rotor continua a girar.



Quando o rotor fica horizontalmente alinhado, o torque torna-se zero. Neste ponto, o comutador inverte a direção da corrente através da bobina, invertendo o campo magnético.

Tipos de motores

Classificação

A classificação dos motores elétricos quando vista de uma forma um pouco mais detalhada é um tanto complexa e quase sempre leva a confusões mesmo de estudiosos do assunto:

- Motores CC (corrente contínua)
- Motores CA (corrente alternada)

Motor de sistema trifásico com campos magnéticos rotativos.

Isto é uma pequena amostra da enorme quantidade de motores elétricos que existem. Um estudo profundo seria necessário para conhecer todos eles.

Motores de corrente contínua

Motores elétricos

Motores de corrente contínua

Os motores de corrente contínua, ou motores DC, precisam de uma fonte de corrente contínua, neste caso pode ser necessário utilizar um circuito retificador para converter a corrente alternada, corrente fornecida pela concessionária de energia elétrica, para corrente contínua. Podem funcionar com velocidades ajustáveis entre amplos limites e se prestam a controles de grande flexibilidade e precisão. Por isso seu uso é restrito a casos especiais em que estas exigências compensam o custo muito mais alto da instalação, ou no caso de a alimentação usada ser contínua, como no caso das pilhas em dispositivos eletrônicos.

Motores de corrente alternada

Os motores de corrente alternada, ou motores AC, são os mais utilizados, porque a distribuição de energia elétrica é feita normalmente em corrente alternada.

Seu princípio de funcionamento é baseado no *campo girante*, que surge quando um sistema de correntes alternadas trifásico é aplicada em polos defasados fisicamente de 120º. Dessa forma, como as correntes são defasadas 120º elétricos, em cada instante, um par de polos possui o campo eletromagnético de maior intensidade, cuja associação vetorial possui o mesmo efeito de um campo girante que se desloca ao longo do perímetro do estator e que também varia no tempo. Para o uso dos motores de corrente alternada é necessário o uso de um inversor de frequência, onde quanto maior

for a frequência de trabalho do inversor, maior será a velocidade do motor, e quanto maior for a velocidade do motor, maior será o empuxo dos rotores.

L (w) = 1/2 *rho*(w^2*R^2)/4*R*b*np*nr*cl

L (w) = força de sustentação vertical

w = velocidade de rotação do motor

rho = densidade do ar na atmosfera

R = raio do rotor

b = corda do rotor

np = número de pás

nr = número de rotores

cl = ceficiente de sustentação

rho, R, b, np, nr, cl são fixos

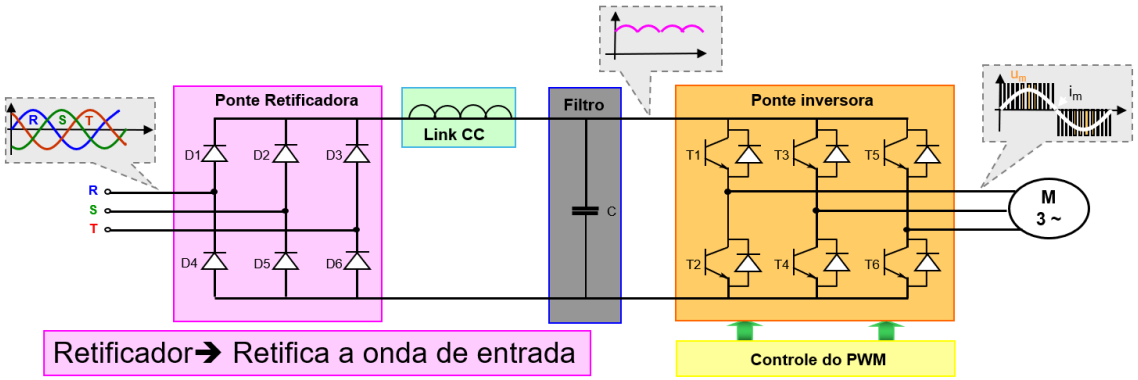
w é variável; alterando o w alterna-se a intensidade da força de sustentação L

Os **motores trifásicos** são os motores mais utilizados nas indústrias, isto em função das várias vantagens que possuem, tais como: vida útil longa, facilidade de ligação, facilidade de controle entre outros.

Assim como os motores monofásicos, os trifásicos também podem ser ligados em duas tensões.

Usualmente são encontrados no mercado motores para: 220/380V, 380/660V em até 2200V etc. A relação entre as duas tensões é sempre 1,73, isto é, a tensão maior é sempre igual 1,73 vezes a tensão menor. A plaqueta dos motores trifásicos mostra sempre as duas maneiras de ligar o motor.

Caso a sustentação seja maior que o peso, a aeronave sobe; caso a sustentação seja igual ao peso, a aeronave paira no ar; caso a sustentação seja menor que peso, a aeronave desce. Para este controle entre subir, pairar e descer utiliza-se o sensor de altímetro e o controle de malha a fechada através do modelo PID alterando-se a frequência.



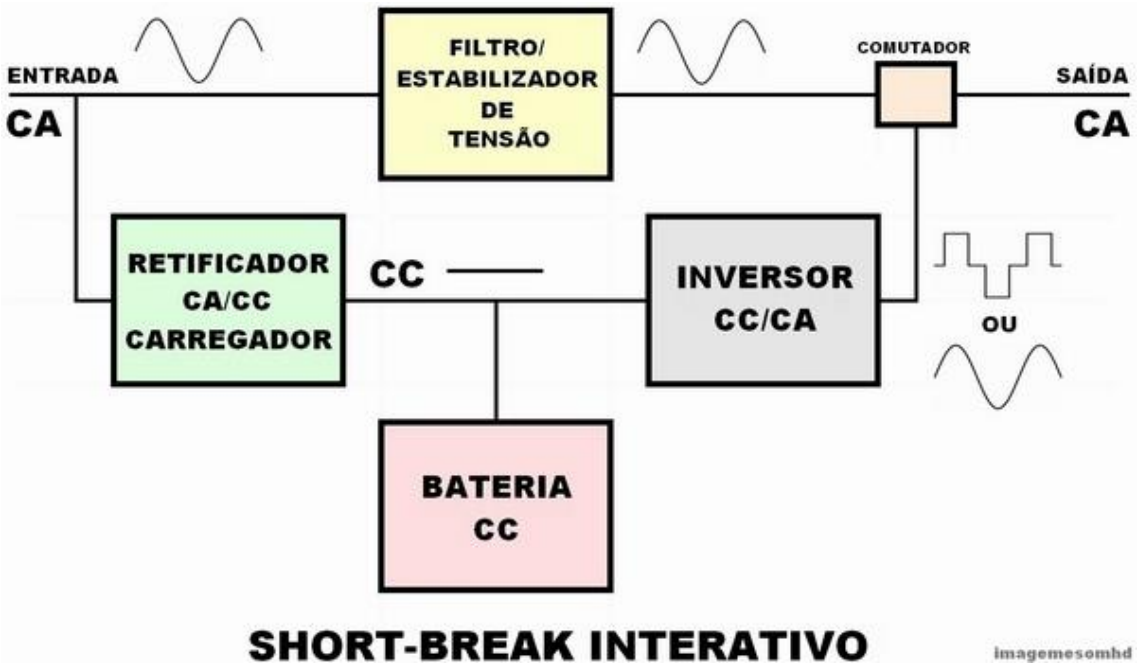
Retificador➔ Retifica a onda de entrada

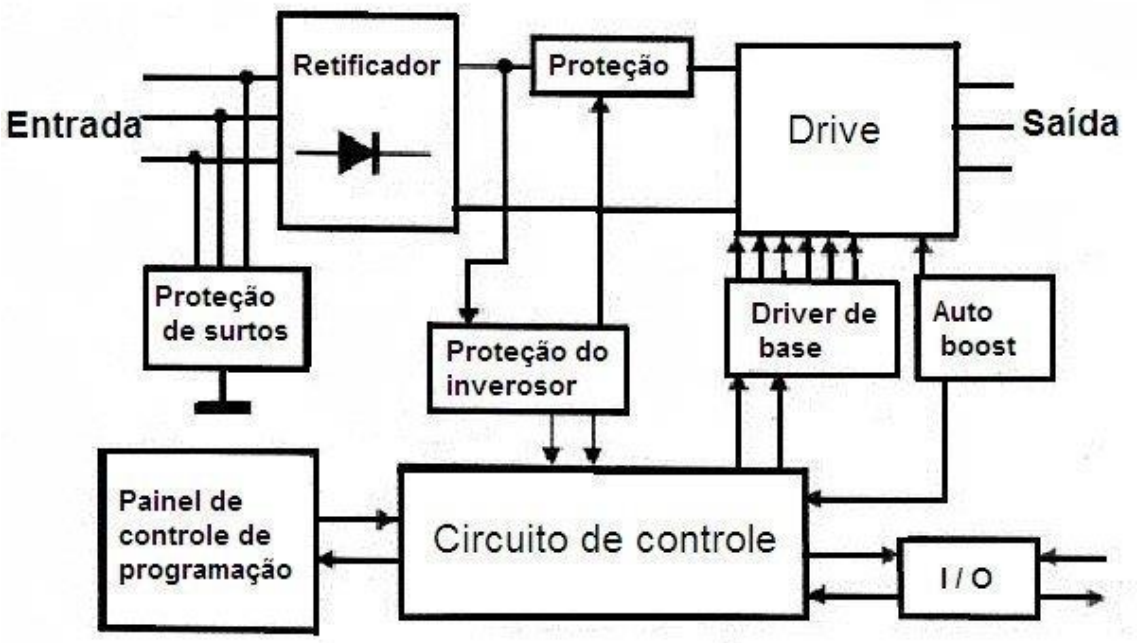
Filtro ➔ Suaviza o ripple

Ponte inversora ➔Produção de onda trifasica com tensão e frequencia controlada

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

67) Compra e Aquisição dos Motores Elétricos Horizontais e inversores de frequência (10 Hp / 50 Hp):

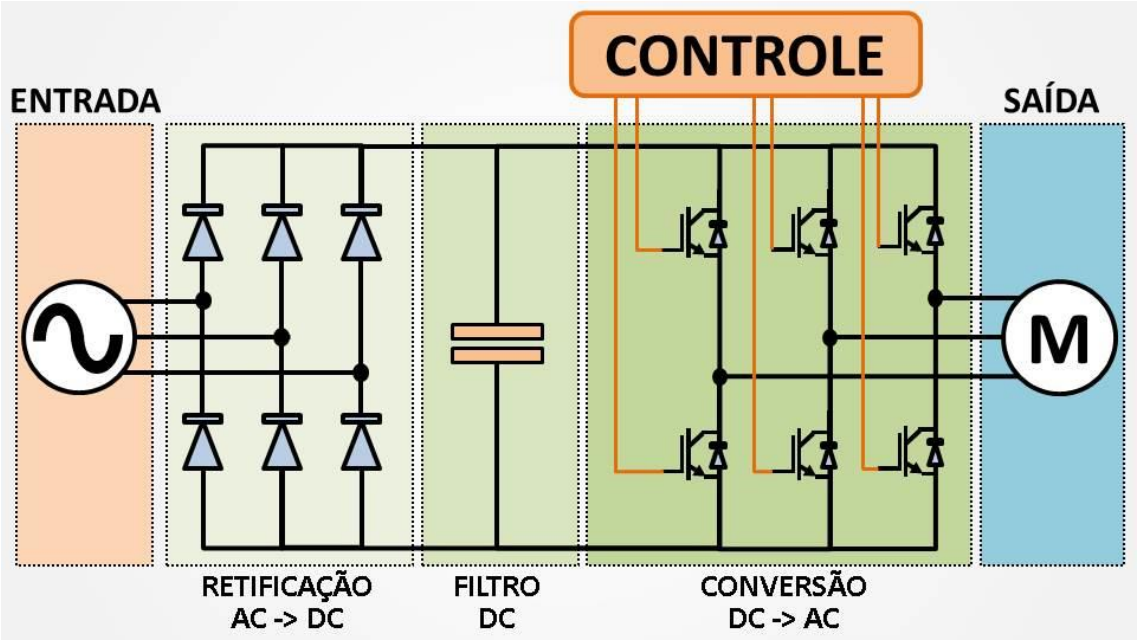
Da mesma forma que os usos dos quatro motores verticais, usamos dois motores horizontais, de 10 Hp ou de 50 Hp.

Os motores de 40 Hp ou de 80 Hp de voo vertical, totalizando 160 Hp ou 320 Hp vertical, pode ser usado dois motores horizontais totalizando a soma de 20 Hp ou 100 Hp.

Ou seja, totaliza-se 180 Hp (160 Hp + 20 Hp) ou 420 Hp (320 Hp + 100 Hp).

Em todos os casos, há a necessidade de utilizar inversores de frequência, onde estes inversores de frequência são utilizados para a capacidade do uso dos motores, e para utilizar o aumento ou diminuição da velocidade dos motores (maior ou menor velocidade).

O interesse para ser menor o peso dos motores, utilizamos carcaça de alumínio ao invés do uso de carcaça de aço, para que o motor seja mais leve.



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

68) Montagem dos Motores Elétricos:

A VBJ Engenharia utiliza 6 motores elétricos. Sendo 4 deles para voo vertical para cima, pairado ou para baixo e 2 deles para aceleração, desaceleração, voo guinado, ou paralização.

Os motores elétricos são de três diferentes velocidades, ou seja, velocidade ´para cima, velocidade pairada e velocidade para baixo. Eles operam com inversores de frequência, e estas 3 velocidades são projetadas utilizando uma Engenharia de Controle de Malha Fechada, corrigindo a velocidade vertical e corrigindo a altitude, aumentando ou diminuindo a frequência do inversor e alterando a velocidade e a altitude.

Da mesma forma utiliza-se 3 velocidades horizontais, sendo uma velocidade para frente, outra em desaceleração e uma terceira de voo paralisado. No caso do voo horizontal, opera-se também a alteração do voo de guinada.

O motor elétrico utiliza um estator e um rotor e trabalha baseado na Lei de Lorentz:

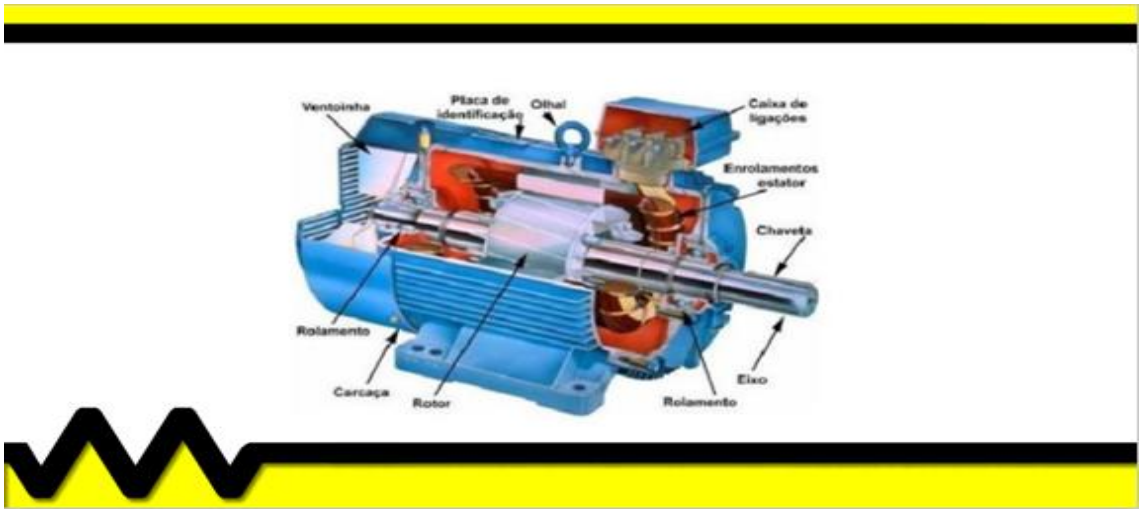
F = I*L^B

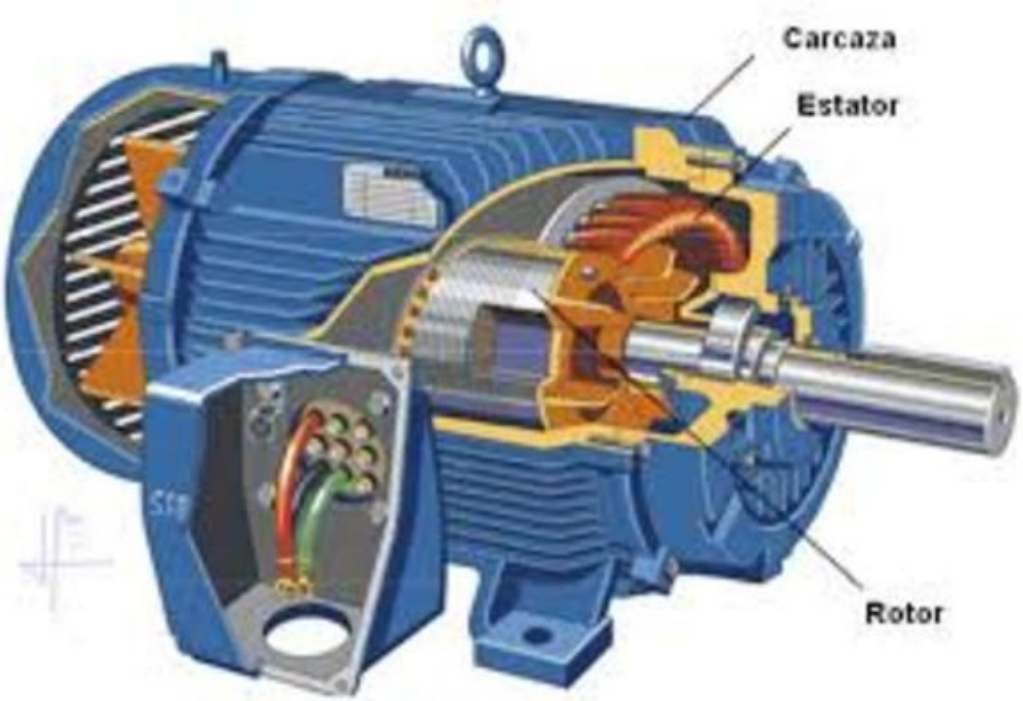
F = força eletromagnética

I = corrente elétrica

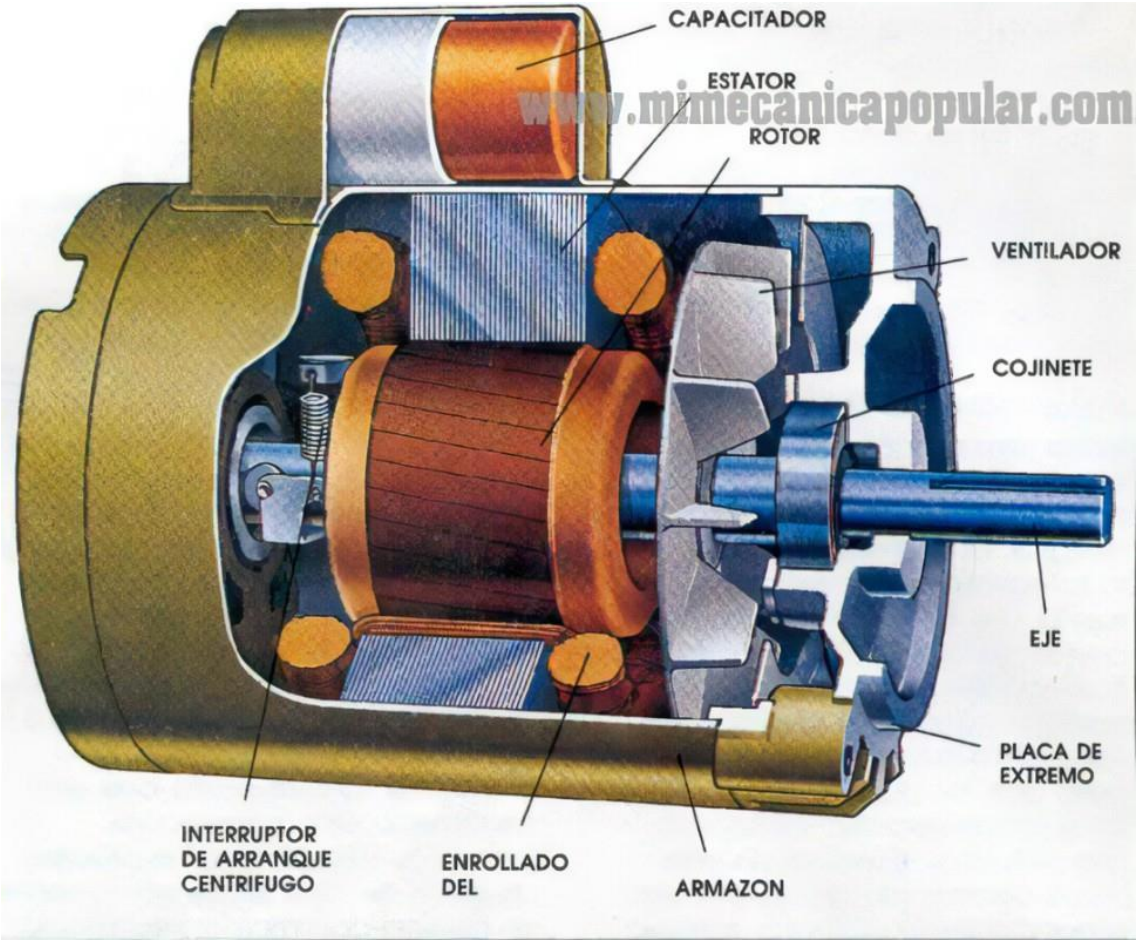
L = comprimento do condutor

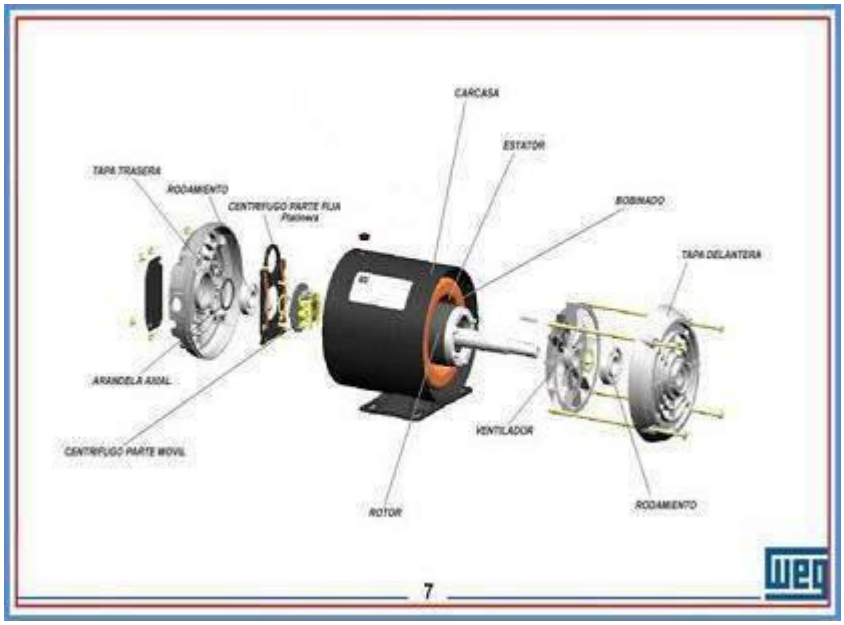
B = densidade do campo magnético



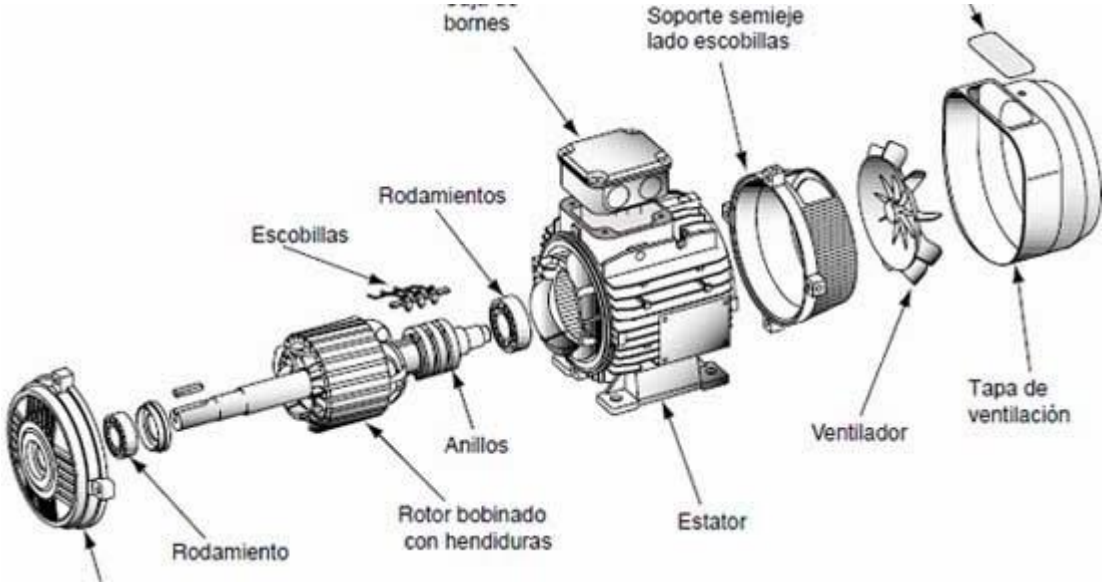


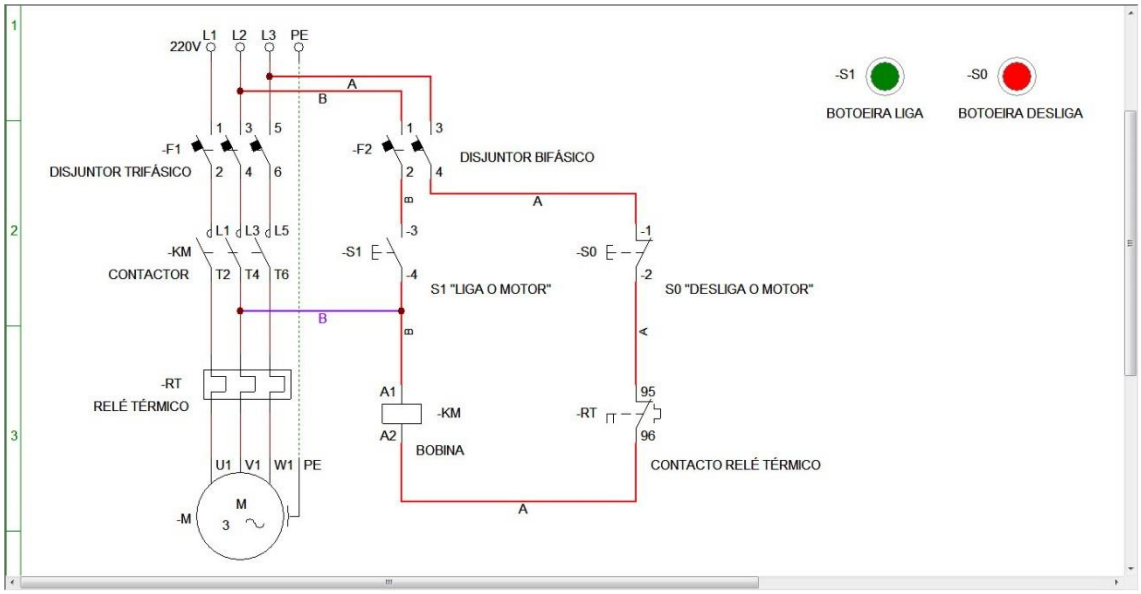
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



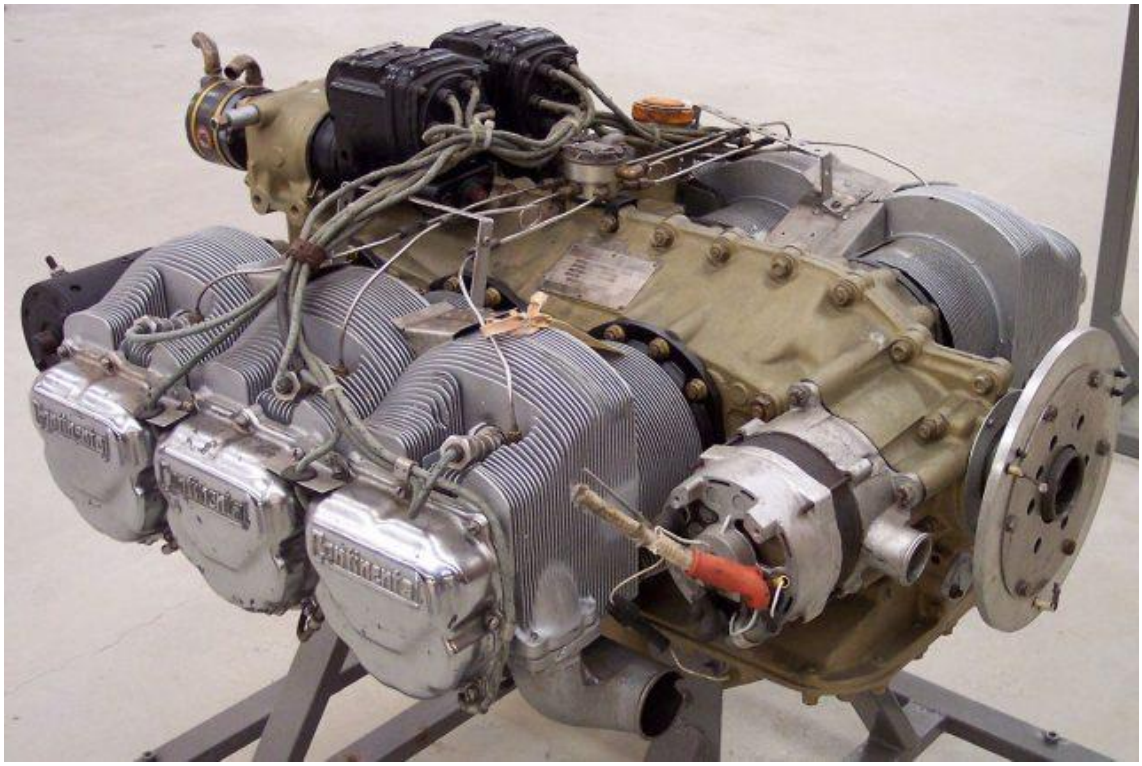


VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

69) Montagem do Motor Lycoming IO-540:

O motor Lycoming IO-540 implementado pela parceria entre a Embraer e a Lycoming utilizam etanol como combustível. O peso deste motor é de 199 kg e com 200 litros de combustível trabalha com 157 kg de peso. Com 300 Hp o sistema opera com 5 horas de voo e com 100 km/h a aeronave voa 500 km. Utilizando dois motores em direções e sentidos opostos, este pode trabalhar com 400 litros, e para manter as mesmas 5 horas de autonomia e nestas condições, ele trabalha com uma potência total de 600 Hp.

Com o motor Lycoming IO-540 o sistema opera utilizando etanol o que promove uma melhor operação que as baterias. As baterias são muito pesadas, tem autonomia muito baixa, tempo de recarga muito alto e recarga utilizando combustível fóssil o que gera grande poluição. Já o motor e etanol é mais leve, tem ótima autonomia, rápido tempo de recarga de combustível e não gera poluição, uma vez que usa etanol produzido a partir de caldo de cana.



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

Lycoming O-540 é uma família de motores a pistão de seis cilindros refrigerado a ar, do tipo boxer, utilizado em aviões e helicópteros, com um deslocamento de 8.874 cc, produzido pela Lycoming. Este modelo é uma versão de seis cilindros do motor Lycoming O-360 (que possui quatro cilindros).

Normalmente, estes motores produzem de 230 a 350 hp de potência. São instalados em uma grande variedade de tipos de aeronave. Seus maiores concorrentes são o Continental IO-520 e a série IO-550.

O **etanol** (CH_3CH_2OH ou C_2H_6O), também chamado **álcool etílico** e, na linguagem corrente, simplesmente **álcool**, é uma substância orgânica obtida da fermentação de açúcares, hidratação do etileno ou redução de acetaldeído, encontrado em bebidas como cerveja, vinho e aguardente, bem como na indústria de perfumaria. No Brasil, tal substância é também muito utilizada como combustível de motores de explosão (ver: motor a álcool), constituindo assim um mercado em ascensão para um combustível obtido de maneira renovável e o estabelecimento de uma indústria de química de base, sustentada na utilização de biomassa de origem agrícola e renovável (ver: Produção de álcool no Brasil e Etanol como combustível no Brasil).

O etanol é o mais comum dos álcoois. Os álcoois são compostos que têm grupos hidroxila ligados a átomos de carbono sp3 (ou seja, cadeias carbônicas saturadas). Podem ser vistos como derivados orgânicos da água em que um dos hidrogênios foi substituído por um grupo orgânico.

As técnicas de produção do álcool, na Antiguidade apenas restritas à fermentação natural ou espontânea de alguns produtos vegetais, como açúcares, começaram a se expandir a partir da descoberta da destilação. Mais tarde, já no século XIX, fenômenos como a industrialização expandem ainda mais este mercado, que alcança um protagonismo definitivo, ao mesmo ritmo em que se vai desenvolvendo a sociedade de consumo no século XX. O seu uso é vasto: em bebidas alcoólicas, na indústria farmacêutica, como solvente químico, como combustível ou ainda com antídoto. O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (33,9%), de açúcar (18,5%) e etanol (36%), sendo também o maior exportador de açúcar e etanol do mundo. No Brasil os índios produziam o cauim, uma fermentação da mandioca cozida ou de sucos de frutas, mastigados e depois fervidos.

O etanol é muito importante no meio médico, onde é utilizado, bem como outros álcoois também são, no extermínio de vida microbiana nociva, que poderia piorar o estado dos doentes já que o etanol mata os organismos desnaturando suas proteínas e dissolvendo os lipídios sendo eficaz contra a maioria das bactérias, fungos, e vários tipos de vírus, mas é ineficaz contra os esporos bacterianos e preservação em fluido. É usado também na produção de biodiesel, onde o óleo da mamona reage com o etanol, gerando éster etílico e glicerina. Há utilização também na produção de bebidas alcoólicas e de produtos farmacêuticos e de perfumaria.

Obtenção

O etanol se forma na fermentação alcoólica de açúcares, como a glicose, pelo micro-organismo *Saccharomyces cerevisiae*, reação que simplificadamente pode ser representada por[13]:

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2$

Álcool combustível pode ser um biocombustível (bioetanol) produzido, geralmente, a partir da cana-de-açúcar, mandioca, batata, milho e beterraba. E pode ser um combustível sintético, produzido de recursos naturais renováveis como carvão (etanol de carvão), madeira (metanol) e de recursos não renováveis (como derivados do petróleo).

AEIO-540, versão usada para aviões de acrobacia

Informações básicas	
Tipo	Motor a pistão
Fabricante	Lycoming
Origem	Estados Unidos
Entrada em Uso	1957 (66 anos)
Maiores aplicações	Cessna 182 Piper Navajo Socata TB-30 Epsilon Robinson R44 Embraer EMB-200 Extra EA-300
Especificações (IO-540-K1A5)	
Diâmetro (cilindro(s))	130.2 mm
Curso	111.1 mm
Peso	199 kg
Deslocamento	8.90 L
Trem de válvulas	2 OHV por cilindro
Potência	300 hp @ 2700 rpm
Sistema de combustível	Injeção eletrónica ou Carburador
Tipo de combustível	Avgas 100LL
Sistema de refrigeração	Refrigeração a ar
Relação potência / peso	1.50 hp/kg
Desenvolvido de	Lycoming O-360
Notas	

70) Montagem do Tanque de Combustível Etanol (200 litros):

Álcool combustível pode ser um biocombustível (bioetanol) produzido, geralmente, a partir da cana-de-açúcar, mandioca, batata, milho e beterraba. E pode ser um combustível sintético, produzido de recursos naturais renováveis como carvão (etanol de carvão), madeira (metanol) e de recursos não renováveis (como derivados do petróleo).

Ele é utilizado desde o início da indústria automotiva, servindo de combustível para motores a explosão do tipo ciclo Otto. Porém, com a utilização de combustíveis fósseis, no começo do século XX, mais barato e abundante, o etanol tornou-se uma opção praticamente ignorada.

A utilização do etanol que sem dúvida é a mais frequente, e que se iniciou tão logo surgiram os primeiros motores a combustão interna, é seu uso como combustível: a maior parte da produção de álcool do mundo é destinada a fins energéticos, e a maior parte utilizada para fins energéticos é etanol. Neste aspecto, também é usado misturado à gasolina, (*ver: Misturas comuns do álcool combustível*) para aumentar a resistência a compressão dela (octanagem). Governos têm estimulado estas substituições já visando o esgotamento das reservas naturais de combustíveis fósseis.

No século XXI, estuda-se o uso do etanol na produção do hidrogênio "verde". Este tipo de hidrogênio, é denominado "verde" pois é obtido com o uso fontes energéticas "limpas".

Porém, quando se trata de analisar qual combustível escolher, deve-se analisar também o poder calorífico, ou seja, a quantidade de energia produzida por unidade de massa ou de volume. Enquanto a gasolina com 20% de álcool produz **40 546 J/g**, o etanol combustível produz **27 200 J/g**. Com uma densidade de **0,785 kg/l** gera uma energia de **27.200.000 J/kg** com um tanque de **200 litros** de uma potência do motor de **300 Hp (225.000 kW**) tem uma autonomia de **5,27 horas**.

Ou seja, com uma velocidade de 100 km/h que é a velocidade máxima da moto voadora de VBJ Engenharia a aeronave voa 500 km. E Permite o pouso seguro após este deslocamento.

Com este combustível (200 litros) o sistema trabalha com a seguinte esquação:

27.200 J/g = 27.200.000 J/kg * 0,785 kg/l * 200 l / (300 Hp * 750 W/Hp) / 3600 s/h

Totalizando **5,27 horas** de autonomia de voo.

Se se utilizar dois motores de 300 Hp cada, totalizando 600 Hp, será necessário usar dois tanques de 200 litros cada para garantir a mesma autonomia de 5,27 horas.

O **Brasil** é o segundo maior produtor mundial de **etanol combustível** e segundo maior exportador mundial. Juntos, Brasil e Estados Unidos lideram a produção

industrial de etanol, representando em conjunto 82,4% da produção mundial em 2021.

O país é classificado como a primeira economia sustentável com base em biocombustíveis do mundo, além de ser um líder da indústria de biocombustíveis, um modelo para outros países; e seu etanol de cana-de-açúcar é considerado "o combustível alternativo mais bem-sucedido até o momento."[7] No entanto, alguns autores consideram que o modelo brasileiro só é sustentável no Brasil devido à sua tecnologia agroindustrial avançada e devido a enorme quantidade de terra arável disponível em seu território; enquanto de acordo com outros autores, o etanol brasileiro seria uma solução apenas para alguns países da zona tropical da América Latina, Caribe e África.

O programa de etanol combustível do Brasil é baseado na tecnologia agrícola mais eficiente para o cultivo de cana-de-açúcar no mundo e utiliza equipamentos modernos e plantas baratas como matéria-prima, enquanto o bagaço residual é usado para produzir calor e energia, o que resulta em um preço muito competitivo e também em um equilíbrio de alta energia (produção de energia/energia gasta), que varia de 8,3 para condições médias a 10,2 na produção com melhores práticas. Em 2010, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos designou o etanol brasileiro como um biocombustível avançado, devido à sua redução de até 61% das emissões totais na análise do ciclo de vida de gases do efeito estufa, incluindo emissões diretas através de mudanças no uso indireto da terra.

Já não há quaisquer veículos leves no Brasil rodando apenas através de gasolina. Desde 1976, o governo tornou obrigatória a mistura de etanol anidro à gasolina, oscilando entre 10% a 22%, e que requer apenas um pequeno ajuste em motores a gasolina normais. Em 1993, a mistura obrigatória foi fixada por lei em 22% de etanol anidro (E22) em volume em todo o país, mas com uma margem de manobra dada ao poder executivo para definir diferentes porcentagens de etanol, dentro dos limites pré-estabelecidos. Em 2003, esses limites foram fixados a um mínimo de 20% e um máximo de 25%. Desde 1 de julho de 2007, a mistura obrigatória é de 25% de etanol anidro e 75% de gasolina (E25). O limite inferior foi reduzido para 18% em abril de 2011, devido à recorrente escassez de oferta de etanol e os preços elevados que ocorrem entre as épocas de colheita. Em 2015, a mistura passou para 27%.

A indústria de transformação brasileira desenvolveu veículos flex, que podem rodar com qualquer proporção de gasolina e etanol hidratado (E100). Lançados no mercado em 2003, os veículos flex tornaram-se um sucesso comercial, alcançaram um recorde de participação de 92,3% de todos os carros novos e vendas de veículos leves em 2009. A produção cumulativa de automóveis flex atingiu a marca de 10 milhões de veículos em março de 2010 e de 15,3 milhões de unidades em março de 2012, e 40 milhões em 2023. Em meados de 2010, havia 70 modelos de veículos flex disponíveis no mercado, fabricados por 11 grandes fabricantes de automóveis. O sucesso dos veículos "flex", em conjunto com a mistura E25 obrigatória em todo o país, permitiu que o consumo de álcool combustível no país atingisse uma quota de mercado de 50% da frota de carros movidos a gasolina em fevereiro de 2008. Em termos de energia equivalente, o etanol de cana representou 17,6% do consumo total de energia do país no setor dos transportes em 2008.

Comparação entre a produção de etanol nos Estados Unidos e Brasil

Comparação das principais caraterísticas da indústria do etanol nos Estados Unidos e Brasil			
Característica	Brasil	Estados Unidos	Unidades/comentário
Matéria prima (insumo agrícola)	cana-de-açúcar	Milho	
Matéria prima (química)	Glicose (monossacarídeo)	Amido	
Produção total de etanol (2008)	6,472	9,000	Milhões de galões líquidos EUA.
Total terras aráveis	354	270	Milhões hectares.
Área total plantada do cultivo para produzir etanol	3,6 (1%)	10 (3,7%)	Milhões hectares (% total arável) em 2006.
Productividade per hectare plantada	6,800-8,000	3,800-4,000	Litros de etanol per hectare produzidos.
Balanço energético (produtividade energética)	8,3 a 10,2 vezes	1,3-1,6 vezes	Relação da energia produzida sobre a energia gasta na produção do etanol
Redução das emissões	86-90%[2]	10-30%[2]	% de emissões evitadas ao substituir gasolina por álcool, sem mudanças nos usos dos solos.

de gases de efeito estufa			
Tempo para restituir o carbono pelo uso de terras novas	17 anos[3]	93 anos[3]	Cenários com mudanças no uso do solo por Fargione et al.
Frota de veículos flex (autos e comercias leves)	8,2 milhões	8,0 milhões	Somente automóveis e camionetes. Brasil em Julho de 2009 (frota usa E25 a E100) e E.U.A no início de 2009 (usa somente E85).
Postos de combustível com venda de etanol no país	33.070 (100%)	1.963 (1%)	% do total de postos em cada país. Em Dezembro 2007 para Brasil e Março 2009 para E.U.A.
Participação do etanol no mercado de combustível	50%[4]	4%	% do consumo total em base volumétrica. Brasil até Abril 2008 e ano 2006 para E.U.A.
Custo de produção (USD/galão)	0,83	1,14	2006/2007 para o Brasil (22¢/litro), 2004 para E.U.A (35¢/litro).
Subsídio agrícola (em USD)	0	0,45/galão	E.U.A. desde 1 de Janeiro 2009. No Brasil a produção do etanol já não tem subsídios.
Tarifas de importação (em USD)	0	0,54/galão	Até 30 de Abril 2008, o Brasil não importa etanol, E.U.A. importa, a maioria do Brasil.
Notas: (1) Somente E.U.A. contíguo (excluindo Alasca) (2) Presume que não tem mudanças no uso do solo. (3) Presume mudanças nos usos do solo na lavoura de cana de açúcar no cerrado brasileiro e do milho na pradaria central americana. (4) Quando inclusos os veículos de motor diesel, o uso do etanol no setor viário foi perto de 18% em 2006.			

O uso de etanol nas aeronaves eVTOL pode ser utilizado de maneira bem interessante, isto porque as aeronaves eVTOL podem andar nas grandes cidades e também nas estradas e pousar próximos a postos de combustível e encher o tanque com etanol nestes postos, para em seguida voltar a voar nas direções e sentidos desejados. Isto é diferente de ter que pousar sempre num heliporto ou em um aeródromo para encher o tanque com avigás ou com querosene.

mp
CONVENIÊNCIA
4 GE
3 GE
2 GE
1 GE
SÃO PAULO
Maringá | PR - (41) 4042.0519
(44) 9 9104.0519
petroldesign.com.br | contato@petroldesign.com.br
BY-NC-ND
PETROL GROUP

71) Compra e Montagem dos Instrumentos de medição:

Ao longo dos anos, para lidar com os complicados mecanismos que equipam um avião, tornou-se indispensável criar algo que medisse e indicasse com precisão certas condições físicas.

Surgiram então determinados instrumentos que, instalados a bordo dos aviões, não só garantem uma indicação precisa, mas, asseguram maior segurança do avião e economia de seus numerosos equipamentos, proporcionando ainda a realização de voos mesmo em condições atmosféricas adversas.

Porém, eles só poderão desempenhar seu papel, quando respeitados todos os requisitos técnicos de mantê-los em ótimas condições de funcionamento, acompanhados de uma interpretação correta de suas indicações.

São necessários regras de segurança, uso adequado de ferramentas, leitura correta dos aparelhos de medição, teoria do princípio de funcionamento de cada instrumento, etc.

Uma aeronave necessita de diversos instrumentos de medição: é necessário tudo de pitot, velocímetro, altímetro, medidor de pressão atmosférica, bussola, GPS, Waze, sensores de ultrassom, rádio VHF e rádio UHF, potenciômetros para comando de velocidade desejada, altitude desejada, e ângulo de guinada desejado, indicador de razão de subida e descida, indicador de atitude, horizonte artificial, acelerômetro, machímetro, medidor nível do tanque de combustível, indicador de temperatura do motor, indicador de torque do motor, indicador de temperatura do óleo, transponder:

Tubo de Pitot = medidor de velocidade

Altímetro = altitude de voo

Medidor de pressão atmosférica

Bussola = medidor de direção de voo (indicador de rumo)

GPS = posicionador em relação ao solo

Waze = posicionador em relação a ruas e avenidas

Sensores de Ultrassom = medidor de distâncias de obstáculos nas 6 direções (frontal, traseira, acima, abaixo, direita e esquerda.

Rádio VHF e rádio UHF = instrumentos de comunicação com torres e com outras aeronaves.

Potenciômetros = comando de velocidade, de altitude e de ângulo de guinada desejado.

Indicador de razão de subida e descida

Horizonte artificial = medir a inclinação

Indicador de atitude = medição de ângulo de ataque

Indicador de derrapagem

Acelerômetro = medição da aceleração

Machímetro = medidor do número de Mach (velocidade do som)

Medidor nível do tanque de combustível

Indicador de temperatura do motor

Indicador de torque do motor

Indicador de temperatura do óleo

Voltamperímetro = medidor de voltagem e de amperagem

Relógio

Indicador de temperatura do ar externo

Transponder = comunicação com outras aeronaves e com a torre

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

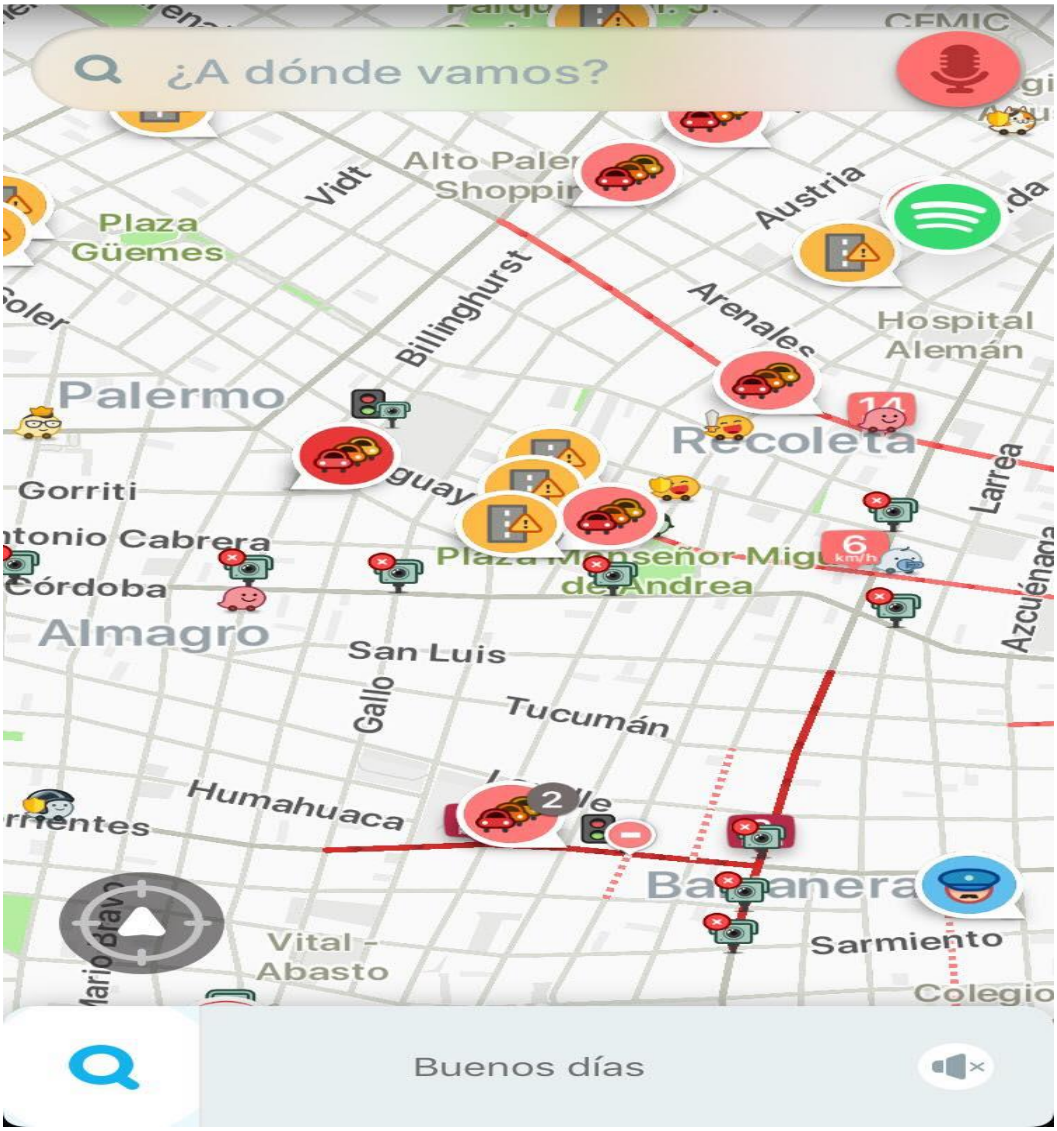
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Os **instrumentos de voo** são dispositivos que fornecem informações ao piloto sobre a situação da aeronave, como altitude, velocidade horizontal, velocidade vertical, proa e outras informações cruciais. Eles melhoram a segurança ao permitir que o piloto voe a aeronave em voo nivelado, faça curvas ou outras manobras sem uma referência externa à aeronave, tal como o horizonte.

Os instrumentos de voo mais comuns incluem o velocímetro (Air Speed Indicator - ASI), o altímetro (Altimeter), o indicador de razão de subida e descida (Vertical Speed Indicator - VSI), o indicador de atitude (Attitude Indicator), o horizonte artificial (Artificial Horizon), o indicador de rumo (Heading Indicator) e o indicador de derrapagem (Slip/Skid Indicator) .

Os instrumentos que utilizam o sistema Pitot-estático usam a diferença na pressão do ar para determinar a velocidade e a altitude. O altímetro mostra a altitude da aeronave acima do nível do mar ao medir a diferença entre a pressão nas cápsulas aneróides dentro do altímetro e a pressão atmosférica obtida pelo sistema de pressão estática. A unidade mais comum para calibração do altímetro ao redor do mundo é o hectopascal (hPa), exceto na América do Norte e no Japão, onde a medida se dá em polegadas de mercúrio (inHg).

Para voo seguro de uma aeronave eVTOL Motorbike ou eVTOL Flying Car somente é necessário o velocímetro, o altímetro, a bussola, o medidor de razão de descida ou de subida, o Waze para voar baixo nas grandes cidades contornando os prédios, os sensores de ultrassom para evitar colisões com obstáculos, o medidor de combustível no tanque e os comandos (potenciômetros de altitude, de velocidade e de rumo desejados.



72) Compra, Programação e Testes do Arduíno:

O controle de navegação e segurança do eVTOL Motorbike e do eVTOL Flying Car é constituído a partir de um Software construído em C/C++ utilizando a metodologia MBSE / SysML (Model Based Systems Engineering / Systems Modeling Language). A metodologia pode usar a plataforma Rhapsody da IBM ou outra plataforma freeware.

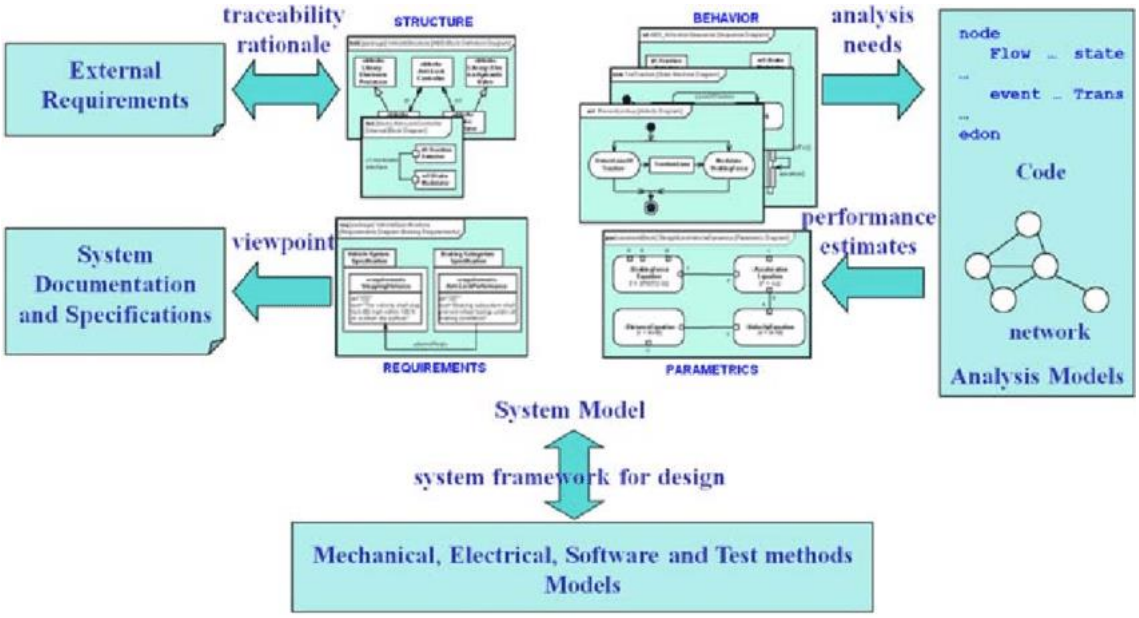
O software deve trabalhar com um notebook hospedeiro onde deve ser construído o software Modelo (MBSE / SysML) e gerado o código em C/C++; este deve executar interface (através de uma porta USB) com uma placa Arduino que deve possuir as placas dos instrumentos de medição em conexão.

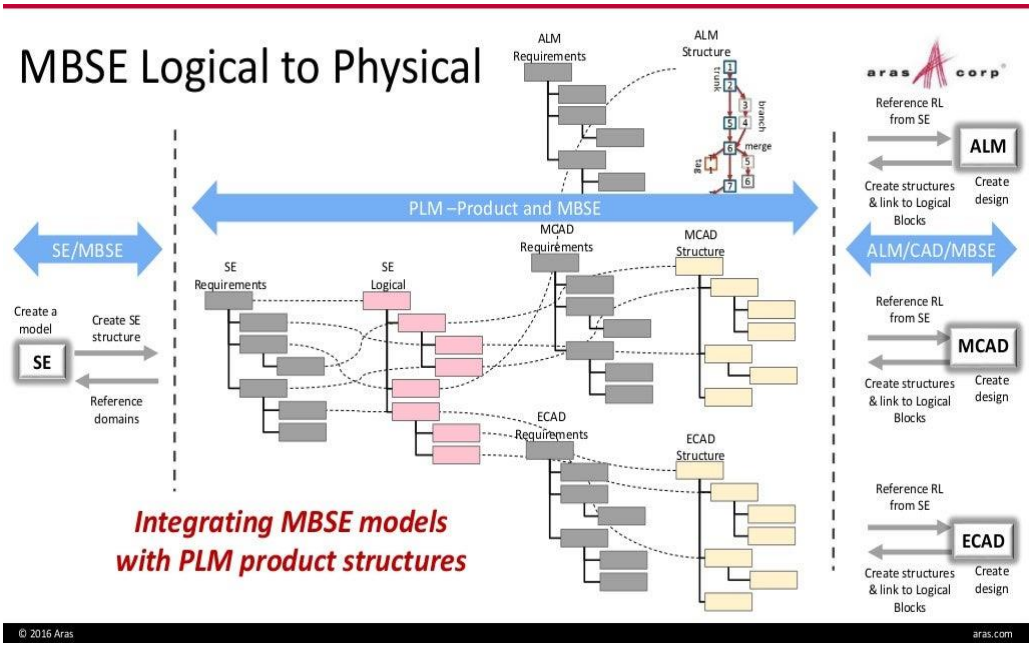
Ou seja, o Arduíno trabalha como uma ponte entre o aplicativo construído em C / C++ no notebook e os instrumentos de medição e os atuadores eletromecânicos como se fosse um CLP Industrial (Controlador Lógico Programável).

O software através do Arduino deve ser capaz de medir a velocidade horizontal, a razão de subida ou descida, a altitude, os sensores de ultrassom (para checar a presença de obstáculos), deve ser capaz de realizar um voo pairado de emergência, medir o ângulo de bussola, medir o combustível do tanque, executar um pouso de emergência, realizando os comandos de altitude, velocidade e guinada de forma automática, sem a intervenção do piloto.

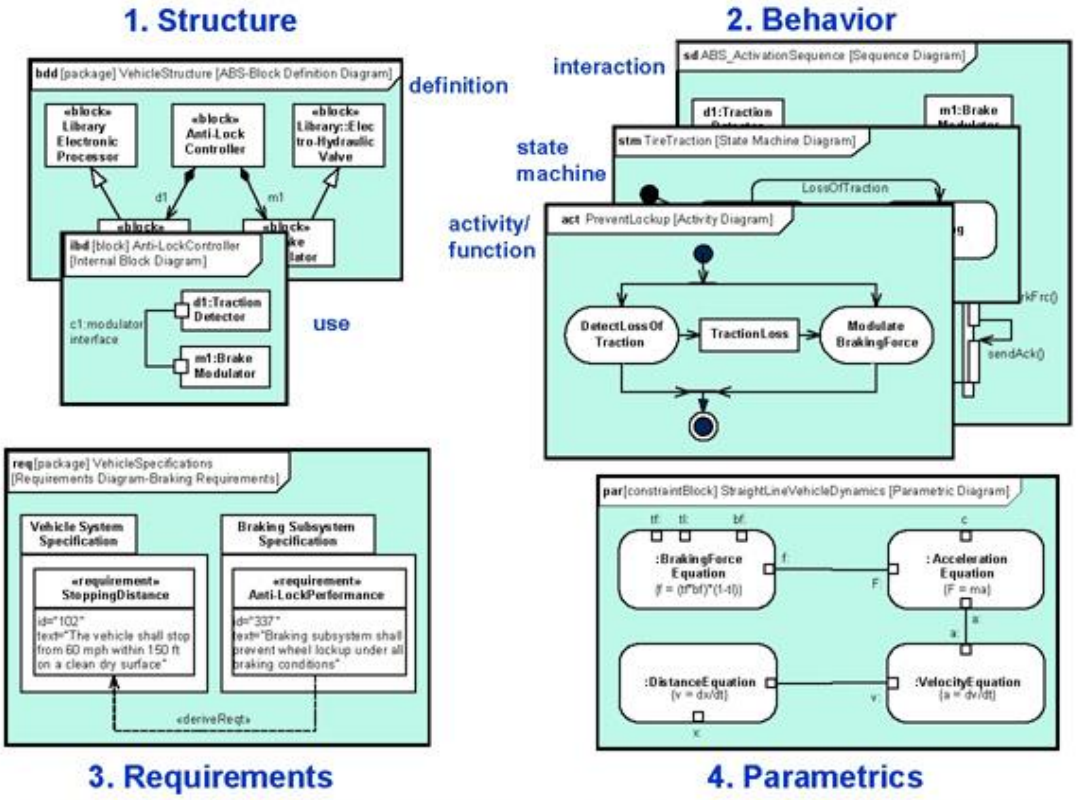
O Arduino a ser comprado, deve possuir um elevado número de portas de E/S (Entrada e Saída) tanto digitais quanto analógicas (D/A e A/D) para instrumentos de medição (Entrada) e saída para atuadores (Saídas). Caso o número de portas de E/S seja insuficiente deve ser usadas as portas shields da placa Arduino como recurso de expansão para se aumentar o número de portas de E/S do Sistema.

A correta programação e execução dos testes de voo, é fundamental para a segura execução de voo. Os testes devem ser com grandes critérios de segurança e com simulação de todas as condições de voo, incluindo chuva, vento, neve e outros condições atmosféricas indesejadas. O Modelo MBSE / SysML permite a rápida construção do código C/C++ assim como a rápida modificação, manutenção e documentação oferecida por Engenharia Complexa e Engenharia Ágil.

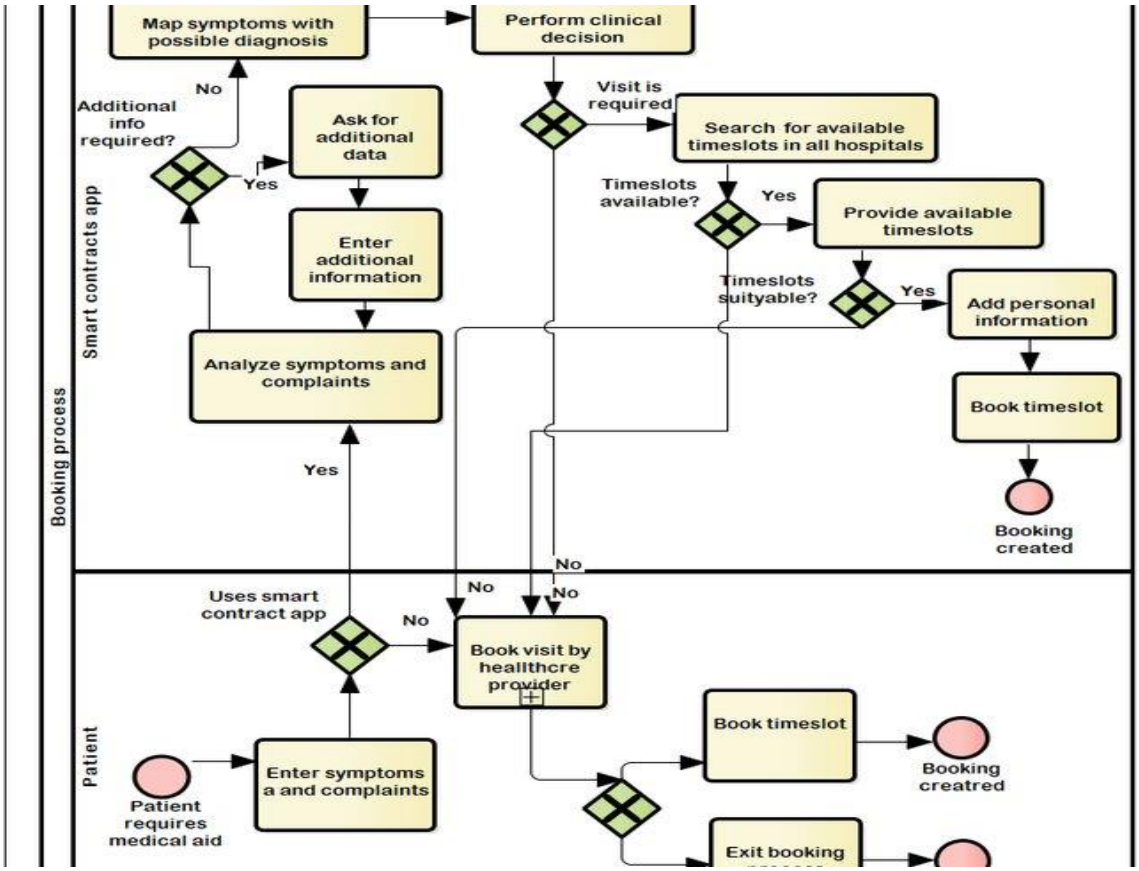




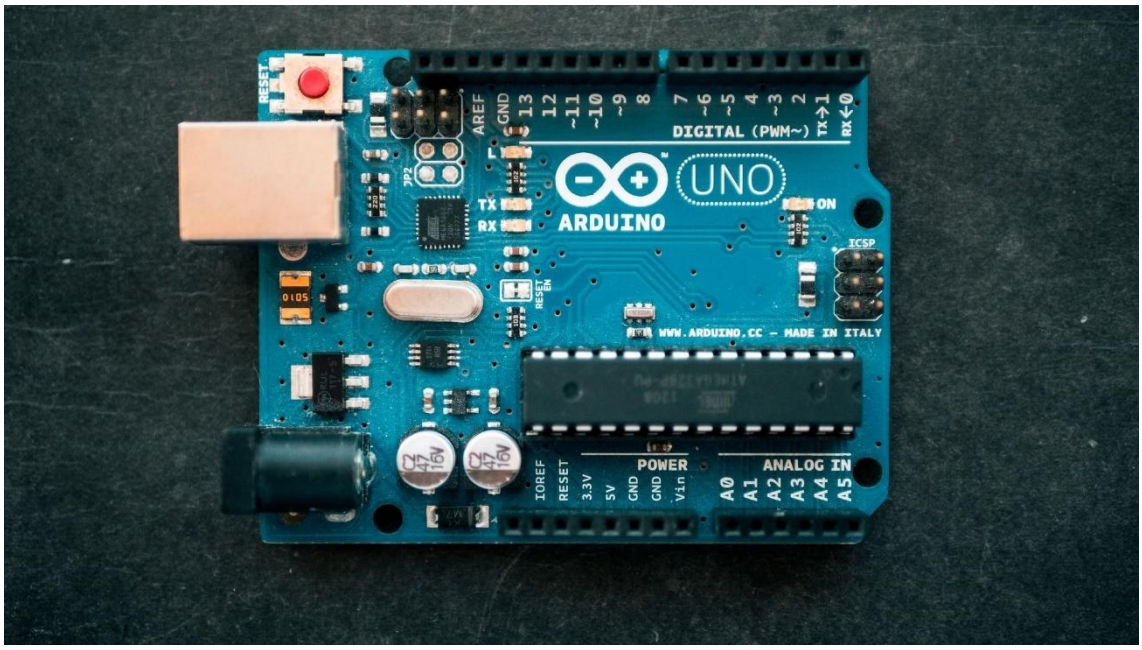
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

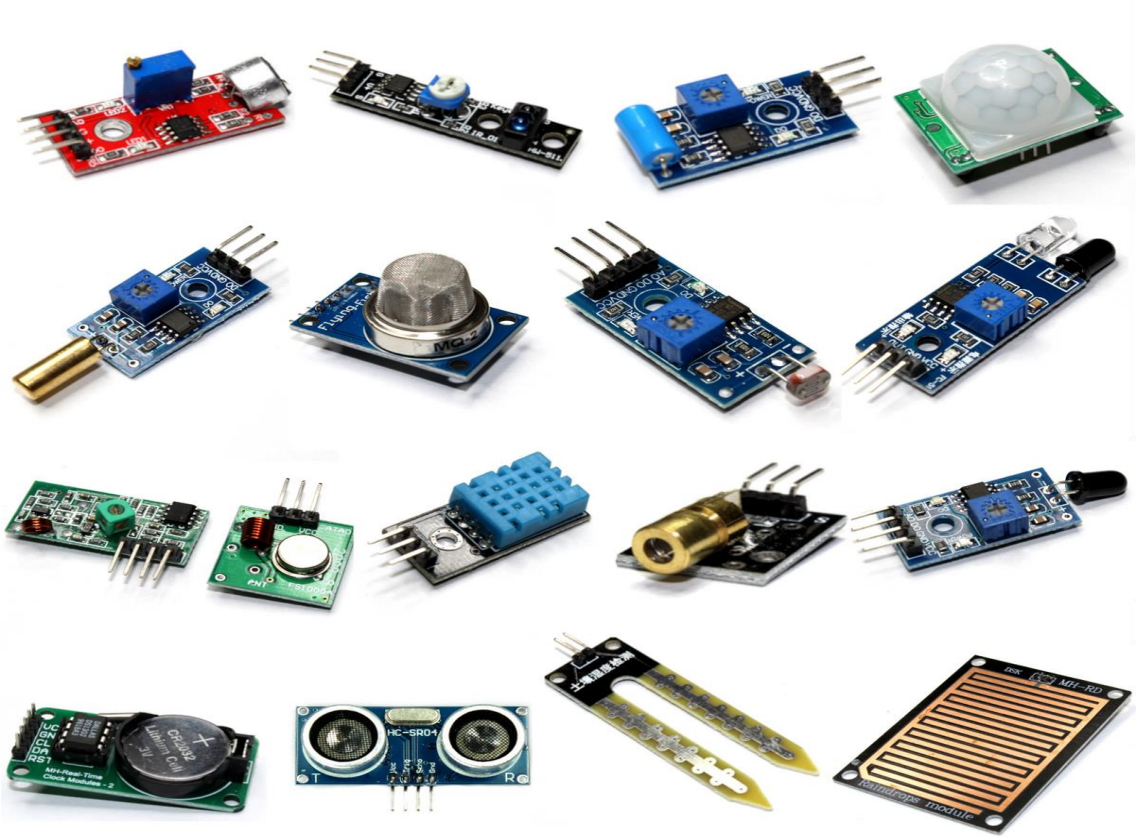


Note that the Package and Use Case diagrams are not shown in this example, but are respectively part of the structure and behavior pillars



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

73) Projeto, programação e Montagem do Sistema de Controle e Sistema de Segurança, usando Arduíno:

O Projeto de controle de aeronaves para controlar a altitude, a velocidade de voo, a razão de subida e o ângulo de guinada pode ser construído com as metodologias de Malha Fechada através da Transformada de Laplace no plano s ou da Transformada Z no plano Z.

A entrada do sistema se faz com uma variável de entrada do Arduíno, (por exemplo altitude) em seguida esta entrada alimenta a retroalimentação da equação de controle a partir de um comando de altitude desejado, a equação de controle realiza a amplificação do erro (PID – Proporcional, Integral e Derivativo) gerado entre a variável de comando e a variável medida, que gera a atitude dinâmica sobre a planta a ser controlada. Esta atitude faz com que a planta tenha o comportamento dinâmico desejado.

Esta operação pode e deve ser feita para as variáveis de comando como, não somente o controle de altitude, mas também o controle da velocidade de voo horizontal, da razão de subida e de descida, da direção de rumo, do voo pairado de emergência e do pouso de emergência.

A Transformada de Laplace é utilizada para sistemas de variáveis analógicas contínuas, assim como a Transformada Z é utilizada para sistemas de variáveis digitais discretas e ou computadorizadas.

Transformada de Laplace

Em matemática, a **transformada de Laplace** é uma transformada integral epónimo a seu descobridor, o matemático e astrônomo Pierre-Simon Laplace, que utilizou uma forma semelhante em seus trabalhos de Teoria da Probabilidade. A sua teoria foi desenvolvida mais a fundo entre o século XIX e o início do século XX por Matyáš Lerch, Oliver Heaviside e Thomas John I'Anson Bromwich.

A transformada gera uma função de variável s (frequência) a partir de uma função de variável (tempo) e vice-versa. Dada uma simples descrição matemática ou funcional de entrada ou saída de um sistema, a transformada de Laplace fornece uma descrição alternativa que, em um grande número de casos, diminui a complexidade do processo de análise do comportamento do sistema ou sintetiza um novo sistema baseado em características específicas. Nesse sentido, a transformada de Laplace converte uma equação diferencial em equação algébrica e uma convolução em multiplicação.

A atual aplicação da transformada (principalmente em engenharia) foi inicialmente descoberta durante a Segunda Guerra Mundial e substituiu o cálculo operacional.

Quando fala-se em "transformada de Laplace" sem especificação, geralmente, refere-se à forma unilateral. A transformada de Laplace é originalmente definida pela forma bilateral, mas pode ser definida também no instante (t-a). Assim, a transformada de Laplace unilateral em que qualquer argumento é múltiplo da função de tempo.

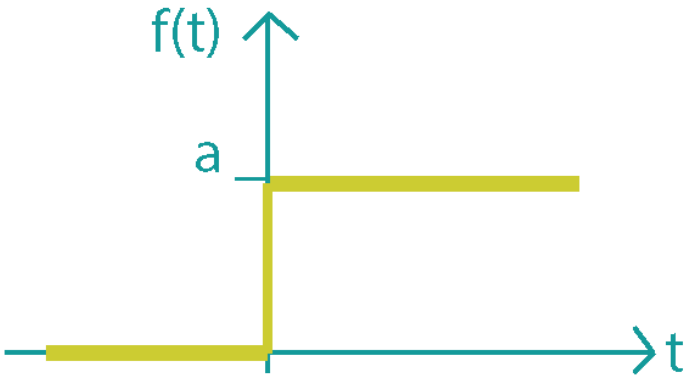
A transformada de Laplace da função é uma função de , que representa a frequência. Utilizamos então como notação a letra maiúscula para a transformada e letra minúscula para a função.

$$f(t) \begin{cases} = a \text{ para } t>0 \\ = 0 \text{ para } t<0 \end{cases}$$

$$L(f(t)) = \int_0^{\infty} a*e^{-ts}dt = -\frac{a}{s}[e^{-ts}]_0^{\infty}$$

$$= -\frac{a}{s}[0-1]$$

$$= \frac{a}{s}$$



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

Transformada de Laplace

$$y(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{s(t-\tau)} \cdot h(\tau) d\tau$$

- Simplificando:

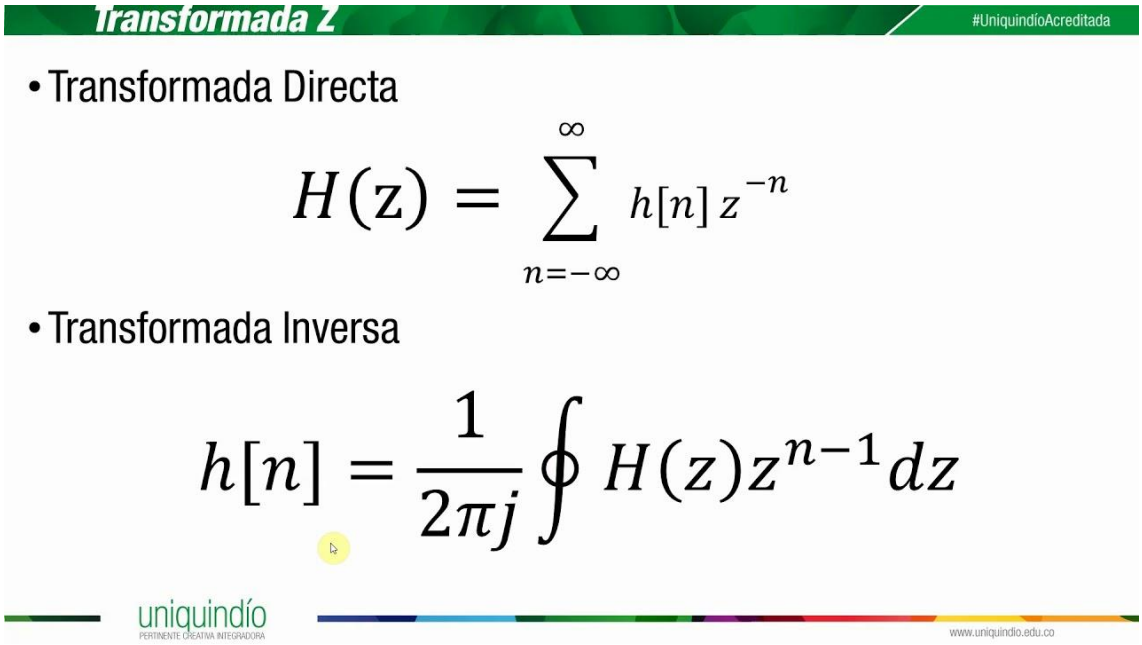
$$y(t) = e^{st} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-s\tau} \cdot h(\tau) d\tau \qquad H(s) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(\tau) \cdot e^{-s\tau} d\tau$$

$$y(t) = e^{st} \cdot H(s)$$

A **Transformada Z** é um método operacional útil no tratamento de sistemas (de tempo) discretos. É também de grande importância na análise de sinais digitais e no projeto de sistemas de controle digital. Sabe-se que a transformada de Laplace (1749-1827) tem sido usada desde longa data na solução de equações diferenciais contínuas e invariantes no tempo.

Em engenharia, a ideia por trás do nome “Transformada” consiste, basicamente, em uma operação matemática que tem por finalidade promove algum tipo de simplificação. Dessa forma, o logaritmo consiste, provavelmente, na ferramenta mais antiga de que se tem notícia cujo conceito se aproxima da ideia de transformada, uma vez que transforma multiplicações e divisões em somas e subtrações, além de ser útil na resolução de equações cujos expoentes são desconhecidos (Boyer, 1974). Em verdade, o conceito das transformadas vai muito além dos logaritmos no contexto da engenharia, em que desempenham papel importante. Entre as mais conhecidas (e com certeza mais utilizadas) figura a **Transformada Z**.

Da mesma forma que a transformada de Laplace é utilizada para variáveis contínuas e analógicas, utiliza-se a transformada Z para variáveis discretas e digitais. De forma análoga, segue as equações da Transformada Z para o ambiente digital.



Descreve-se a seguir um exemplo:

Ecuaciones de diferencia

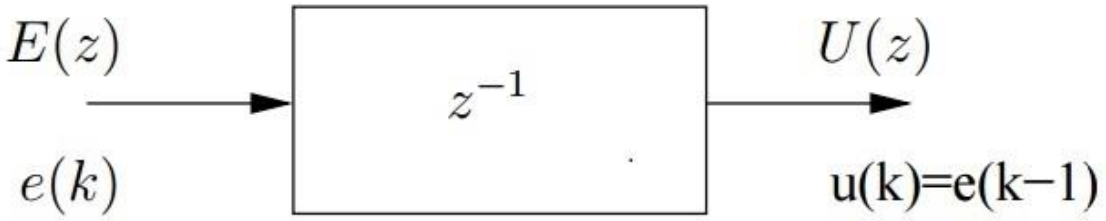
$$\frac{Y(z)}{z} = \frac{-1}{z+2} + \frac{1}{z+1} \qquad Y(z) = \frac{-z}{z+2} + \frac{z}{z+1}$$

La inversa será:

$$z^{-1}[Y(z)] = z^{-1}\left[\frac{-z}{z+2}\right] + z^{-1}\left[\frac{z}{z+1}\right]$$

$$z^{-1}\left[\frac{z}{z-c}\right] = c^k u(k)$$

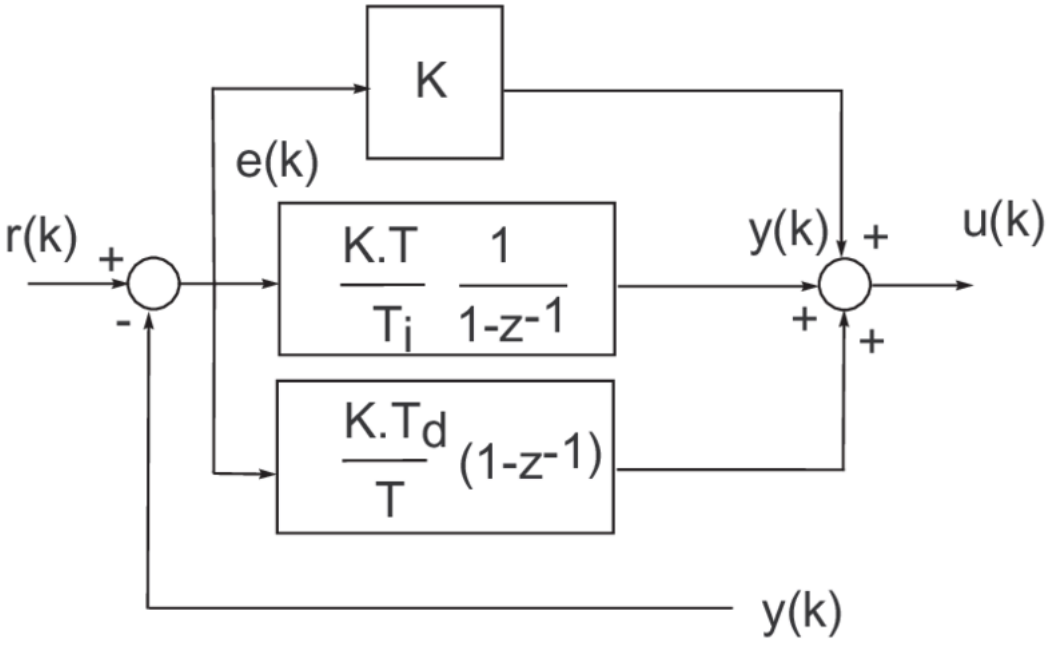
$$y(k) = -(-2^k) + (-1^k), \qquad k = 0, 1, 2, 3, \ldots$$



Função de Transferência z^{-1}

Tabla de transformadas z más comúnmente usadas.

Transformada de Laplace $E(s)$	Función tiempo $e(t)$	Transformada z $E(z)$
$\frac{1}{s}$	$u(t)$	$\frac{z}{z-1}$
$\frac{1}{s^2}$	t	$\frac{Tz}{(z-1)^2}$
$\frac{1}{s+a}$	ϵ^{-at}	$\frac{z}{z-\epsilon^{-aT}}$
$\frac{a}{s(s+a)}$	$1-\epsilon^{-at}$	$\frac{z(1-\epsilon^{-aT})}{(z-1)(z-\epsilon^{-aT})}$
$\frac{1}{(s+a)^2}$	$t\epsilon^{-at}$	$\frac{Tz\epsilon^{-aT}}{(z-\epsilon^{-aT})^2}$
$\frac{a}{s^2(s+a)}$	$t-\frac{1-\epsilon^{-at}}{a}$	$\frac{Tz}{(z-1)^2}-\frac{(1-\epsilon^{-aT})z}{a(z-1)(z-\epsilon^{-aT})}$
$\frac{a}{s^2+a^2}$	sen (at)	$\frac{z \text{ sen } (aT)}{z^2-2z\cos(aT)+1}$
$\frac{s}{s^2+a^2}$	cos (at)	$\frac{z(z-\cos(aT))}{z^2-2z\cos aT+1}$
$\frac{1}{(s+a)^2+b^2}$	$\frac{1}{b}\epsilon^{-at}$ sen bT	$\frac{1}{b}\left[\frac{z\epsilon^{-aT}\text{ sen } bt}{z^2-2z\epsilon^{-aT}\cos(bT)+\epsilon^{-2aT}}\right]$
$\frac{s+a}{(s+a)^2+b^2}$	$\epsilon^{-at}\cos bt$	$\frac{z^2-z\epsilon^{-aT}\cos bT}{z^2-2z\epsilon^{-aT}\cos bT+\epsilon^{-2aT}}$



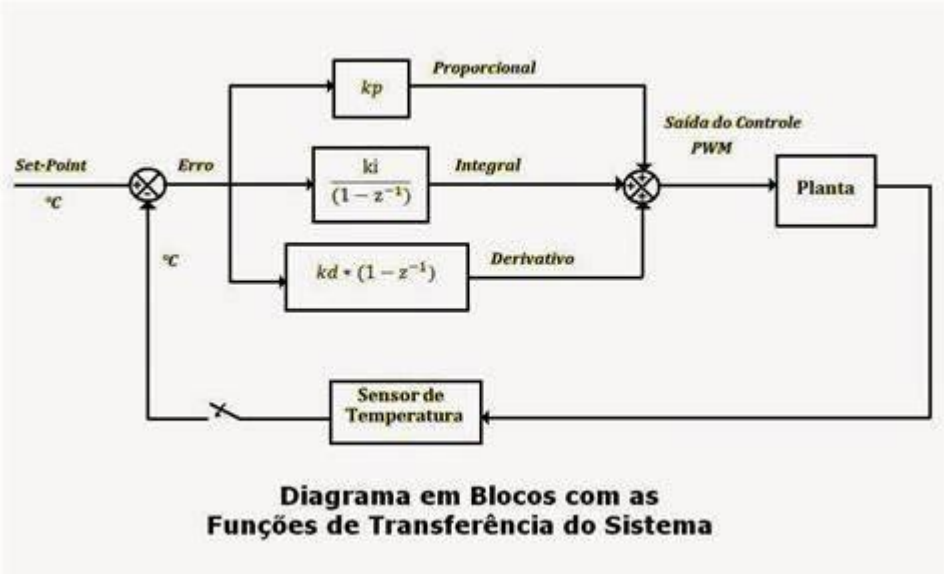
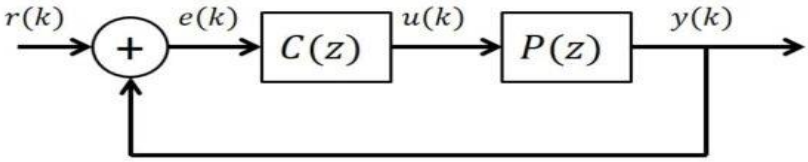
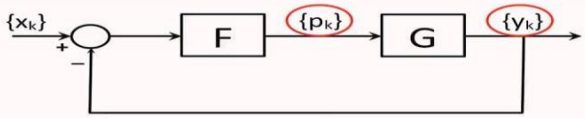


Diagrama em Blocos com as Funções de Transferência do Sistema



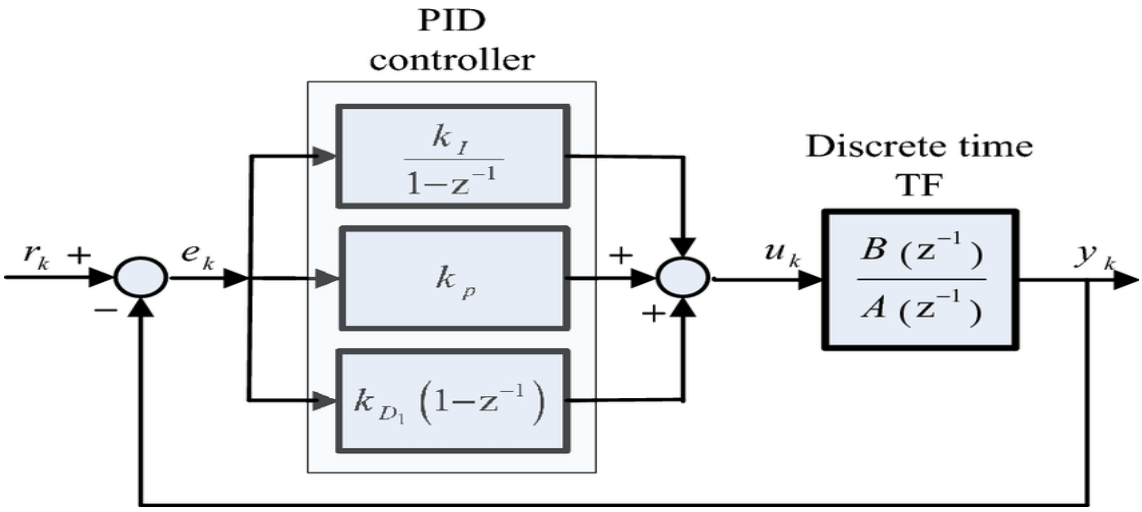
2. Obtener las funciones de transferencia de los bloques F y G.

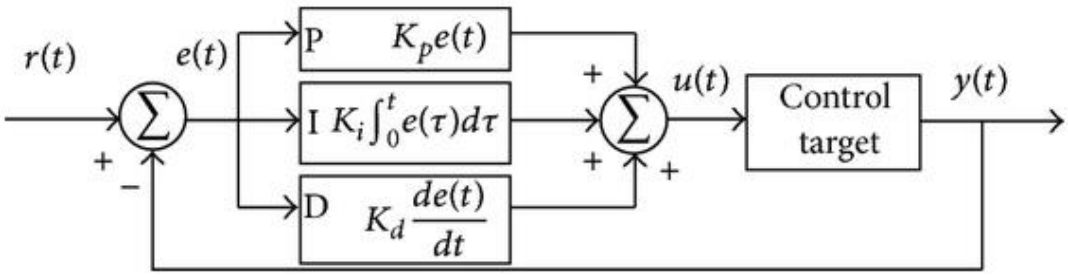


Función de transferencia del bloque *G*:

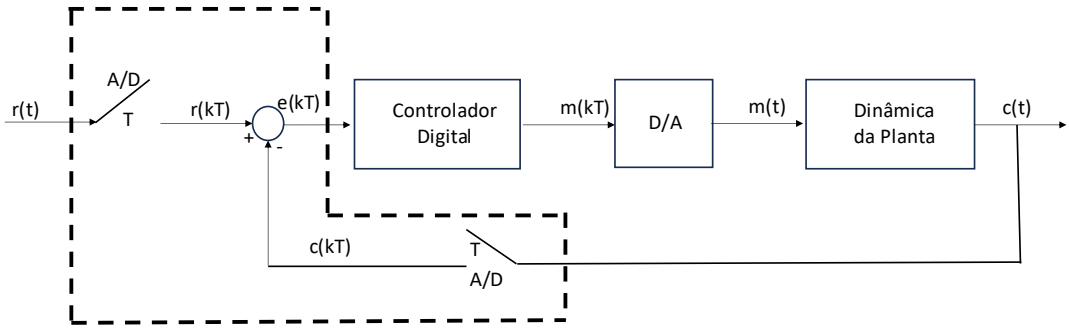
$$G(z) = \frac{Y(z)}{P(z)} = \frac{z^{-1} + z^{-2}}{2 + 3z^{-1} + 2z^{-2}}$$

UNIVERSITAS Miguel Hernández





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



Este modelo permite a composição de plantas de dinâmica diferencial com o controle de navegação digital, ou computadorizado.

A atuação desejada é definida de forma eletrônica com uma variável r(t). Esta variável desejada é discretizada em r(kT) (A/D Conversão Analógica / Digital). O sistema realiza a medição da variável real da planta c(t) e subtrai a variável discretizada r(kT) menos a variável também discretizada c(kT) (A/D Conversão Analógica / Digital).

Esta subtração gera um erro discretizado e(kT) que é amplificado pelo controle PID Digital. O resultado desta amplificação gera a variável discretizada m(kT) e ao ser transformada na operação D/A (Conversão Digital / Analógica) gera a variável de comando m(t) que ao ser submetida a planta, exerce a saída do sistema (saída da planta) c(t) real.

A planta é discretizada usando o período de intervalo de tempo T.

Assim, controla-se c(t) em função de r(t) usando um sistema discretizado que deve ser projetado usando a Transformada Z.

74) Implementação do Sistema de Software Embarcado para navegabilidade usando Waze para deslocamento seguro entre prédios:

Waze é uma aplicação para dispositivos móveis, baseada na navegação por GPS e que contém informações de usuários e detalhes sobre rotas, dependendo da localização do dispositivo portátil na rede. Foi desenvolvida pela start-up Waze Mobile de Israel, empresa que foi adquirida pela Google em 2013.

Waze ganhou o prêmio de melhor aplicativo portátil de 2013 no Congresso Mundial de Portáteis, derrubando o Dropbox, Flipboard e outros. Em 11 de junho de 2013, o Google completou a aquisição do Waze por reportados $1,3 bilhões de dólares.

Atualmente Waze tem versões para Android, iOS. Em julho de 2013 o Waze disse que estava planejando suporte para ambos iPhone e Android, e iria considerar suportar novas plataformas.

Waze difere do software navegador GPS tradicional pois é uma aplicativo-comunidade de navegação que fornece dados complementares do mapa e outras informações de tráfego dos usuários. Como outro software de GPS, ele aprende conforme os usuários dirigem para fornecer rotas e atualizações de tráfego em tempo real. É gratuito para baixar e usar. As pessoas podem relatar acidentes, congestionamentos, velocidade, blitzes policiais etc, e podem atualizar rodovias, pontos de referência, números de casas etc. O Waze também identifica os postos de gasolina mais baratos perto do usuário através de sua rota. Em Janeiro de 2012, o aplicativo já havia sido baixado por 12 milhões de vezes no mundo. Em Julho de 2012 o Waze anunciou que havia chegado aos 20 milhões de usuários, metade deles recrutados nos últimos 6 meses. De acordo com o Yahoo! Existiam cerca de 50 milhões de usuários do Waze em Junho de 2013.

Waze pode ser usado em qualquer lugar no mundo mas requer uma crítica massa de usuários para ter real utilidade; atualmente somente 13 países têm um mapa base completo, os outros estão mapeados incompletamente, necessitando que os usuários gravem as estradas e editem os mapas. Já em 2013 o Waze era um mapa base completo para os Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, França, Alemanha, Itália, Países Baixos, Bélgica, Israel (escolhido para ser o melhor mapa para o país), África do Sul, Colômbia, Equador, Chile e Panamá, mas a companhia tinha planos de mapas para outros países na Europa e outros lugares.

Em adição pela voz de navegação direção por direção, tráfico em tempo real, e outros alertas específicos de localização, o Waze simultaneamente envia informações anônimas incluindo a velocidade dos usuários e localização, para seu

banco de dados para melhoria do serviço como um todo. A massa de fontes permite que a comunidade do Waze relate e mapeie erros de tráfico e acidentes simplesmente por rodar o aplicativo enquanto dirigem. Por exemplo, se um número considerável de usuários em uma dada rodovia quase que simultaneamente alteram sua velocidade média para menos velocidade que numa média geral, isso pode indicar algum problema, os usuários são perguntados se há algum problema, e com a resposta de alguns, e confirmação de outros, a atualização é realizada. O Waze empreende convenções de games para encorajar usuários a fornecer mais informações, permitindo-os a dirigir através ícones de bolos e outras coisas para ganhar pontos. O Waze também oferece pontos por reportes de tráfico e estradas perigosas, que podem ser usados para mudar o avatar do usuário, o que irá incrementar seu status na comunidade.

Em 2011, o Waze Mobile atualizou o Software para exibir em tempo real, os pontos de interesse da curadoria da comunidade, incluindo locais de eventos tal como feiras e protestos nas ruas.

Em junho de 2012, o Waze lançou uma atualização para fornecer preços de combustível em tempo real. Com todas as atualizações de tempo real do Waze, preços são submetidos por usuários.

Desde novembro de 2012, na monetização do aplicativo, o Waze oferece revendas e propagandas da interface web para publicar um anúncio baseado no local onde um pequeno ícone irá aparecer de um determinado local do interesse do Wazer para induzir as ofertas que ele oferece. E também oferece uma interface de notícias de estações de TV do tráfego atual e alertas diretamente do aplicativo Waze; o serviço vem sendo usado por 25 emissoras de TV estado-unidenses desde junho de 2013. Também é usado pelo Grupo RBS no seu jornal matinal, o "Bom dia Rio Grande". Já é usado no Rio de Janeiro no Centro de Operações do Rio desde 24 de julho de 2013, como também em Nova Iorque e Nova Jersey desde 2012.

Em junho do 2013, o Waze introduziu um projeto global que iria possibilitar futuros encerramentos de estradas e atualizações de tráfico em tempo real durante a maioria dos eventos em dados países.

A aeronave eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car da VBJ Engenharia é projetada para voar dentro das grandes cidades, e permite reabastecimento de etanol em qualquer posto de gasolina das grandes cidades.

Para isso a aeronave da VBJ Engenharia precisa ser capaz de se deslocar entre prédios e edifícios de maneira segura. Esta navegação é alcançada através de um monitoramento do trânsito através do software Waze que monitora as ruas, as casas, os prédios, as pontes, as torres e os tuneis.

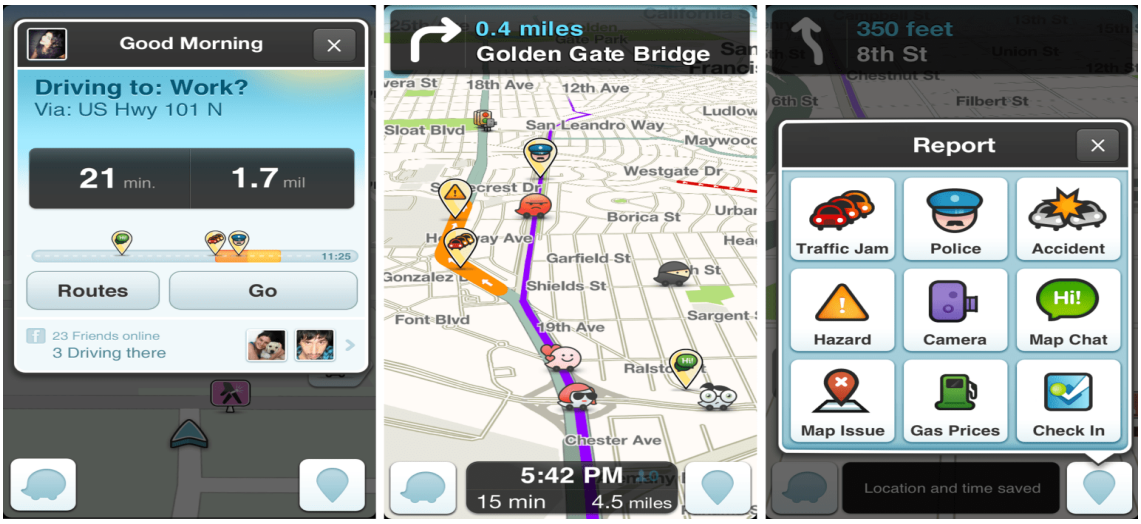
Através da monitoria destes obstáculos, a aeronave eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car da VBJ Engenharia consegue prever o deslocamento desejado de forma segura.

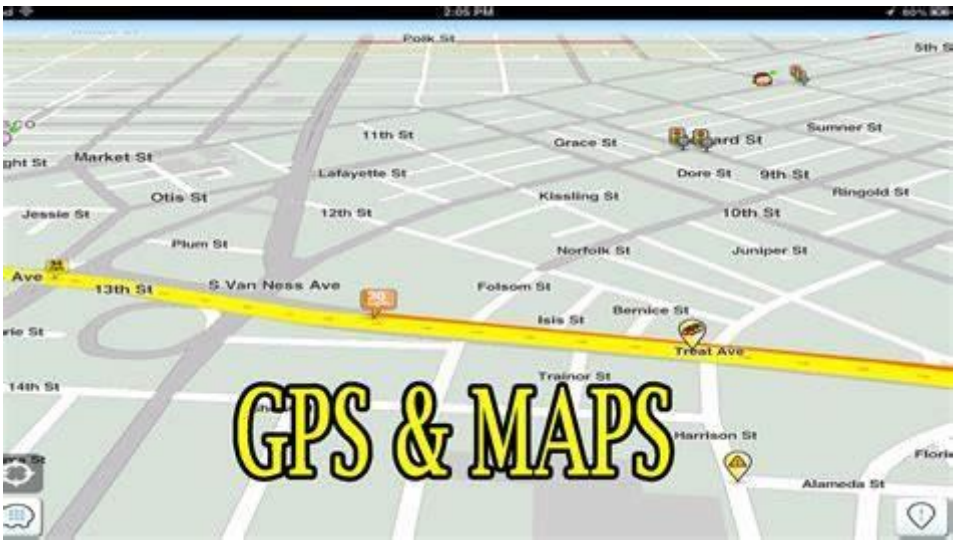
Caso surja um obstáculo indesejado no trânsito previsto, a aeronave realiza automaticamente um voo pairado e informa o piloto desta condição indesejada.

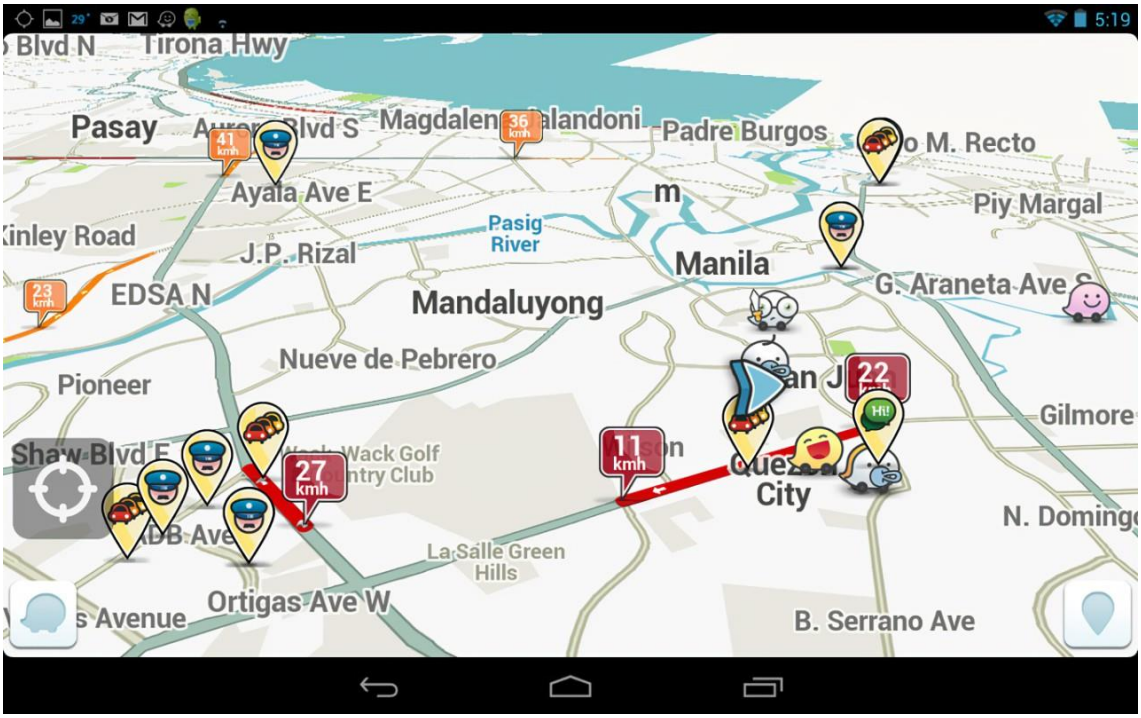
Após a execução do voo pairado, o piloto tem condição de planejar e comandar um novo trajeto. Ou seja, qualquer que seja o trânsito e o trajeto desejado, este trajeto é monitorado pelo Software Waze em conjunto com os sistemas de sensores de Ultrassom.

O sistema de ultrassom captura os obstáculos, compara com o trajeto futuro do Waze e decide ou não exercer um voo pairado de emergência.

O que significa que o uso do Software Waze é fundamental para exercer a segurança de voo. O Waze prevê onde estão os obstáculos para a execução do voo planejado. E propõe uma mudança de rumo.







VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

75) Testes de Voo vertical (eVTOL):

Os testes de voo vertical são fundamentais para o correto e seguro voo das aeronaves eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car da VBJ Engenharia.

Para se executar os testes de voo vertical há a necessidade de se disponibilizar e se propor uma Ponte Rolante.

Esta Ponte Rolante irá sustentar a aeronave a um metro de altura, e em seguida a aeronave executa o voo vertical. Este voo vertical será realizado com um Sistema de Controle de Malha Fechada com um Modelo de Controle com Retroalimentação Vertical, onde a altura desejada será definida a partir de um potenciômetro que fará com que a aeronave acelere a rotação dos motores elétricos e verticais exercendo o voo em subida até a altura desejada.

Este voo de subida irá realizar o aclive até uma altura desejada relativa ao valor do potenciômetro. Inicialmente a dois metros de altura, depois a três metros de altura, depois a quatro metros de altura, depois a cinco metros de altura, depois voo pairado e depois descendo a quatro metros de altura, em seguida a três metros de altura, depois a dois metros de altura, depois sustentado pela ponte rolante a um metro de altura.

Estes testes usando a ponte rolante são executados e repetidos dez vezes.

Após os dez testes de voo vertical, utilizando a ponte rolante, executa-se os testes de voo vertical sem usar a ponte rolante, onde os rotores verticais da aeronave são acelerados para exercer um voo a cinco metros de altura depois pairado; depois a dez metros de altura, depois pairado; depois a quinze metros de altura, depois pairado; depois vinte metros de altura, depois pairado; depois trinta metros de altura, depois pairado; depois quarenta metros de altura, depois pairado; depois cinquenta metros de altura, depois pairado;

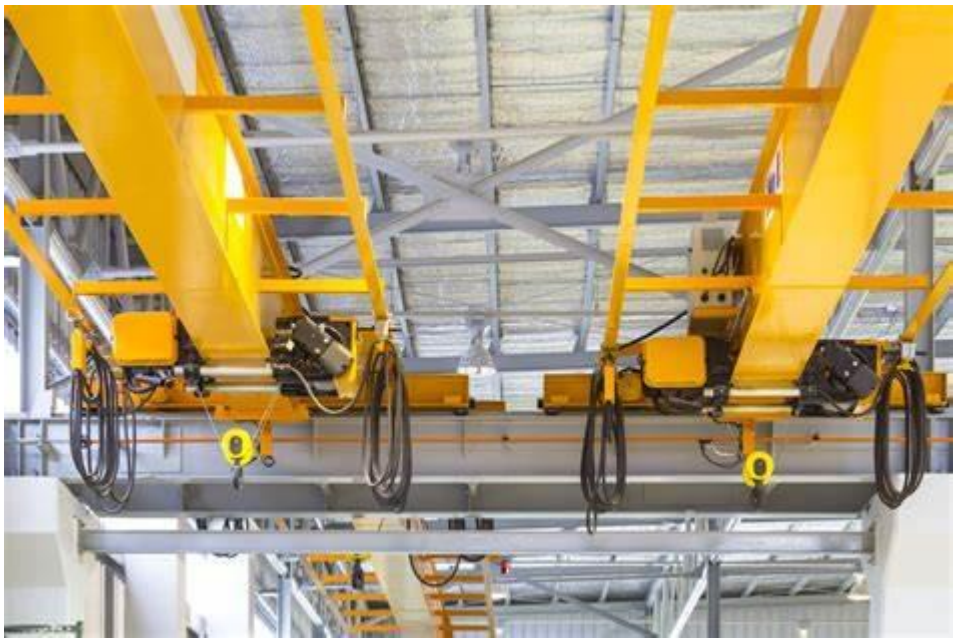
todos com sistemas de controle em malha fechada com retroalimentação vertical. Em seguida executa-se o voo em declive até quarenta metros de altura, depois pairado; depois até trinta metros de altura, depois pairado; depois a vinte metros de altura, depois pairado; depois a quinze metros de altura, depois pairado; depois a dez metros de altura, depois pairado; depois a cinco metros de altura, depois pairado; depois um metro de altura, depois pairado; e em seguida, pouso.

Estes testes são também repetidos dez vezes. Após a execução destes dez testes, simula-se os testes de segurança com o uso do airbag que para voo vertical, onde também se deve garantir a segurança de voo.

Após os testes de uso dos airbags, executa-se o voo a trezentos metros de altura que é a altura máxima de voo para o qual a aeronave eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car foi projetado. Após a execução dos testes de airbags com voo a trezentos metros, executa-se os testes com paraquedas. É importante saber que as aeronaves eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car da VBJ Engenharia foi projetada para exercer voos a baixas altitudes e contornar edifícios ou voar ligeiramente acima dos edifícios das grandes cidades, com o objetivo de vencer o trânsito destas cidades e não necessariamente voar a grandes altitudes.

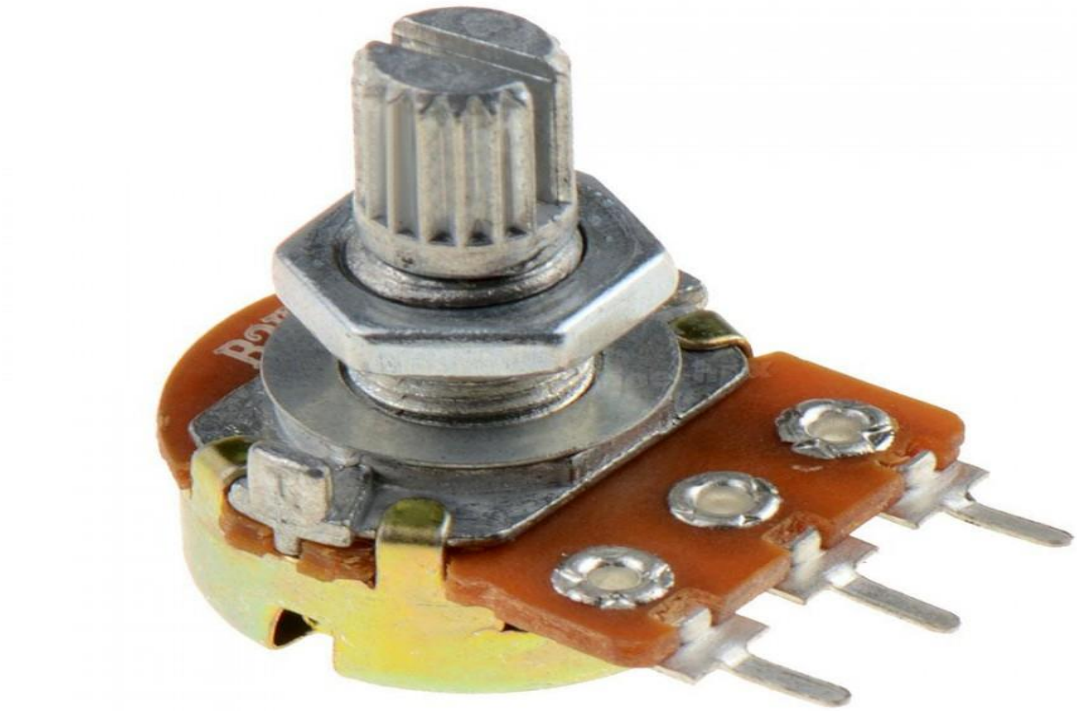
Os testes de voo vertical devem ser executados para todas as aeronaves comercializadas antes da entrega da aeronave para o cliente comprador do equipamento. Ou seja, toda aeronave eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car da VBJ Engenharia é testada em 100% dos casos nos voos verticais antes de que o cliente comprador adquire e use a aeronave.

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

76) Testes de Voo horizontal (velocidade máxima):

Os testes de voo horizontal são iniciados após a execução dos testes de voo vertical. Os testes de voo horizontal são realizados através do controle de voo de sistema de malha fechada, definindo a velocidade de voo através de um potenciômetro.

Este potenciômetro estabelece uma velocidade máxima igual a 100 km/h. Isto porque a velocidade máxima de ponta de asa mais a velocidade da aeronave tem que ser menor que a **Mach 1** (Velocidade do Som).

Vpasa + Vaero < Vsom

Vpasa = velocidade ponta de asa

Vaero = velocidade da aeronave

Vsom = velocidade do som

Vpasa = 2*pi()*f*R

f = frequência de rotação

f = 60 Hz

R = raio do rotor

R = 0,8 m

Vpasa = 301,44 m/s

Vsom = 340 m/s

Vaero = 30 m/s

Vaero = 108 km/h

Velocidade Máxima de Voo = 100 km/h

A velocidade máxima é definida a partir de um Sistema de Controle de Malha Fechada em que o valor de um potenciômetro que estabelece o valor desejado (no máximo 100 km/h). Este valor do potenciômetro é subtraído do

valor da velocidade real (obtida da subtração do tubo de pitot pela pressão estática). Este valor subtraído gera um erro de velocidade. Este erro de velocidade é então amplificado pelo valor do Controle PID (Proporcional, Integral e Derivativo) que define a frequência de rotação de saída do inversor de frequência, em que este acelera ou freia a velocidade de rotação dos motores/rotores horizontais elétricos.

Quando se deseja acelerar para frente o voo da aeronave, os dois rotores geram um arrasto que impulsiona a aeronave para frente com um rotor para frente no sentido horário e outro rotor para frente no sentido anti-horário (os dois rotores impulsionam em sentido opostos).

Quando se deseja frear a aeronave os rotores são movimentados nos sentidos inverso, freando a aeronave. Isto também ocorre quando há a necessidade de executar um voo pairado de emergência ou o interesse em fazer um voo pairado para se executar um voo de guinada. Se o voo de guinada for realizado sem se exercer o voo pairado, a aeronave vai derrapar, por isso é importante realizar o voo pairado antes de realizar o voo guinado.

Quando se deseja realizar um voo guinado, o rotor de um lado (por exemplo sentido horário) se movimenta no mesmo sentido do rotor do outro lado (também no sentido horário), fazendo com que a aeronave se movimente também no sentido horário. Esta rotação (voo de guinada) no sentido horário gera um movimento para o rumo desejado.

O sentido horário do motor/rotor da direita trabalha em sentido oposto ao rotor/motor da esquerda isto para conservar o momento de inércia angular da aeronave. Com um motor/rotor em sentidos opostos a aeronave opera om o momento de inercia angular estável e igual a zero, contínuo e conservado o que faz que a aeronave não gire.

O **Número de Mach** ou velocidade Mach (***Ma***) é uma medida adimensional de velocidade. É definida como a razão entre a velocidade do objeto que se desloca em um meio fluido e a velocidade das ondas sonoras nesse meio.

onde:

***Ma* = vo/vs**

Ma é o número Mach

vo é a velocidade média relativa do objeto

vs é a velocidade média do som.

Em outras palavras, a velocidade Mach é quantas vezes o corpo atingiu a velocidade do som. Em geral usa-se a aproximação direta de condições como pressão ao nível do mar e temperatura ambiente (próxima dos 27 ºC ou 300 K) para determinar uma velocidade do som igual a 340 m/s (ou 765 mph = 1 224 km/h). Assim, se um corpo atingiu 2 vezes a velocidade do som que é de 340 m/s, então este corpo atingiu a velocidade Mach 2 ou 2 x 340 m/s = 680 m/s = 2 448 km/h (1 530 milhas/h).

Para este cálculo-exemplo considera-se uma velocidade do som de 340 m/s, entretanto esta varia com o conjunto temperatura-pressão, isto é, para cada par de informações temperatura e pressão, temos uma velocidade do som determinada.

Essa velocidade pode ter uma grande gama de variações dependendo da condição do local, por isso em geral se indica as condições ao informar uma velocidade Mach, ou então se pressupõe que são as condições já citadas ou as mais precisas, que são em geral 343,4 m/s (ou 768,16 mph = 1 236,24 km/h).

A origem do nome se deu em homenagem ao físico e filosofo austríaco Ernst Mach que publicou em 1877 a sua teoria sobre a possibilidade de um corpo ser capaz de ultrapassar a velocidade do som. Um Mach (Ma), possui a velocidade de 1 225,044 km/h no nível do mar a temperatura ambiente, sendo considerada a velocidade mínima para que qualquer corpo consiga ultrapassar a barreira do som.

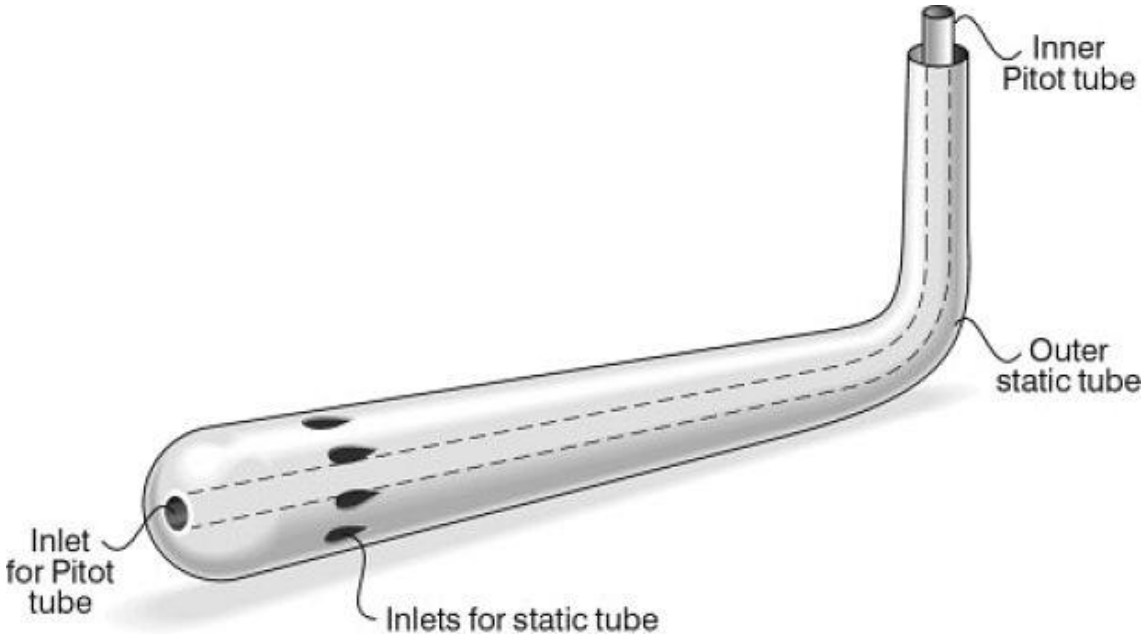
A nível de comparação física e para que pudessem ser feitas estimativas de velocidade e estudos enquadrados, pode-se citar as divisões usuais dos níveis de velocidade:

- Subsônica: Ma < 1
- Transônica: 0.8 < Ma < 1.2
- Sônica**: Ma = 1**
- Supersônica: Entre 1.2 Ma até 3 Ma
- Hipersônica: Ma > 3

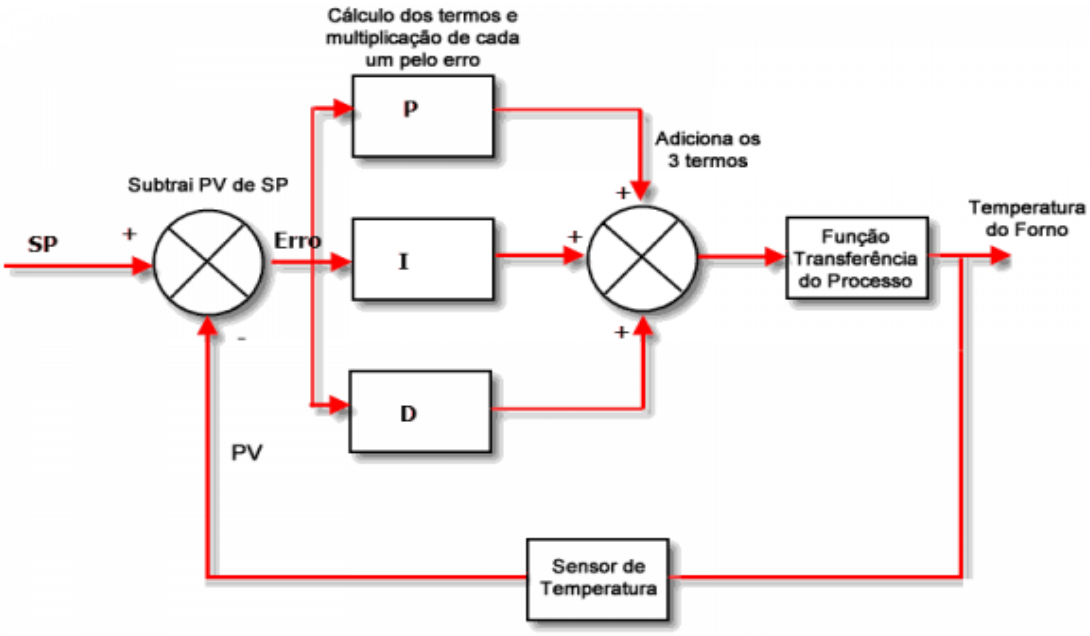
A velocidade transônica está entre a velocidade sub e supersônica. O período transónico inicia quando as primeiras partes do corpo (por exemplo, um avião) alcançam Ma > 1 e começa a aparecer uma barreira de ar em volta das asas do avião. Quando finalmente o avião alcança a velocidade sônica, segue-se um forte estrondo sonoro quando o avião excede Mach 1; a maior diferença de pressão passa para a frente da aeronave. Esta abrupta diferença de pressão é a chamada onda de choque, que se estende da traseira à dianteira com uma forma de cone (chamado cone de Mach). Esta onda de choque causa o "*boom* sônico" que se ouve logo após a passagem do avião. O piloto da aeronave não consegue ouvir esse ruído. Quanto maior a velocidade, mais limitado é o cone. Após ultrapassar Mach 1, dificilmente irá se formar um cone completo, mas um plano levemente côncavo.

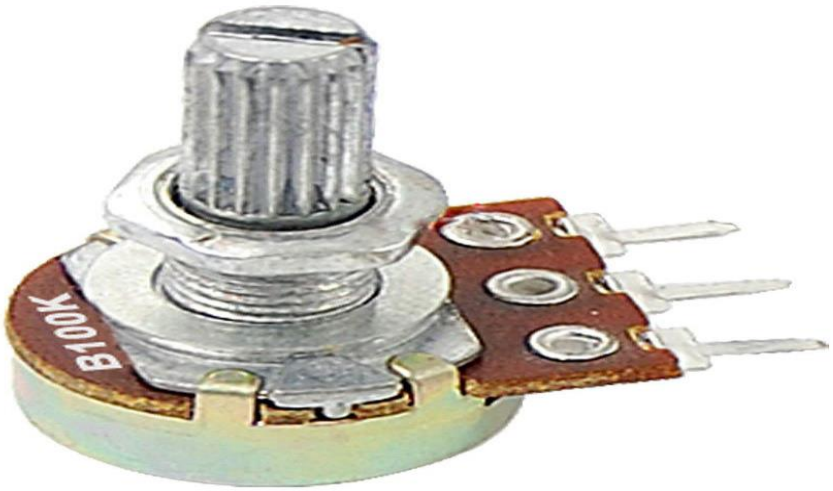
Com o aumento da velocidade Mach, há uma redução da força da "onda de choque" e o cone de Mach começa a ficar mais estreito. Com a vazão dos fluidos atravessando a "onda de choque", a velocidade é reduzida e a temperatura, pressão e densidade são aumentadas.

No caso do eVTOL Motorbike ou do eVTOL Flying Car da VBJ Engenharia esta velocidade de ponta de asa mais a velocidade da aeronave deve ser menor que a velocidade do som sara evitar a onda de choque na ponta de asa.



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

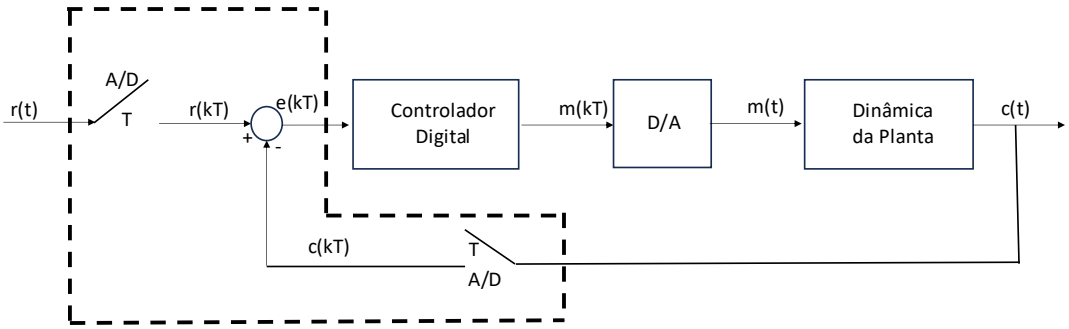




VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

Meio de propagação	Velocidade do som
Vidro (20°C)	5130 m/s
Alumínio (20°C)	5100 m/s
Glicerina (25°C)	1904 m/s
Água do mar (25°C)	1533 m/s
Água (25°C)	1493 m/s
Mercúrio (25°C)	1450 m/s
Hidrogênio (0°C)	1286 m/s
Hélio (0°C)	972 m/s
Ar (20°)	343 m/s
Ar (0°C)	330 m/s



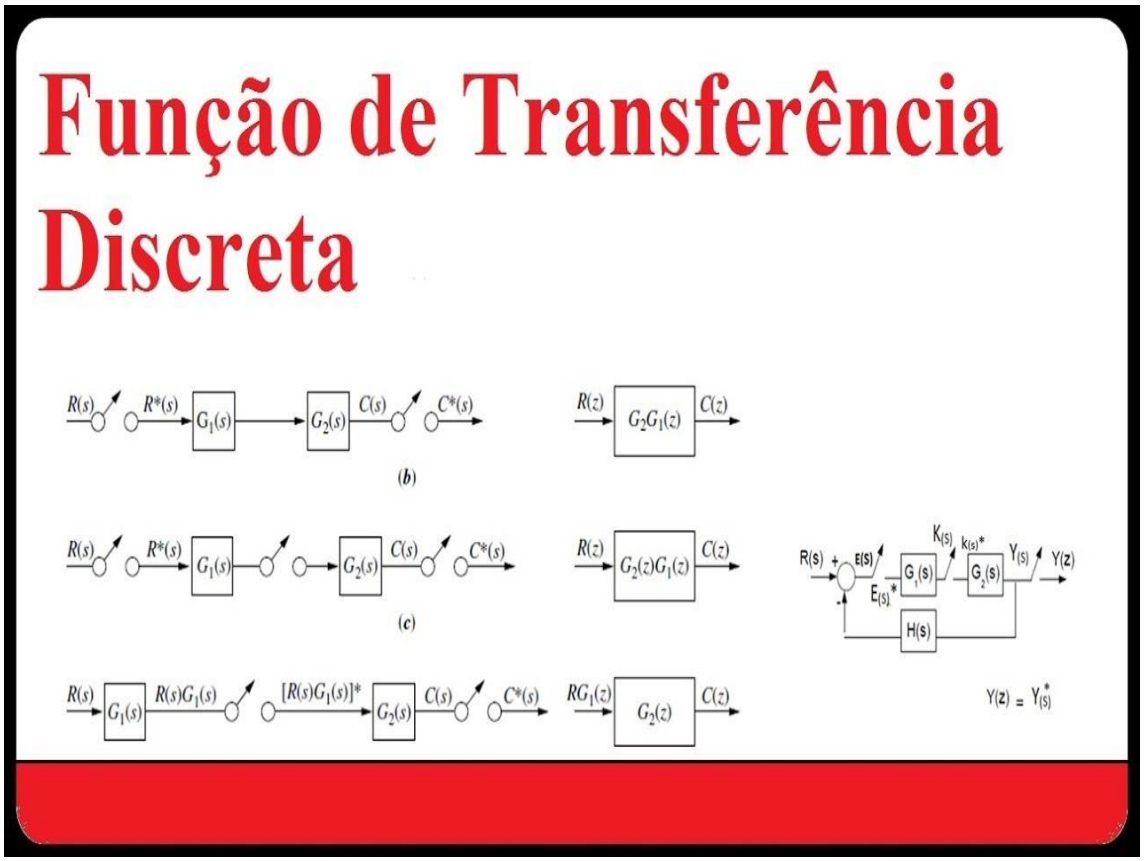
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

O Sistema de Controle pode ser projetado para funcionar de forma analógica e contínua através de um circuito eletrônico específico para PID, ou pode ser projetado para operar de forma digital usando uma placa de Arduino.

No projeto do Sistema de Controle analógico o modelo matemático trabalha com Transferência de Laplace e equação diferencial. Já no Projeto do Sistema de Controle digital o sistema usa placa de Arduino, onde o modelo matemático trabalha com Transferência Z.

A Transferência de Laplace utiliza o plano S para estabelecer uma equação polinomial neste plano. A Transferência de Laplace transforma uma equação diferencial em uma equação polinomial no plano S. A Transferência Z utiliza o plano Z para estabelecer uma equação polinomial neste plano Z. A Transferência Z transforma uma equação diferencial ou uma equação no plano S numa equação polinomial no plano Z.

O objetivo de se utilizar as transferências no plano S e/ou no plano Z é para facilitar o uso destas equações, pelo fato de que ao se utilizar polinômios, o manuseio das equações se torna mais fácil.

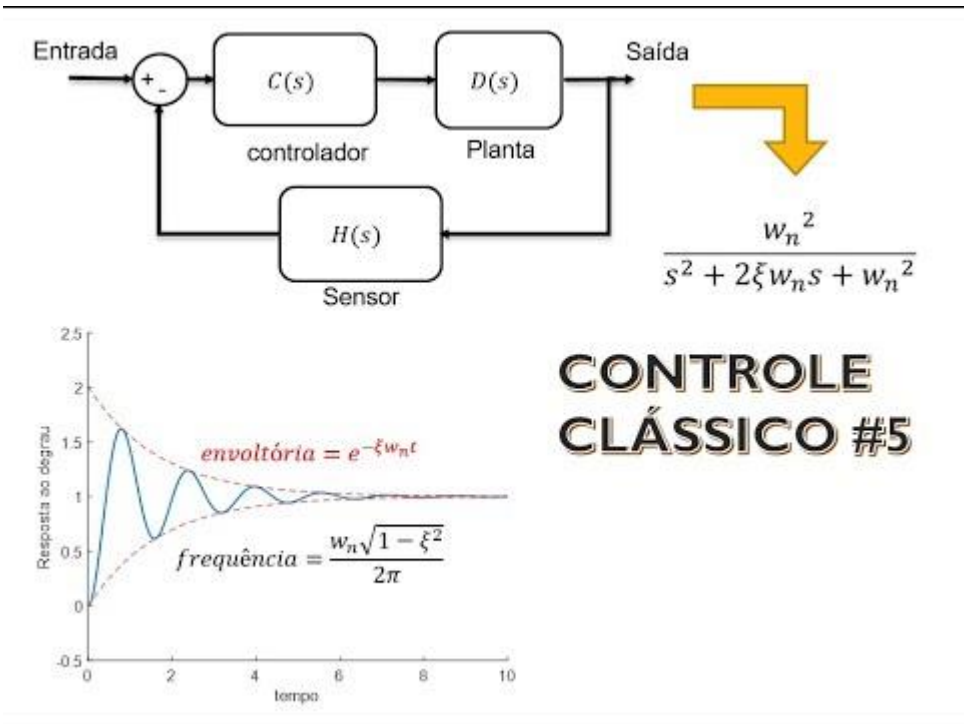


FUNCION DE TRANSFERENCIA DISCRETA

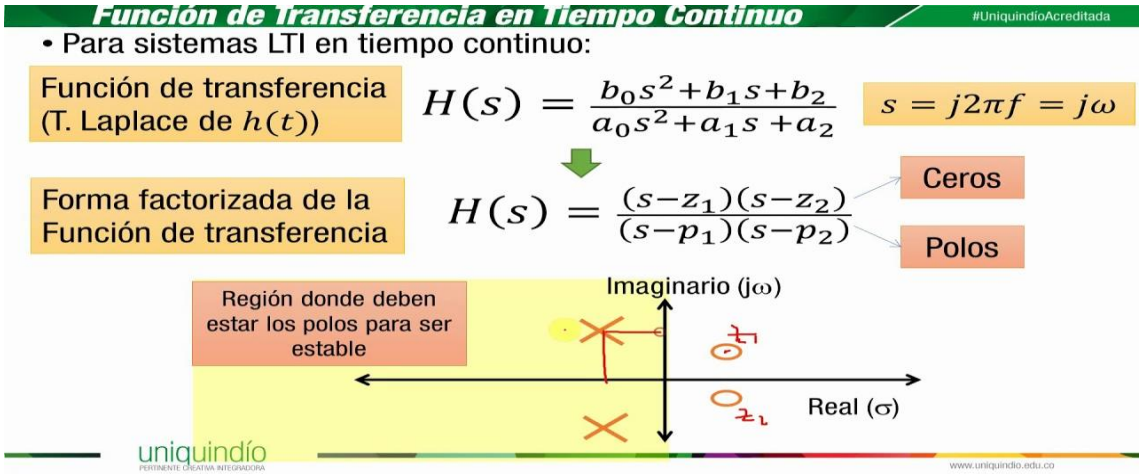
- Podemos expresar la función de transferencia factorizada

$$H(z)=\frac{L_0+L_1z^{-1}+.....+L_rz^{-r}}{1+K_1z^{-1}+.....+K_mz^{-m}}=K\frac{(z-z_1)(z-z_2).....(z-z_r)}{(z-p_1)(z-p_2).....(z-p_m)}$$

- Se denominan polos del sistema a los valores $p_1,p_2,...,p_m$. Determinan la forma de la respuesta del sistema (modos naturales del sistema). Los ceros del sistema $(z_1,z_2,...,z_r)$ determinan las frecuencias bloqueadas por el sistema.



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

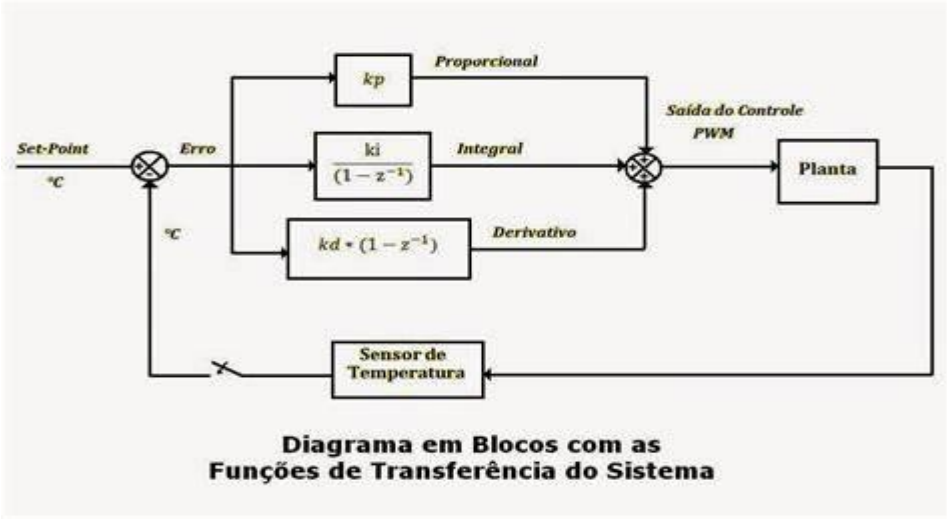
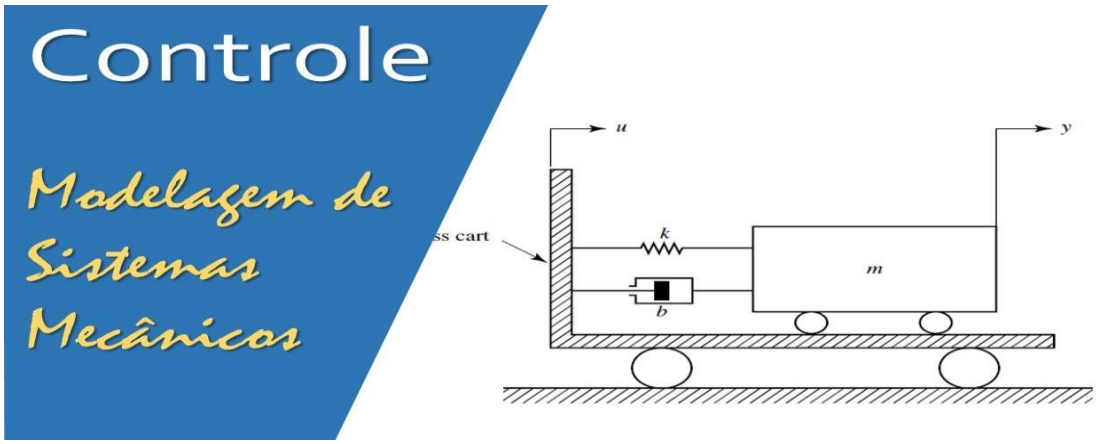
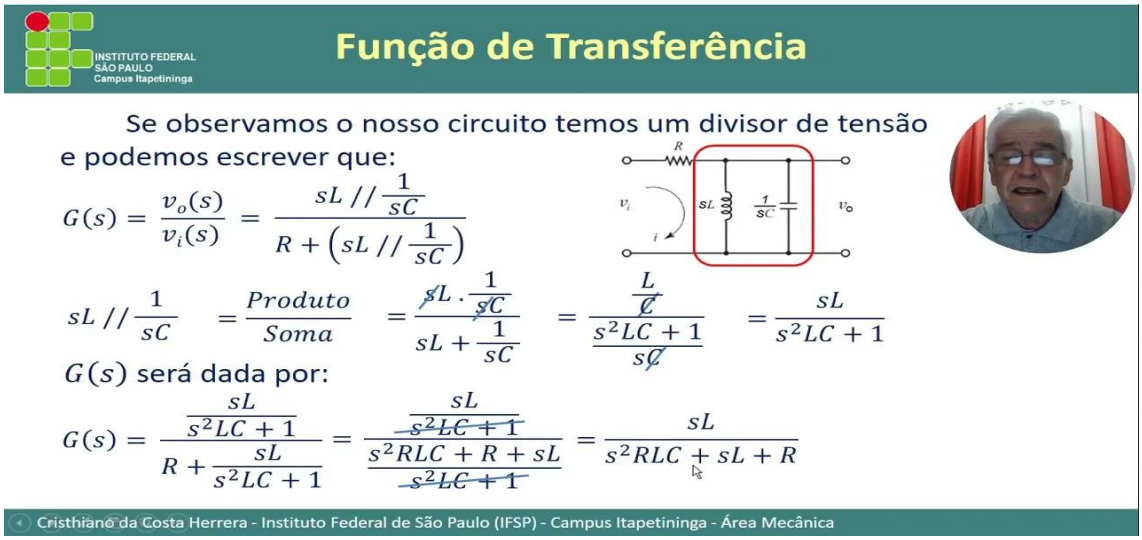


Diagrama em Blocos com as Funções de Transferência do Sistema

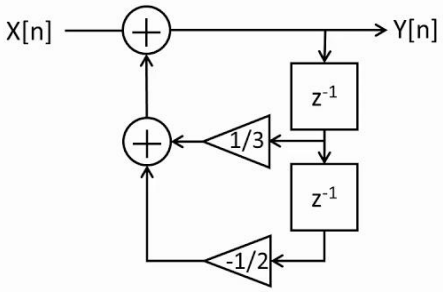




Transformada Z y Diagramas de Bloque

#UniquindíoAcreditada

- **Reto #1**. Para el siguiente diagrama de bloques, encuentre: a) la función de transferencia; b) la ecuación en diferencias que representa el sistema; c) el valor al que se estabiliza la señal de salida si la entrada es un escalón; d) la respuesta en frecuencia del sistema



$$H(z) = \frac{1}{1 - \frac{1}{3}z^{-1} + \frac{1}{2}z^{-2}}$$

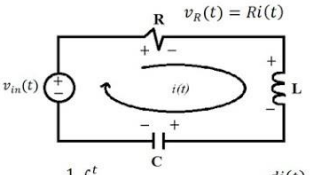
$$\left(1 - \frac{1}{3}z^{-1} + \frac{1}{2}z^{-2}\right)Y(z) = X(z)$$

$$Y(z) - \frac{1}{3}z^{-1}Y(z) + \frac{1}{2}z^{-2}Y(z) = X(z)$$

uniquindío
PERTINENTE CREATIVA INTEGRADORA
www.uniquindio.edu.co 13

$$\ell\{f^{(n)}(t)\} = s^nF(s) - s^{n-1}f(0) - s^{n-2}f'(0) - \cdots - f^{n-1}(0) - (a) \qquad \ell\left\{\int_0^t f(\tau)d\tau\right\} = \frac{F(s)}{s} - (b)$$

Ejemplo 3f: Obtenga la función de transferencia para el circuito RLC mostrado

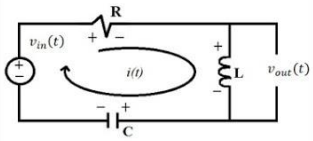


$$v_C(t) = \frac{1}{C}\int_0^t i(\tau)d\tau \qquad v_L(t) = L\frac{di(t)}{dt}$$

Solución:

La función de transferencia se define como el cociente entre la transformada de Laplace de función de salida con la transformada de Laplace función de entrada. Es decir

$$G(s) = \frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} - - - (1)$$



Donde, el voltaje de salida es

$$v_{out}(t) = v_L(t) = L\frac{di(t)}{dt}$$

Aplicando la transformada de Laplace

$$\ell\{v_{out}(t)\} = \ell\{v_L(t)\} = L\ell\left\{\frac{di(t)}{dt}\right\}$$

$$V_{out}(s) = V_L(s) = L[sI(s) - i(0)]$$

$$V_{out}(s) = V_L(s) = LsI(s)$$

Obteniendo

$$V_L(s) = LsI(s) - - - (2) \qquad I(s) = \frac{V_{out}(s)}{Ls} - - - (3)$$

Analizando la malla de nuestro circuito

$$v_{in}(t) = v_R(t) + v_L(t) + v_C(t)$$

$$v_{in}(t) = Ri(t) + L\frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C}\int_0^t i(\tau)d\tau - - - (4)$$

Haciendo $\ell\{(4)\}$

$$\ell\{v_{in}(t)\} = R\ell\{i(t)\} + L\ell\left\{\frac{di(t)}{dt}\right\} + \frac{1}{C}\ell\left\{\int_0^t i(\tau)d\tau\right\}$$

$$V_{in}(s) = RI(s) + LsI(s) + \frac{1}{C}\frac{I(s)}{s}$$

$$V_{in}(s) = I(s)\left[R + Ls + \frac{1}{Cs}\right]$$

$$V_{in}(s) = I(s)\left[\frac{RCs + LCs^2 + 1}{Cs}\right] - - - (5)$$

Sust. (3) en (5); $V_{in}(s) = \frac{V_{out}(s)}{Ls}\left[\frac{LCs^2 + RCs + 1}{Cs}\right]$

$$V_{in}(s)\frac{LCs^2}{LCs^2 + RCs + 1} = V_{out}(s)$$

$\therefore$ En (1) $\quad G(s) = \frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = \frac{LCs^2}{LCs^2 + RCs + 1}$

Todos os projetos e testes de voo das aeronaves eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car da empresa VBJ Engenharia precisam ser realizados usando o Projeto de Engenharia de Controle através do Sofware MatLab e Simulink. Tanto para a Transformada de Laplace quanto para Transformada Z.

77) Testes de Voo de Guinada (eixo z):

Da mesma maneira que a aeronave da VBJ Engenharia executa a velocidade horizontal e o voo de subida vertical, a aeronave exerce através da Malha Fechada de Engenharia de Controle realizando uma Malha Fechada de voo em guinada.

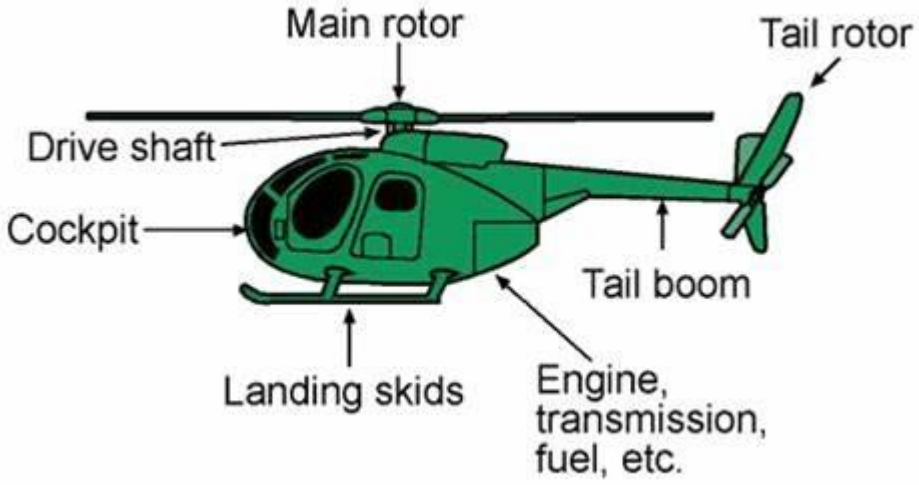
Ou seja, existe um potenciômetro que estabelece o ângulo de rumo com valores de -180 graus até +180 graus. Este potenciômetro define o ângulo de rumo que através de um Sistema de Controle pré-definido executa o voo em guinada para o ângulo desejado medindo o ângulo real.

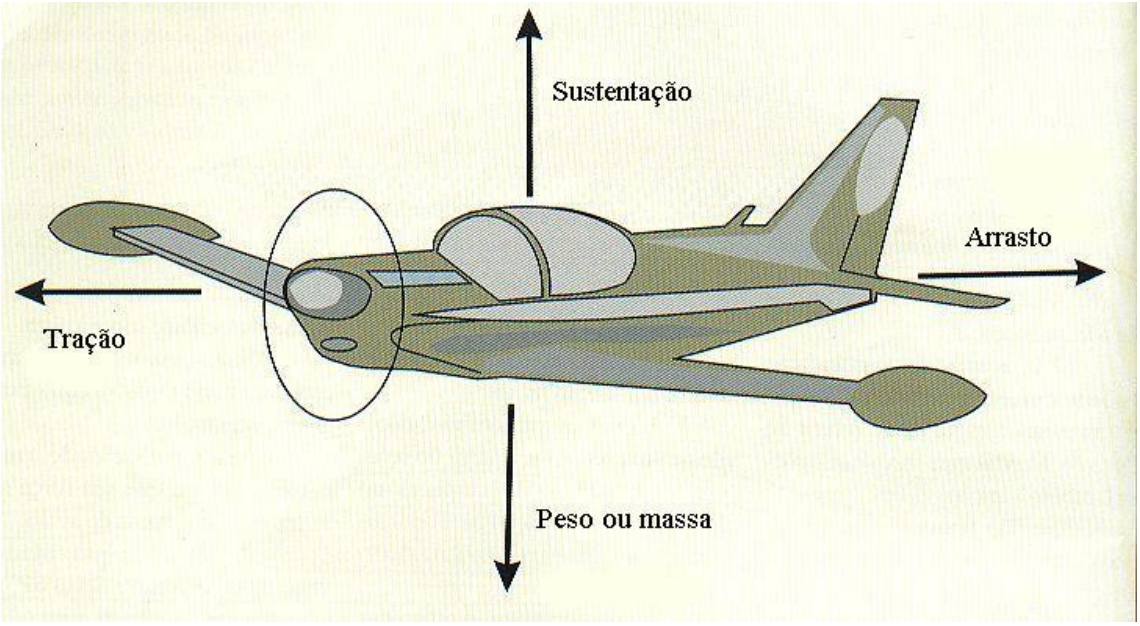
Esta medição utiliza uma bussola digital associada ao Arduino que ao ser subtraído do ângulo desejado define um erro angular que se é amplificado através de um Sistema de Controle PID (Proporcional Integral e Derivativo), amplificação esta que propõe a correção do ângulo de rumo para o valor desejado.

Ou seja, da mesma condição de voo com aceleração horizontal e com o voo de altitude vertical, utiliza-se um Sistema de Controle de Malha Fechada para se definir um ângulo de rumo.

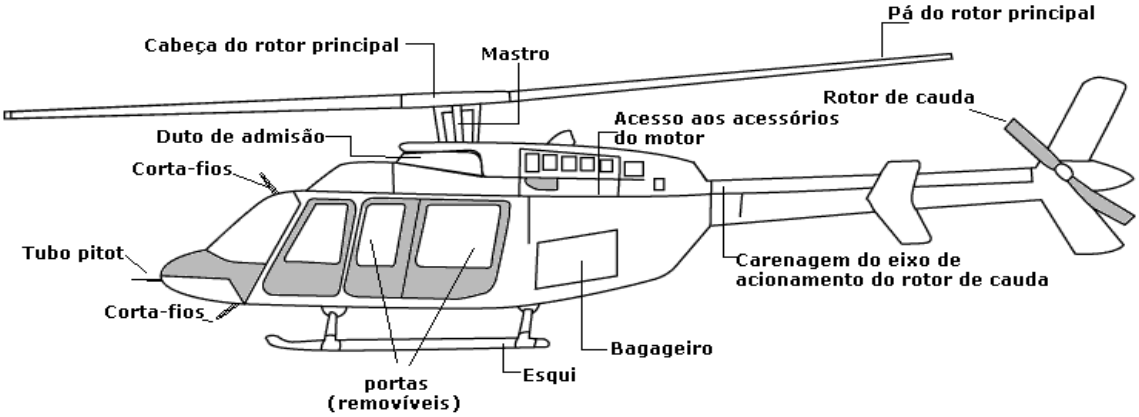
É importante observar que o ângulo de rumo deve ser exercido com a aeronave pairada, pois caso a mudança de rumo seja executada com a aeronave em movimento está irá executar uma derrapagem indesejada. Ou seja, a aeronave pode andar para frente com velocidade máxima de 100 km/h, mas deve exercer o voo de desaceleração até atingir o voo pairado para em seguida exercer o voo em guinada com os motores horizontais em sentidos opostos. Ou seja, sentido horário ou sentido anti-horário.

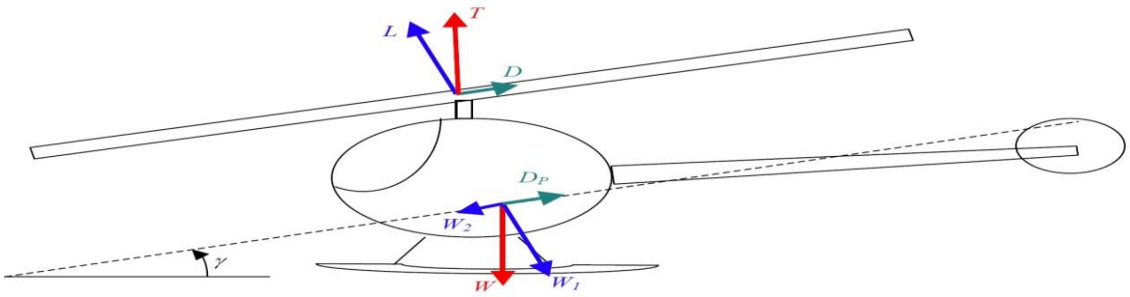
O voo em guinada exerce a mudança de direção e sentido sobre o eixo z da aeronave. Este eixo z é posicionado no centro de massa da aeronave.





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com





Da mesma maneira que o helicóptero ocorre o voo do drone, onde eixo z executa um voo guinado aumentando a velocidade de um ou dois rotores fazendo com que se altere a momento angular e a aeronave execute um voo em guinada.

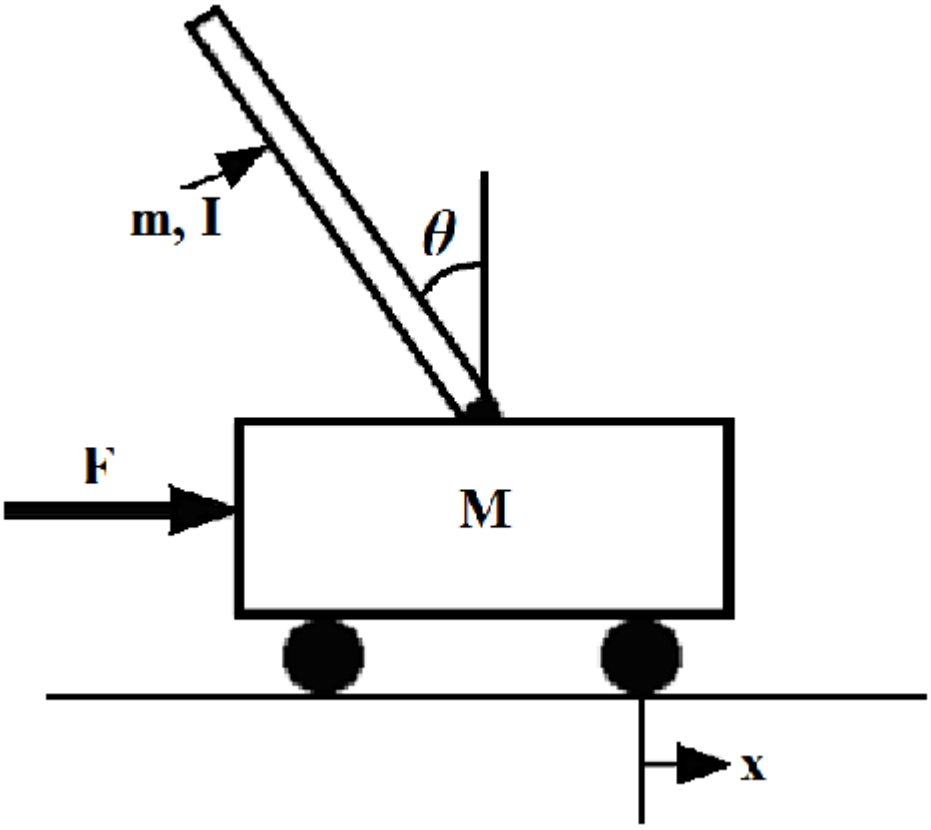
78) Testes de Voo de Inclinação no eixo x:

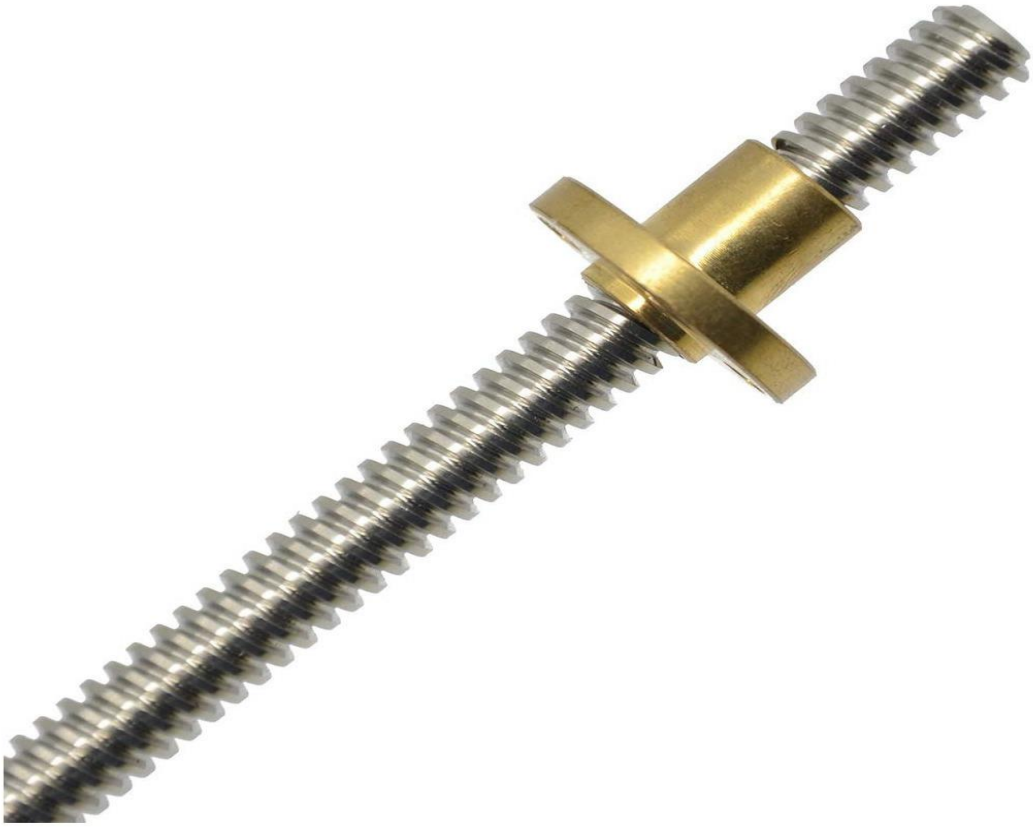
Um dos maiores problemas no voo de aeronaves eVTOLMotorbike e eVTOL Flying Car é a inclinação da aeronave.

Para se garantir a inclinação no valor zero (ou seja, sem inclinar), há a necessidade de se projetar e construir um pêndulo invertido, o que significa que se deve montar um servo motor que movimenta um corpo de massa m para o lado, para executar o eixo x com o valor zero, através de um sistema de controle de segunda ordem. Este corpo de massa m realiza um movimento lateral aumentando ou diminuindo a inclinação o corpo através de um eixo fuso.

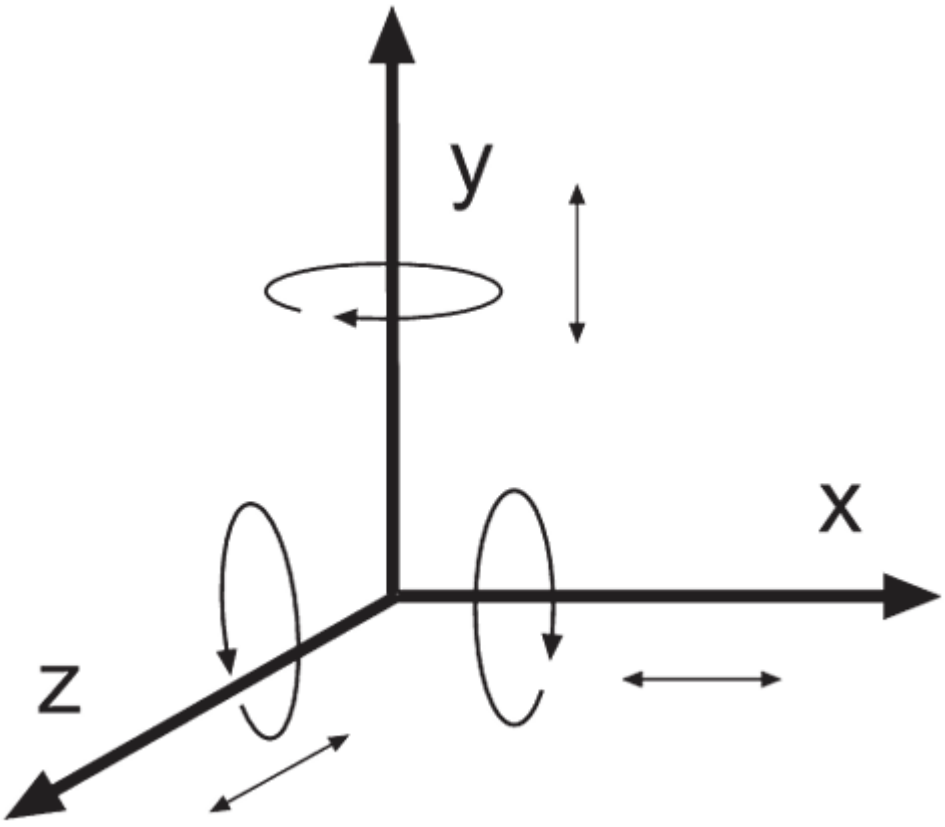
O sistema deve utilizar 2 corpos de massa me e 2 corpos de fuso e 2 servos motores.

Deslocando o corpo de massa m para a esquerda, executa-se a inclinação para a esquerda, e deslocando o coro de massa m para a direita, executa-se a inclinação para a direita esta combinação entre esquerda e direita faz com que a aeronave se mantenha com inclinação x próxima a zero. O movimento do corpo de massa m exerce um torque para a direita ou para a esquerda, gerando sobre a aeronave uma inclinação em torno de zero.





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

79) Testes de Voo de Inclinação no eixo y:

Da mesma maneira que se controla a inclinação do eixo x, gera-se o controle de inclinação do eixo y nas aeronaves eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car.

Para se garantir a inclinação no valor zero (ou seja, sem inclinar no eixo y), há a necessidade de se projetar e construir um pêndulo invertido, o que significa que se deve montar um servo motor que movimenta um segundo corpo de massa m para o lado, para executar o eixo y com o valor zero, através de um sistema de controle de segunda ordem. Este corpo de massa m realiza um movimento frontal ou em retaguarda aumentando ou diminuindo a inclinação o corpo através de um eixo fuso.

O sistema deve utilizar 2 corpos de massa m e 2 corpos de fuso e 2 servos motores.

Deslocando o corpo de massa m para a frente, executa-se a inclinação para a frente, e deslocando o coro de massa m para a trás, executa-se a inclinação para a trás. Esta combinação entre frente e retaguarda faz com que a aeronave se mantenha com inclinação y próxima a zero. O movimento do corpo de massa m exerce um torque para a frente ou para a trás, gerando sobre a aeronave uma inclinação em torno de zero.

Ou seja, tanto a inclinação no eixo x, quanto a inclinação no eixo y é controlada através de um Sistema de Engenharia de Controle de Malha Fechada onde os valores desejados de inclinação iguais a zero. Gerando uma amplificação em PID para se definir a posição das massas m movimentadas para se controlar a estabilidade de inclinação de voo da aeronave.

$T = m*g*r$

$Pot = T*w$

$T = J*dw/dt – C*dw$

T = torque sobre a aeronave

m = massa de inclinação

g = aceleração da gravidade

r = raio da massa m sobre o fuso

Pot = Potência de torque

w = velocidade de rotação

C = coeficiente de arrasto

80) Testes de Segurança de Voo:

As aeronaves de eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car são muito seguras. Caso se danifique um dos motores a aeronave consegue se manter voando com os outros 3 motores. Infelizmente o fato de executar o voo com 3 motores, a aeronave consegue pousar, mas lamentavelmente a aeronave passa a executar um giro em torno do eixo z devido a conservação do movimento angular neste eixo.

$L = dp/dt = m*dv/dt + v*dm/dt$

$p = m*v$

$ddpagn/dt = dJ*dw/dt + w*dJ/dt$

$pang = J*w$

$dJ/dt = 0$

L = variação do momento linear

p = conservação do momento linear

pang = conservação do momento angular

m = massa do sistema

J = momento de inércia

w = velocidade de rotação

v = velocidade linear

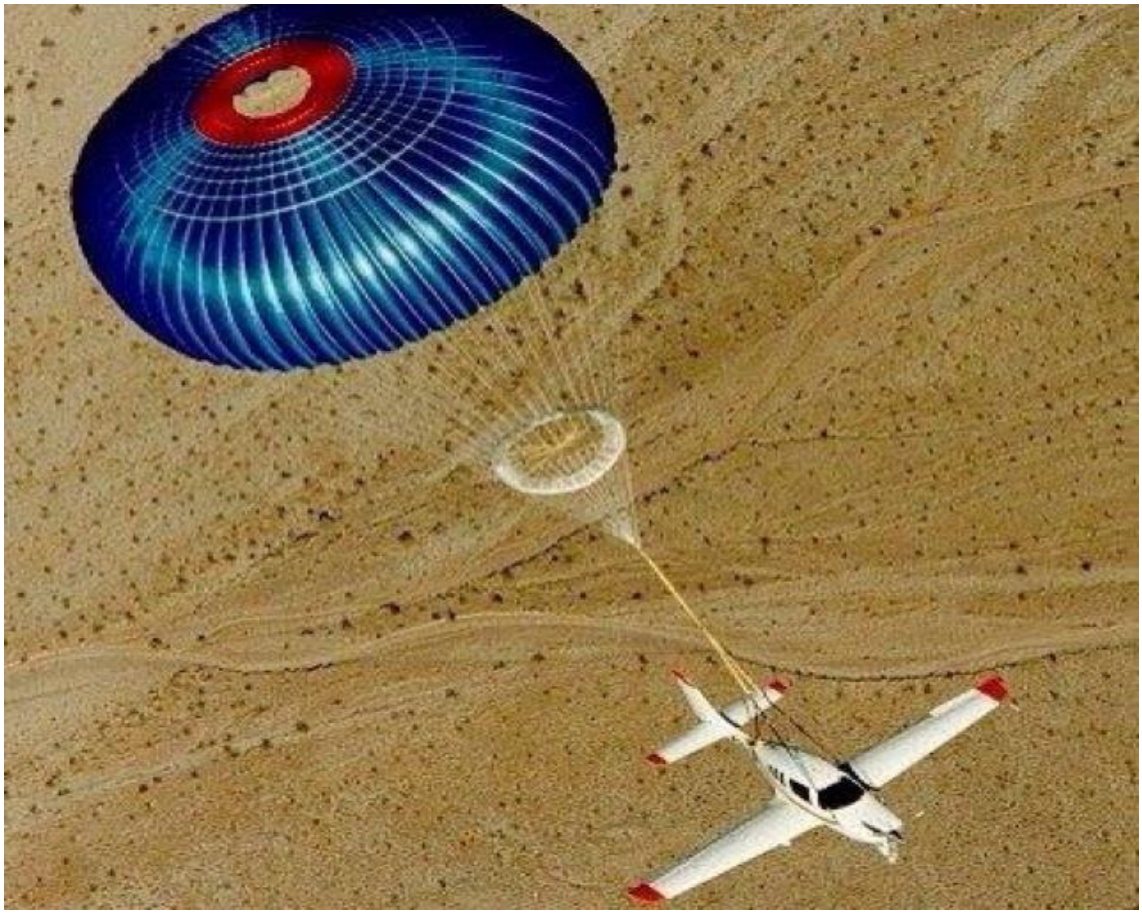
Ou seja, caso um dos rotores entre em pane, os outros 3 rotores executam um voo pairado e estes realizam em seguida um pouso de emergência.

Os testes de segurança de voo são executados a baixas altitudes (1 metro, a 5 metros e a 10 metros), onde a aeronave simula o uso de airbags, para checar a pronta segurança de pouso de emergência de voo. Inicialmente com a pane da aeronave, este exerce o voo pairado e em seguida este dispara os airbags que permite a realização do pouso em emergência de maneira segura. Este teste é realizado 10 vezes para cada aeronave antes de ser entregue para o cliente comprador.

Após os testes com os airbags a baixa altitude, executa-se os testes a altas altitudes: 10 metros, 50 metros, 100 metros e 300 metros usando não somente os airbags, mas também os paraquedas. Este teste também é executado 10 vezes para cada aeronave antes de ser entregue para o cliente comprador.

Os airbags da eVTOL Motorbike são roupas especiais. Já os airbags da eVTOL Flying Car são semelhantes aos dos carros tradicionais. É necessário também a utilização de capacetes para a navegação das aeronaves eVTOL Motorbike.

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

81) Testes de Emergência de Voo:

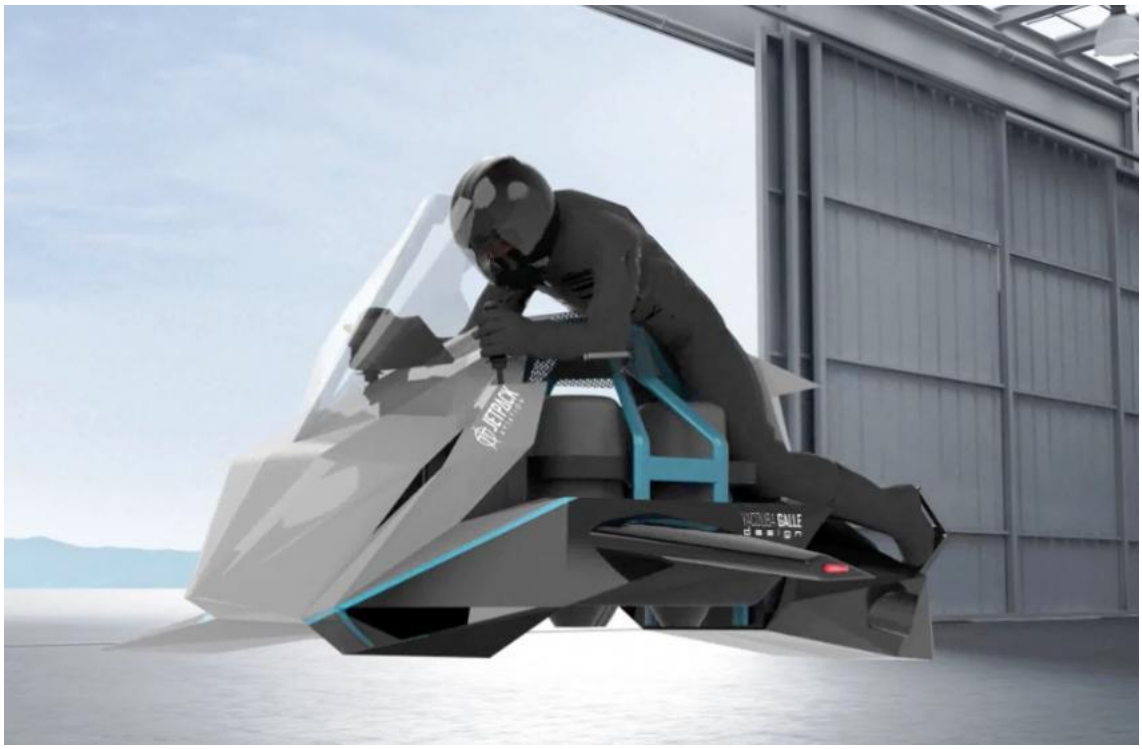
Os testes de emergência de voo são executados para a necessidade de execução do voo pairado ao se identificar uma outra aeronave próxima através do transponder ou se verificar um obstáculo físico (edifício, prédio, torre, ponte e outros) observado pelos sensores de ultrassom.

Este sensor de ultrassom informa o sistema do Arduino que promove o rápido voo de emergência em voo pairado e sem seguida o piloto decide se deve ou não executar o pouso.

Se o piloto decidir realizar o pouso, a aeronave exerce a decida sob comando da aeronave. Se o piloto decidir continuar o voo, este deve direcionar o voo para outro rumo, distante do obstáculo.

Estes testes são também executados 10 vezes.

Somente após estes testes em 10 vezes, que a aeronave é entregue para o cliente comprador.



EXPERIMENTAL

Transmitted Information with MA-500TR

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

82) Certificação de Voo Civil (CAVE – Certificado de Aeronavegabilidade para Voo Experimental na ANAC):

A Lei 7.565/86 (Código Brasileiro de Aeronáutica - CBAer) estabelece, no parágrafo único do seu Art. 20, que "Pode a autoridade aeronáutica, mediante regulamento, estabelecer as condições para voos experimentais, realizados pelo fabricante de aeronave, assim como para os voos de translado". 3.2 A mesma Lei determina, no seu Art. 119, que "As aeronaves em processo de homologação, as destinadas à pesquisa e desenvolvimento para fins de homologação e as produzidas por amadores estão sujeitas à emissão de certificados de autorização de voo experimental e de marca experimental". 3.3 A Resolução nº 30, de 21 de maio de 2008, considerando a redação dada pela Resolução n° 162, de 20 de julho de 2010, estabelece, em seu art. 14, que a ANAC pode emitir IS (Instrução Suplementar) para esclarecer, detalhar e orientar a aplicação de requisito previsto em RBAC. 3.4 O art. 14 da Resolução nº 30, de 21 de maio de 2008, modificado pela Resolução n° 162, de 20 de julho de 2010, também determina, em seu § 1°, que o administrado que pretenda, para qualquer finalidade, demonstrar o cumprimento de requisito previsto em RBAC poderá adotar os meios e procedimentos previamente especificados em IS ou apresentar meio ou procedimento alternativo devidamente justificado, exigindo-se, nesse caso, a análise e concordância expressa do órgão competente da ANAC. O § 2° do mesmo artigo estabelece que o meio ou procedimento alternativo deve garantir nível de segurança igual ou superior ao estabelecido pelo requisito aplicável ou concretizar o objetivo do procedimento normalizado em IS

Esta Instrução Suplementar – IS tem o objetivo de orientar a emissão de Certificado de Autorização de Voo Experimental – CAVE com base no Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial n° 94 – RBAC-E 94 para Aeronaves Remotamente Pilotadas (RemotelyPiloted Aircraft – RPA). Certificado de aeronavegabilidade que pode ser emitido de acordo com a seção E94.503 do RBAC-E 94 para RPA experimental com os propósitos de pesquisa e desenvolvimento, demonstração de cumprimento com requisitos, treinamento de piloto remoto e/ou pesquisa de mercado.

RPA experimental é a sigla para **Remotely Piloted Aircraft** experimental, ou seja, uma aeronave não tripulada que é pilotada remotamente e que tem fins de **pesquisa, desenvolvimento, treinamento ou mercado**. Para operar um RPA experimental, é preciso solicitar um **Certificado de Autorização de Voo Experimental (CAVE)** à ANAC.

Conforme estabelecido no Regulamento Brasileiro de Aviação Civil 21.190-I, este certificado é emitido pela ANAC para aeronaves novas que foram fabricadas no Brasil de acordo com um certificado de organização de produção ou somente

com um certificado de tipo, após vistoriar e se certificar que a aeronave está conforme com o projeto de tipo e apresenta condições de operação segura. Este certificado tem por objetivo permitir o voo da aeronave entre a data em que foi realizada sua vistoria inicial e a data de entrega ao seu primeiro comprador ou operador. Este certificado substitui o certificado referido no parágrafo 21.175(a) e o Certificado de Matrícula e só permite que a aeronave seja operada pelo fabricante ou seus representantes.

Solicitar Emissão do Certificado de Aeronavegabilidade para Aeronaves Recém-Fabricadas

O requerente deve enviar à ANAC pelo peticionamento eletrônico do SEI, pelos Correios ou entregar pessoalmente em seu protocolo, os documentos listados a seguir.

- Formulário F-100-06 devidamente preenchido, conforme determinam as instruções de preenchimento contidas no formulário. Um requerimento separado deve ser preenchido para cada aeronave.
- Cópias digitalizadas da Taxa de Fiscalização da Aviação Civil (TFAC) pertinente à emissão de Certificado de Aeronavegabilidade para Exportação, enquadrada conforme tipo de aeronave, categoria de registro e peso máximo de decolagem, e seu respectivo comprovante de pagamento.
- Declaração de conformidade em formulário apropriado (F-300-18), caso seja uma aeronave nova e não tenha sido fabricada segundo um certificado de organização de produção.
- Caso de Aeronaves de Asa Fixa Certificadas sob RBAC 23 (categoria normal): TFAC Cód. 012203 R$ 1000,00
- Caso de Aeronaves de Asas Rotativas Certificadas sob RBAC 27 (asas rotativas cat. normal): TFAC Cód. 012204 R$ 1500,00
- Caso de Aeronaves de Asas Rotativas Certificadas sob RBAC 29 (asas rotativas cat. transporte): TFAC Cód. 012205 R$ 2000,00
- Caso de Aeronaves de Asa Fixa Certificadas sob RBAC 25 (aviões cat. transporte): TFAC Cód. 012206 R$ 3000,00

A ANAC decide se a vistoria será realizada por Servidores da Agência ou se será atribuída a um Profissional Credenciado em Aeronavegabilidade com habilitação em Exportação de Aeronaves.

Documentação em comum para todos os casos

- Requerimento para CAARF (F-100-06) original.
- Relatório de Inspeção (F-300-10) original.
- Cópia da Licença de Estação.

- Cópia do CAARF (F-100-05).
- Relatório Final de Inspeção, o qual deve conter:
    - Liberação para voo de produção;
    - Teste em Voo (*Flight Test*) ou Voo de Produção;
    - Ficha de Peso e Balanceamento da aeronave;
    - Certificados de conformidade emitidos pelo setor de qualidade do fabricante;
    - Certificados de exportação dos grandes componentes (motor, hélice, *Auxiliary Power Unit* – APU); e
    - Registro das medições e testes realizados durante o processo de produção.

Um certificado de autorização de voo experimental é um documento que permite o voo de uma aeronave que não possui certificado de aeronavegabilidade, mas que atende aos requisitos do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil 21.191. Esse documento é emitido pela ANAC para os propósitos de pesquisa e desenvolvimento, treinamento de tripulações, exibição, competição aérea ou pesquisa de mercado

Os requisitos para obter um certificado de autorização de voo experimental dependem do propósito da operação e do tipo de aeronave. Em geral, é necessário ter o registro da aeronave no Registro Aeronáutico Brasileiro - RAB, solicitar à ANAC a emissão do CAVE por meio de carta com as informações da aeronave e do(s) propósito(s) da operação, pagar a Taxa de Fiscalização da Aviação Civil (TFAC) pertinente e possuir a habilitação adequada para operar a aeronave.

O tempo para obter o certificado de autorização de voo experimental pode variar de acordo com o tipo e o propósito da aeronave. Em geral, o certificado é válido por 01 (um) ano após a data de emissão ou renovação, a menos que um período menor seja estabelecido pela ANAC.

Se você precisar alterar as informações da aeronave ou dos propósitos da operação, você deverá solicitar uma nova autorização de voo experimental à ANAC, com as informações atualizadas. Você também deverá registrar os direitos sobre a aeronave, se houver mudança de propriedade ou de uso, e manter o Manual de Voo da Aeronave (AFM) aprovado e atualizado a bordo.

O processo de registro da aeronave no Registro Aeronáutico Brasileiro - RAB envolve os seguintes passos:

- Solicitar a reserva de marca de nacionalidade e matrícula online;
- Apresentar os documentos necessários para o registro da aeronave, conforme o tipo e o propósito da operação;

- Pagar a Taxa de Fiscalização da Aviação Civil (TFAC) correspondente;
- Aguardar a emissão do certificado de nacionalidade e matrícula e do certificado de aeronavegabilidade pela ANAC.

Você pode acompanhar o andamento do seu processo pelo Sistema de Controle de Processos do Registro Aeronáutico Brasileiro (SCPRAB) ou consultar as informações da sua aeronave pelo site da ANAC.

O certificado de nacionalidade e matrícula é um documento que comprova que a aeronave está registrada no Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB) e que possui as condições de segurança para voar. A validade do certificado de nacionalidade e matrícula depende do tipo e da categoria da aeronave, conforme a Resolução ANAC nº 293/2013. Por exemplo, para aeronaves experimentais, o certificado tem validade de um ano. Você pode consultar a validade do seu certificado pelo site da ANAC. Qual é o tipo e a categoria da sua aeronave?

Para renovar o certificado de nacionalidade e matrícula, você deve solicitar à ANAC uma **inspeção de aeronavegabilidade** da sua aeronave, com antecedência mínima de **30 dias** do vencimento do certificado. Você deve apresentar os seguintes documentos:

- Requerimento de inspeção de aeronavegabilidade, preenchido e assinado pelo proprietário ou representante legal;
- Cópia do certificado de nacionalidade e matrícula vigente;
- Cópia do certificado de aeronavegabilidade vigente;
- Cópia do comprovante de pagamento da taxa de fiscalização da aviação civil (TFAC).

Você pode enviar os documentos por e-mail para o endereço da gerência regional da ANAC responsável pela sua região. Após a inspeção, se a aeronave estiver em conformidade com os requisitos de segurança, a ANAC emitirá um novo certificado de nacionalidade e matrícula, com validade conforme o tipo e a categoria da aeronave.

83) Certificação de Voo Militar (SEPROD – na Secretaria de Produtos de Defesa no Ministério da Defesa):

A Secretaria de Produtos de Defesa (SEPROD/MD) foi criada por meio do Decreto nº 7.364, de 23 de novembro de 2010, como previsão da Estratégia Nacional de Defesa de 2008, que preconizava a reorganização da Base Industrial de Defesa (BID), para assegurar o atendimento às necessidades de equipamento das Forças Armadas (FA) apoiado em tecnologias sob domínio nacional, preferencialmente as de emprego dual. Não obstante, possui ampla gama de atribuições e competências, conforme atualizado pelo Decreto 9.570, de 20 de novembro de 2018. A SEPROD está organizada em quatro departamentos, conforme abaixo:

Obrigações Gerais

Cabe à SEPROD, portanto, em linhas gerais, a responsabilidade pela formulação de marcos referenciais e iniciativas de cunho estratégico no tocante a políticas nacionais e de defesa efetivas voltadas para o desenvolvimento permanente da BID, para que esta possa atender às necessidades de preparo, prontidão, aparelhamento e modernização das Forças Armadas. Esses marcos referenciais visam, ainda, à identificação de riscos e de ameaças à consecução desse objetivo e aos interesses nacionais, bem como à prospecção de oportunidades que possam fomentar ações positivas em prol da sociedade e do futuro do país, particularmente no que diz respeito ao imperativo de desenvolvimento tecnológico e no setor de economia da Defesa.

Departamento de Promoção Comercial (DEPCOM)

Atua principalmente em mercados Internacionais em busca de novas oportunidades para a BID, bem como na coordenação e apoio de Eventos, Feiras, Comitivas e Diálogos que contribuirão para a Promoção Comercial dos Produtos, Serviços e Tecnologias da BID.

É o responsável dentro do Ministério da Defesa, pela análise e autorização das exportações de Produtos de Defesa (PRODE) e Produtos Estratégicos de Defesa (PED), em conjunto com o Ministério das Relações Exteriores (MRE).

Departamento de Ciência, Tecnologia e Inovação (DECTI)

Coordena atividades relacionadas ao desenvolvimento científico e tecnológico, em áreas de interesse da Defesa, inclusive em tecnologia industrial básica e em tecnologias sensíveis, com compromisso de implementação contínua de uma gestão de conhecimento na área de CT&I.

Apoia o desenvolvimento de novas tecnologias e inovações em projetos de interesse da Defesa, estimulando o aprimoramento de políticas e programas de fomento.

Departamento de Financiamento e Economia de Defesa (DEPFIN)

Atua no cenário econômico, identificando oportunidades de financiamentos públicos e privados e propondo políticas públicas para obtenção de fundos de investimento, a fim de apoiar o desenvolvimento e sustentabilidade da BID (Base Industrial de Defesa). Acompanha e propõe estudos sobre a política econômica do Brasil e do Setor de Defesa e, ainda, atua junto à Câmara de Comércio Exterior (CAMEX).

DEPROD (DEPARTAMENTO DE PRODUTOS DE DEFESA)

Realiza atividades voltadas ao fomento da BID. Trata de todo arcabouço regulatório que normatiza; acompanhamento das compensações tecnológica, industrial e comercial (offset) de interesse da Defesa; bem como a formulação e atualização da Política Nacional da Indústria de Defesa.

É o Departamento responsável pelo SisCaPED (Sistema de Cadastramento de Produtos e Empresas de Defesa), o qual gerencia o processo de credenciamento de empresas e classificação de seus produtos, permitindo o acompanhamento de todas as fases do processo pelos diversos atores envolvidos.

. Dessa forma, a fim de bem desempenhar suas atribuições e missão, a **SEPROD** atua em quatro eixos estratégicos:

- Eixo Político-Estratégico;
- Eixo Econômico-Comercial;
- Eixo Sócio-político; e
- Eixo Científico-Tecnológico

84) Sistema e Procedimentos de Manutenção da Aeronave:

A manutenção da aeronave eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car da VBJ Engenharia é um procedimento mandatório e fundamental para a segurança de voo da aeronave. A manutenção tem dois procedimentos complementares: manutenção preventiva e manutenção corretiva.

A manutenção preventiva deve ser realizada uma vez a cada 30 dias e a manutenção corretiva deve ser realizada toda vez que a aeronave realiza uma pane indesejada.

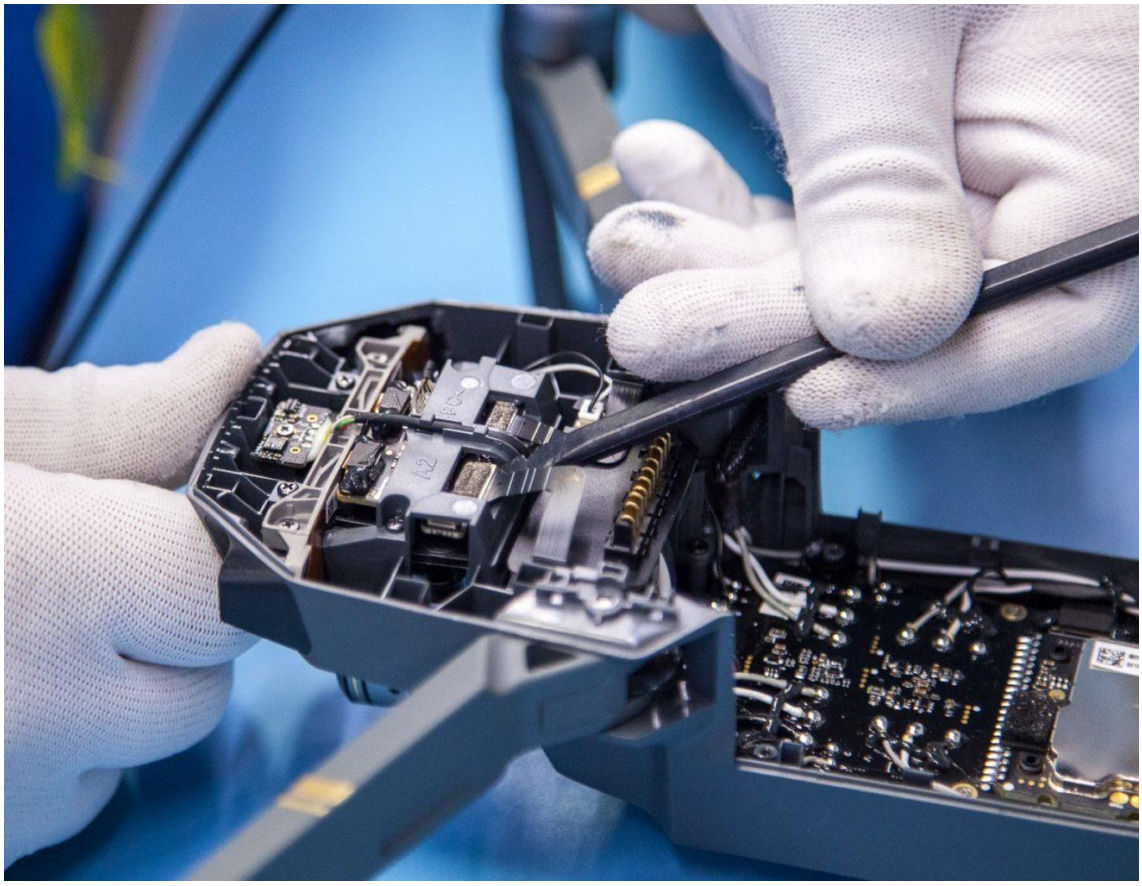
A manutenção preventiva e a manutenção corretiva devem ser executadas em relação a checagem de:

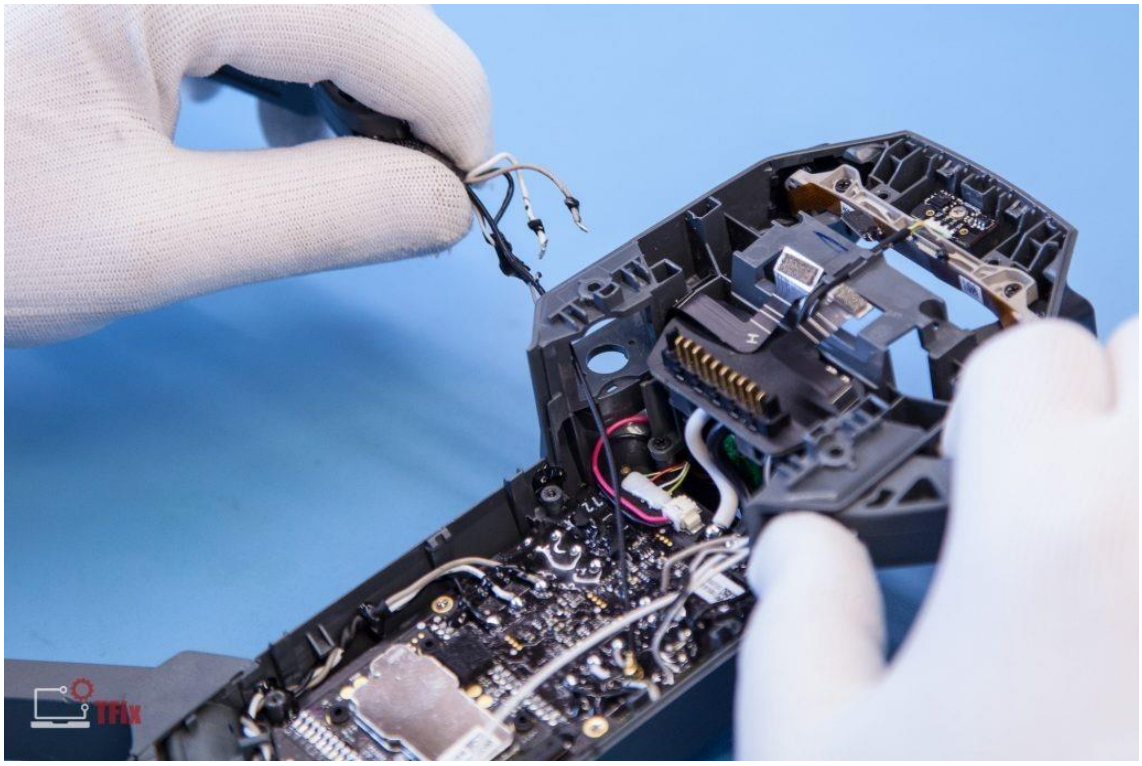
- Tanque de Combustível
- Inspeção de Combustível (200 litros)
- Bateria de Partida do Motor a Etanol
- Sistema de Inspeção do Motor a Etanol (IO-540 IPANEMA)
- Controle de Velocidade do Motor de Etanol (2700 rpm)
- Sistema de Geração de Eletricidade com Alternador
- Controle de Voltagem a 440 V do Alternador
- Sistema de Operação do Motor a Etanol com 5 horas de trabalho
- Sistemas de Inversores de Frequência
- Inspeção de Inclinação nos eixos x e y
- Sistema de Controle de Inclinação nos eixos x e y
- Sistema de Operação Elétrica dos 4 Motores/Rotores Verticais
- Sistema de Operação Elétrica dos 2 Motores/Rotores Horizontais
- Sistema de Inspeção de Altitude
- Sistema de Inspeção de Velocidade
- Sistema de Controle de Velocidade
- Sistema de Controle de Altitude
- Sistema de Inspeção de Ângulo de Guinada
- Sistema de Controle da Ângulo de Guinada
- Sistema de Controle de Airbags e Controle de Paraquedas Balístico
- Sistema de Controle com Ultrassom
- Sistema de Controle do Arduino
- Sistemas de Placas de Interface com o Arduino
- Sistema de Controle de Placas e Sensores de Interface do Arduino
- Sistema de Controle de GPS/Waze
- Sistema de Controle de Software Embarcado no Arduino
- Sistema de Controle das Asas Rotativas Verticais
- Sistema de Controle das Asas Rotativas Horizontais

- A manutenção preventiva deve ser feita em cinco fases:
  - Em baixas altitudes com ponte rolante a um metro de altitude
  - Em baixas altitudes com ponte rolante a 5 metros de altitude
  - Em baixas altitudes com ponte rolante a 10 metros de altitude
  - E em altas altitudes sem ponte rolante a 100 metros de altitude
  - E em altas altitudes sem ponte rolante a 300 metros de altitude
    (Os testes de paraquedas são executados as altas altitudes)

A aeronave somente é liberada para voo dos proprietários após a correta e completa execução da manutenção preventiva.

Toda vez que surge a necessidade de execução de manutenção corretiva, a manutenção preventiva também é exercida obrigatoriamente.





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

STOP

85) Manutenção dos Rotores verticais e horizontais:

A manutenção dos motores/rotores (elétricos verticais) e dos motores elétricos/rotores (horizontais elétricos) e dos motores a combustão (etanol para alimentar o alternador) são fundamentais para a correta e segura operação das aeronaves eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car.

Trata-se de dois motores a combustão a etanol que opera com 300 Hp e trabalha com 2700 rpm cada um. Cada um deles na mesma direção e sentido opostos. O sentido oposto é necessário para garantir a conservação do momento de inércia da aeronave igual a zero.

Cada um dos pares dos motores elétricos opera em sentidos opostos (o frontal direto e o traseiro esquerdo operam num sentido e o frontal esquerdo e o traseiro direito operam num sentido oposto). Da mesma forma, o motor horizontal direito opera num sentido e o motor esquerdo opera num sentido oposto.

E 4 motores elétricos para voo vertical, cada um com 80 Hp e mais 2 motores elétricos para voo horizontal, cada um com 50 Hp. E mais 2 motores a combustão a etanol (cada um com 300 Hp) totalizando 600 Hp de combustão e 420 Hp de motores elétricos.

Enquanto os motores elétricos operam com 3600 rpm cada um (80 Hp e 50 Hp, totalizando 320 Hp e 100 Hp), os motores a combustão operam com 2700 rpm cada um (300 Hp, totalizando 600 Hp). O alternador gera voltagem de 440 V trifásico com frequência trifásica para cada um dos 4 motores elétricos verticais e 440 V para cada um dos 2 motores elétricos horizontais.

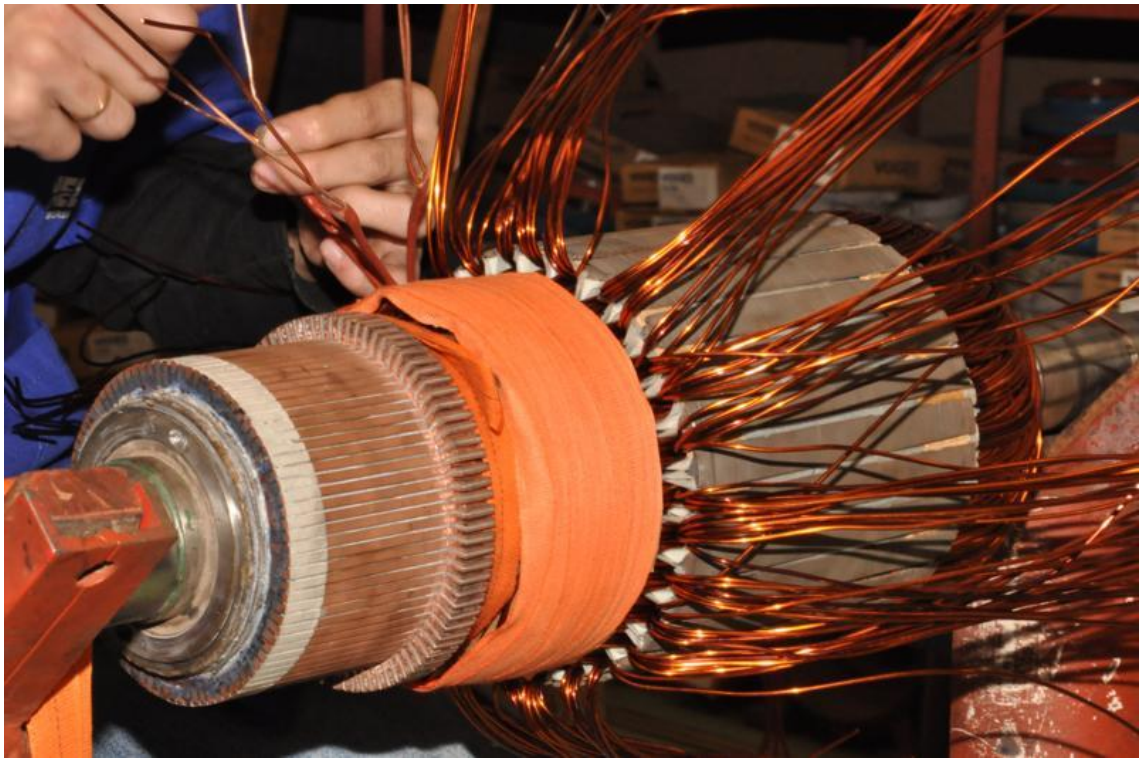
A velocidade de rotação dos 3600 rpm cada um, é aumentada ou diminuída de a cordo com o Sistema de Controle de Malha Fechada, executando a subida, o voo pairado ou a descida desejada do sistema e acelera ou desacelera horizontalmente ou a execução do voo guinado para o rumo desejado.

A manutenção dos motores deve ser executada uma vez a cada 30 dias para garantir a perfeita segurança de voo dos usuários.

A manutenção destes motores é fundamental para garantir a segurança de voo das aeronaves. Para garantir a segurança deve-se executar em laboratório e na fábrica os testes de voo para cima, pairado, para baixo, utilizando ponte rolante e sem usar a ponte rolante e o voo para frente acelerado e freado.

Os testes devem ser executados sem os rotores (somente com motores) e com os rotores gerando os empuxos para cima, para frente e em guinada.

Os testes dos motores devem ser executados verificando o correto comportamento dos estatores e dos rotores. E os testes dos rotores devem ser executados checando a força realizada na vertical através de um dinamômetro vertical.



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

OCTO-ENGINE

86) Manutenção do Motor a Etanol:

O motor a etanol que é responsável por gerar energia para todos os 6 motores elétricos (4 verticais e 2 horizontais) precisa ser chegado e executado sua manutenção uma vez a cada 30 dias.

Esta manutenção é fundamental para a realização segura de voo, pois somente com a correta operação deste motor a etanol é que os motores elétricos operam de forma segura.

O motor a etanol trabalha com 300 Hp cada um e são 2 motores, ou seja, operam com 600 Hp.

O motor a etanol deve ser checado em relação a todos os componentes de um motor a combustão: ou seja, precisa trabalhar com 2700 rpm, 300 Hp e deve gerar energia para um alternador que opera gerando 440 Volts.

Além disso, partida do motor deve operar com a utilização de uma bateria 12 Vcc 50 Ah.

Os motores elétricos trabalham com 80 Hp (os 4 verticais) e 50 Hp (os 2 horizontais), ou seja, os motores elétricos operam com 420 Hp e os motores a combustão operam com 600 Hp, o que gera uma margem e rendimento de 70%.

A manutenção dos motores a etanol deve ser realizada, checando-se todos os componentes do motor, e deve ser validado com a correta operação de 2700 rpm e usar etanol com 200 litros de operação gerando 5 horas de operação. Ou seja, 200 litros de etanol têm que ser capaz de voar 5 horas, e isto deve ser checado em toda operação de manutenção para garantir a autonomia desejada.

O motor a combustão deve ser capaz de medir a velocidade de rotação de cada um deles, 2700 rpm, garantindo os 600 Hp de potência e a validação do alterador de voltagem de 440 V. A saída do Alternador deve alimentar os 6 inversores de frequência com um valor que varia em torno de 3600 rpm (60 Hz). Para mais ou para menos em torno dos 3600 rpm, aumentando ou diminuindo a operação de voo, seja voo vertical, seja voo horizontal.

Ou seja, ao se aumentar a frequência de operação dos inversores, aumenta-se também a força de empuxo, seja empuxo vertical, seja empuxo horizontal.

A velocidade de voo horizontal e o empuxo vertical é implementado através de Engenharia de Controle em Malha Fechada, aumentando ou diminuindo a w (velocidade de rotação dos rotores).

F = ½*rho*(w*R/2)^2*R*b*np*nr*cl

F = força de empuxo

rho = densidade de atmosférica

w = velocidade de rotação do rotor

R = raio do rotor

b = corda do rotor

np = número de pás

nr = número de rotores

cl =coeficiente de sustentação

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

87) Manutenção dos Motores Elétricos para Voo Vertical (eVTOL):

A manutenção dos motores elétricos é fundamental para o voo seguro das aeronaves eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car. Não é possível garantir o voo seguro sem que a manutenção seja feita e realizada uma vez a cada 30 dias.

A manutenção precisa ser feita de forma preventiva e quando haja algum problema não previsto, deve ser feita de forma corretiva e a seguir de forma preventiva.

Os motores elétricos precisam ser checados em relação aos estatores e aos rotores. Devem também serem checados em relação à velocidade de rotação que deve ser verificada em relação à velocidade de rotação de 3600 rpm e em relação a velocidades maiores e a velocidades menores. A variação de velocidade em torno da rotação de 3600 rpm precisa ser validada em relação ao aumento ou à diminuição (para gerar um aumento ou para gerar uma diminuição do empuxo de voo vertical ou de voo horizontal).

A variação da velocidade de rotação deve ser checada para validar o aumento ou a diminuição do empuxo de operação.

Os testes dos motores devem ser realizados de forma isolada, sem os propulsores e após estes testes sem os propulsores, deve-se realizar os testes usando também os propulsores e controle de malha fechada usando os propulsores para altitudes baixas: 1 metro, 2 metros, 3 metros, 4 metros e 5 metros (para cima, voo pairado em cada altitude, para baixo e voo pairado em cada altitude).

Assim, os testes dos motores elétricos possuem três fazes: a primeira sem rotores: somente os motores e a segunda com rotores até 5 metros de altitude, incluindo voo pairado, e a terceira com inversores de frequência, aumentando ou diminuindo a altitude.

Os motores elétricos de 80 Hp e de 50 Hp são motores trifásicos e são abastecidos por inversores de frequência. Ou seja, há a necessidade de se executar os testes usando os inversores.

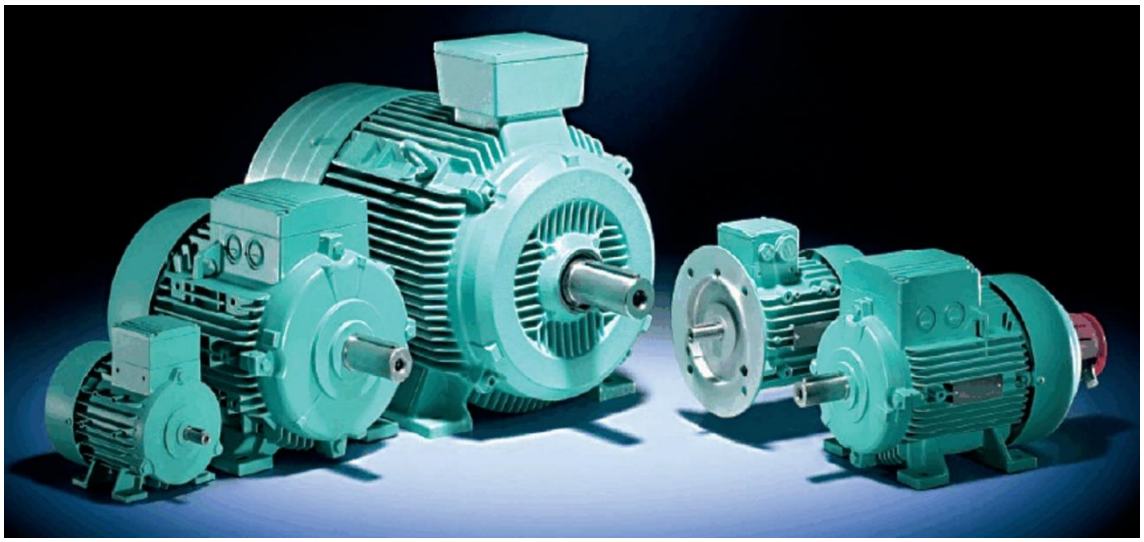
$F - m*g = m*d2z/dt2$

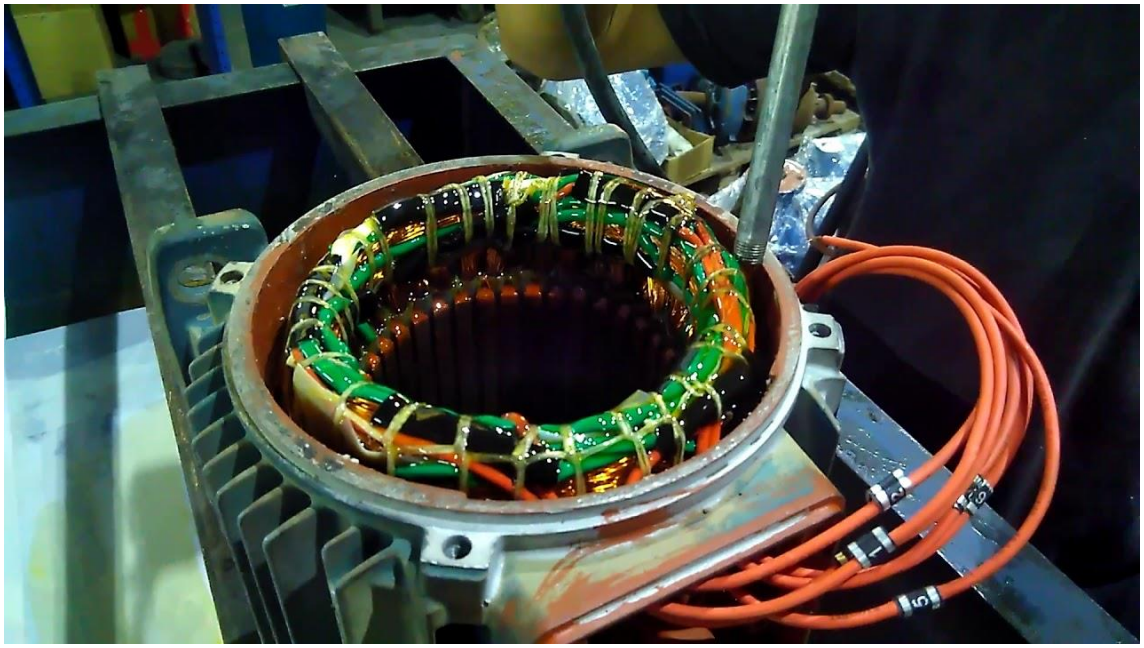
F = força de empuxo vertical

m = massa do sistema

g = aceleração da gravidade

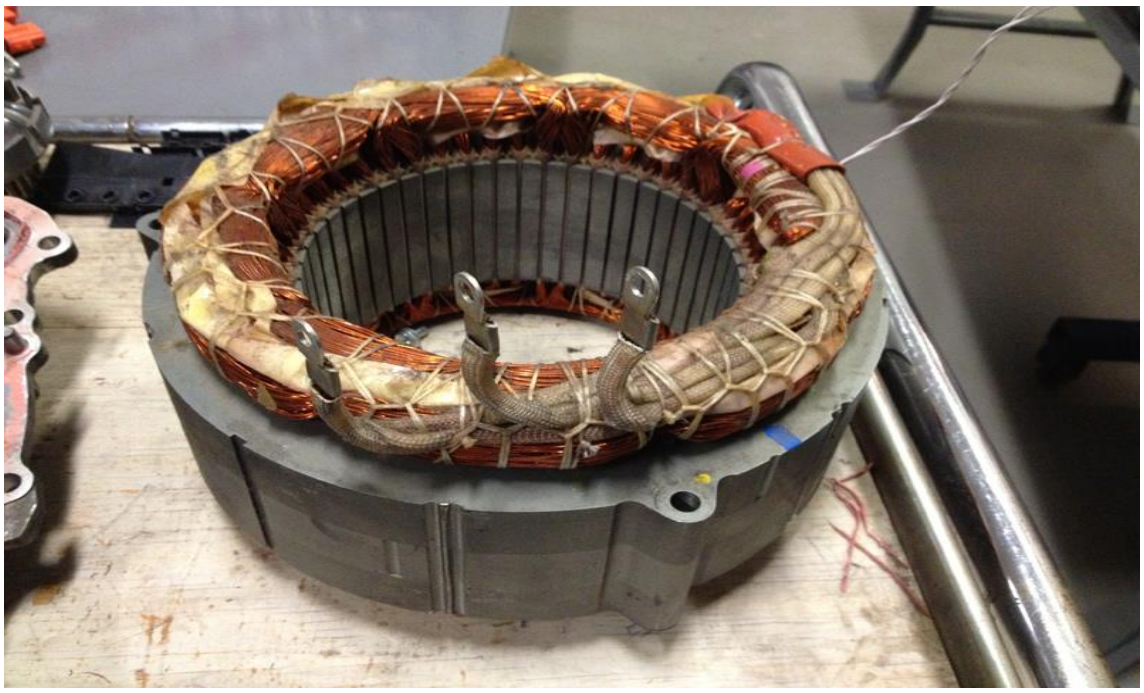
d2z/dt2 = aceleração vertical





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

88) Manutenção dos Motores Elétricos para Voo Horizontal:

Os motores elétricos do eVTOL Motorbike e o eVTOL Flying Car tem dois componentes:

Um sobre 4 motores para voo vertical e pairado e outros 2 para voo horizontal e guinado. Estes dois tipos de motores trabalham com 80 Hp na vertical e com 50 Hp na horizontal.

Ambos operam com amperagem trifásica e 440 Volts e são alimentados com inversores de frequência.

Os motores trifásicos de 80 Hp e de 50 Hp são responsáveis pela operação vertical e horizontal de maneira a exercer o conjunto de 320 Hp na vertical (4 motores, 2 horários e 2 anti-horários) 100 Hp na horizontal (2 motores, um horário outro anti-horário).

Os motores trifásicos verticais operam na vertical, enquanto os motores elétricos trifásicos horizontais operam na horizontal com aceleração, frenagem e voo guinado.

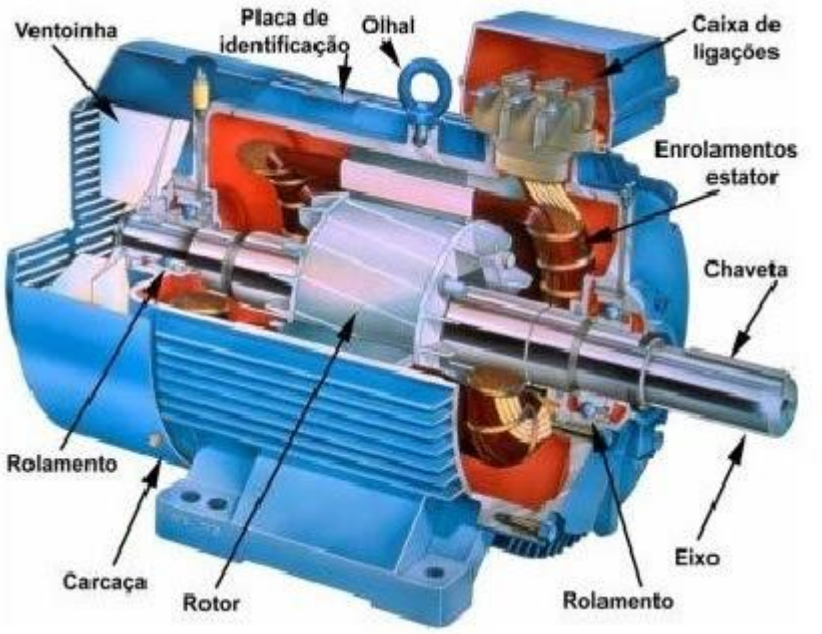
A manutenção dos dois tipos de motores opera de forma semelhante, com a validação dos estatores, dos rotores, dois eixos, dos rolamentos, da lubrificação, da velocidade de rotação e da potência de trabalho.

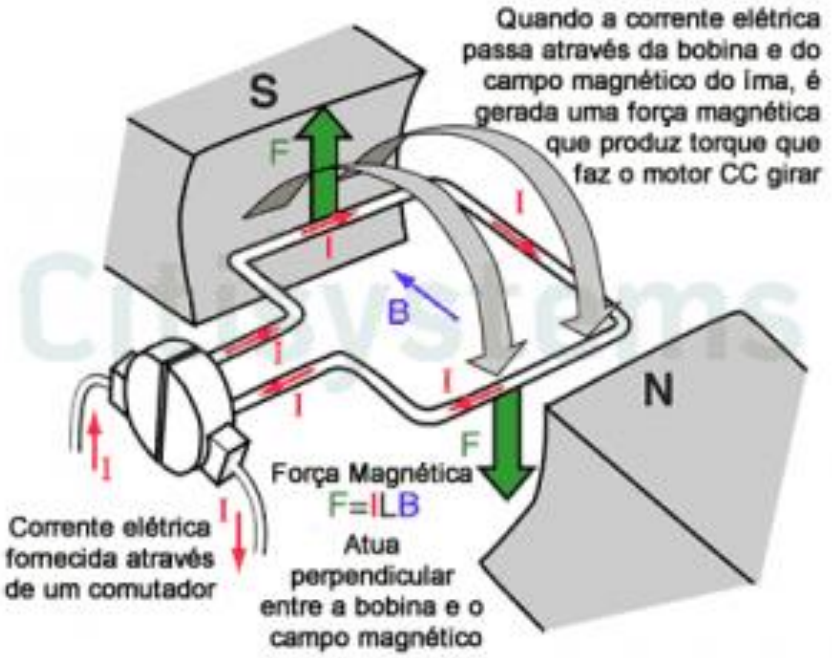
A manutenção é exercida em cada motor por vez, e após isso, passa a ser montado com os rotores para checagem da operação de sustentação de voo a um metro de altitude, a 3 metros de altitude e a 5 metros de altitude, usando Engenharia de Controle em Malha Fechada.

Ou seja, a manutenção dos motores trabalha de maneira a realizar a checagem dos estatores, dos rotores, dois eixos, dos rolamentos, da lubrificação, da velocidade de rotação e da potência de trabalho.

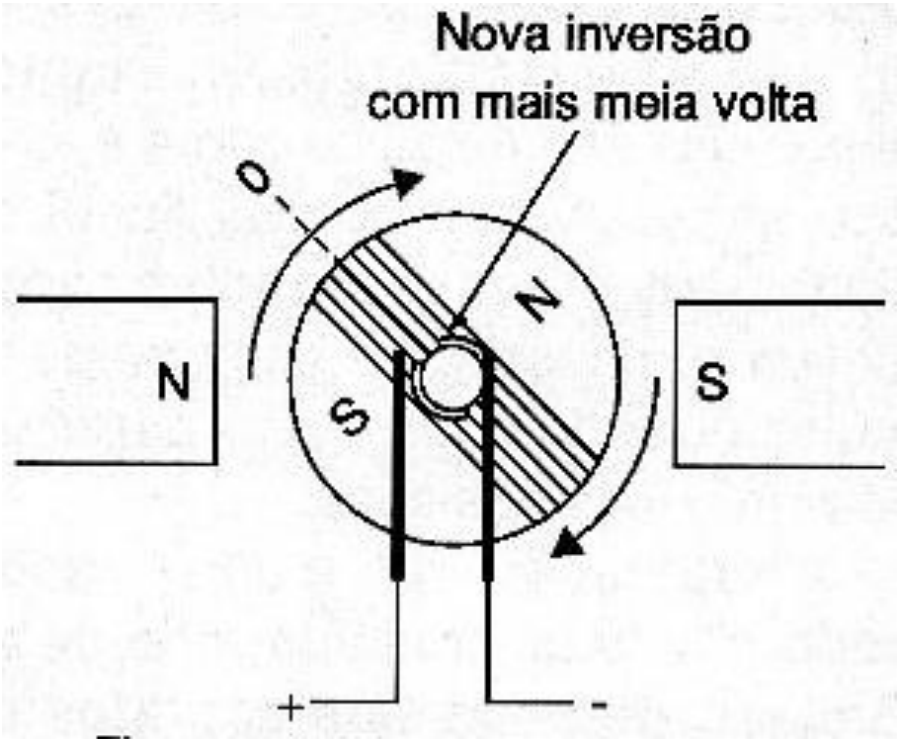
Os motores somente são liberados após a validação do voo horizontal. É importante verificar que os voos horizontais precisam ser executados com o auxílio de uma ponte rolante para garantir a segurança dos testes (movimenta-se a ponte rolante em sincronia com o movimento do motor horizontal, de forma lenta). Após os testes com ponte rolante de forma lenta, executa-se os testes sem ponte rolante com velocidades elevadas e baixas altitudes. E em seguida com altas altitudes.

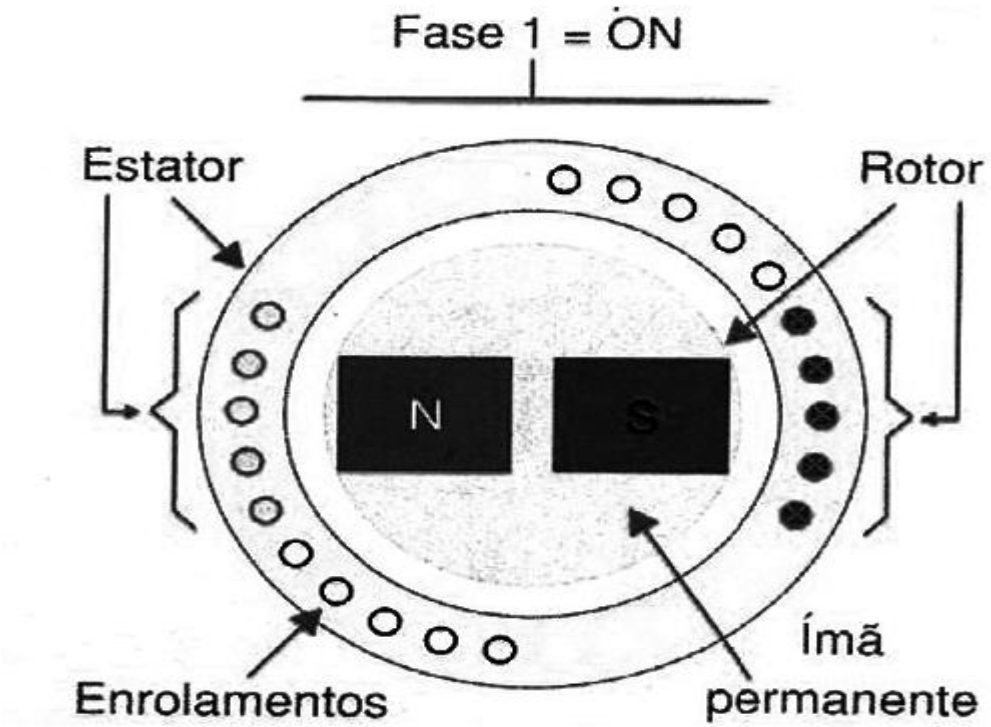
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

89) Manutenção dos Servos Motores para Controle de Estabilidade nos eixos x, y:

A manutenção dos servos motores para controle da estabilidade é fundamental para a segurança do equipamento (da aeronave eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car).

Os servos motores são equipamentos que promovem o avanço ou o recuo de uma massa de peso m que estabiliza a aeronave de maneira a estabilizar em torno dos eixos x e dos eixos y, deslocando esta massa de peso m ao longo de um eixo fuso. No caso da Aeronave eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car da VBJ Engenharia, usa-se 2 eixos fusos/servos para esquerda e para direta e mais 2 eixos fusos/servos para frente e para trás.

Quando a aeronave inclina para frente, o servo motor posiciona a massa para trás, inclinando a aeronave para trás. Quando a aeronave inclina para trás, o servo motor posiciona a massa para frente, inclinando a aeronave para frente. Quando a aeronave inclina para a esquerda, o servo motor posiciona a massa para a direita, inclinando a aeronave par direita. Quando a aeronave inclina para a direita, o servo motor posiciona a massa para a esquerda, inclinando a aeronave para a esquerda. Desta forma, a aeronave fica estável, sem nenhuma inclinação.

Todos estes movimentos (para frente, para trás, para direita e para a esquerda) são realizados através do Princípio de Engenharia de Controle em Malha Fechada com as inclinações desejadas igual a zero (ou seja, sem inclinação).

Com estas condições (para frente, para trás, para direita e para esquerda) a aeronave se estabilizada com ângulos iguais a zero tanto para a esquerda/direita, quanto para frente/trás. Segue o modelo de Engenharia de Controle de Inclinação (Função de Transferência, através da Transformada de Laplace):

Tetax K*G/(1 + H*K*G)

Tetay = K*G/(1 + H*K*G)

Tetax = ângulo de inclinação desejado em torno do eixo x

Tetay = ângulo de inclinação desejado em torno do eixo y

Tetax = 0

Tetay = 0

K = Coeficiente de Amplificação PID (Proporcional Integral Derivativo)

G = Planta do Sistema de Inclinação

H = Coeficiente de Medição dos Sensores

K, G e H são específicas e diferentes para as inclinações Tetax e Tetay

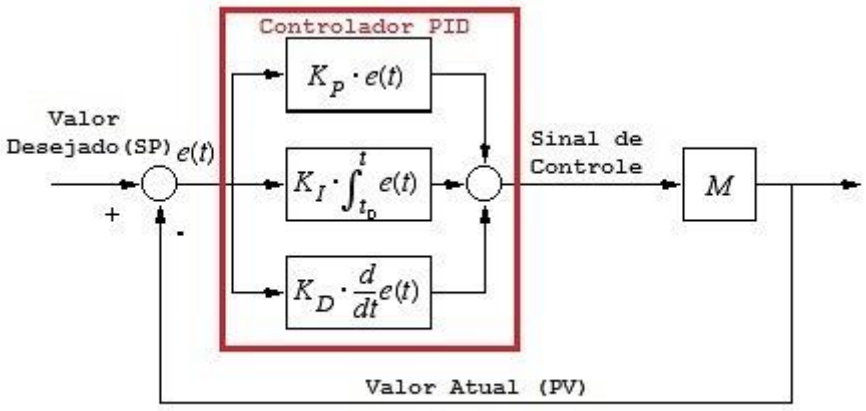
O processo de manutenção dos servos motores x e y devem ser executados uma vez de cada para cada um dos 2 servos motores (x) e cada um dos 2 servos motores (y). Ou seja, tem que ser medido ao longo do eixo fuso, para garantir o comportamento desejado.

Após a manutenção dos eixos x e dos eixos y individualmente, deve-se executar a manutenção dos 4 eixos de forma simultânea, usando os testes através de ponte rolante, de maneira a provocar a inclinação indesejada para frente, para trás, para a esquerda e para a direita.

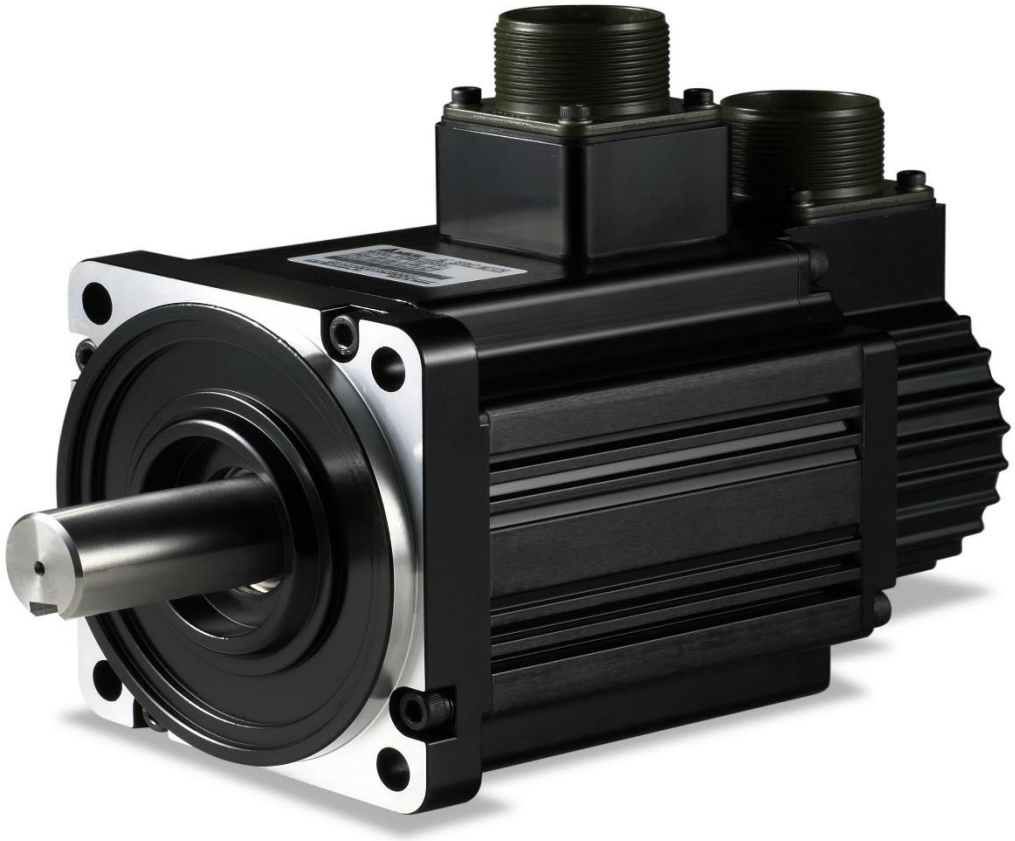
Caso haja um comportamento indesejado, deve-se substituir os servos motores que se comportam de maneira errônea, para se instalar um outro servo motor. Servo motor com comportamento errôneo deve ser enviado para o fornecedor para que este realize a manutenção para que este servo motor possa voltar a ser utilizado.

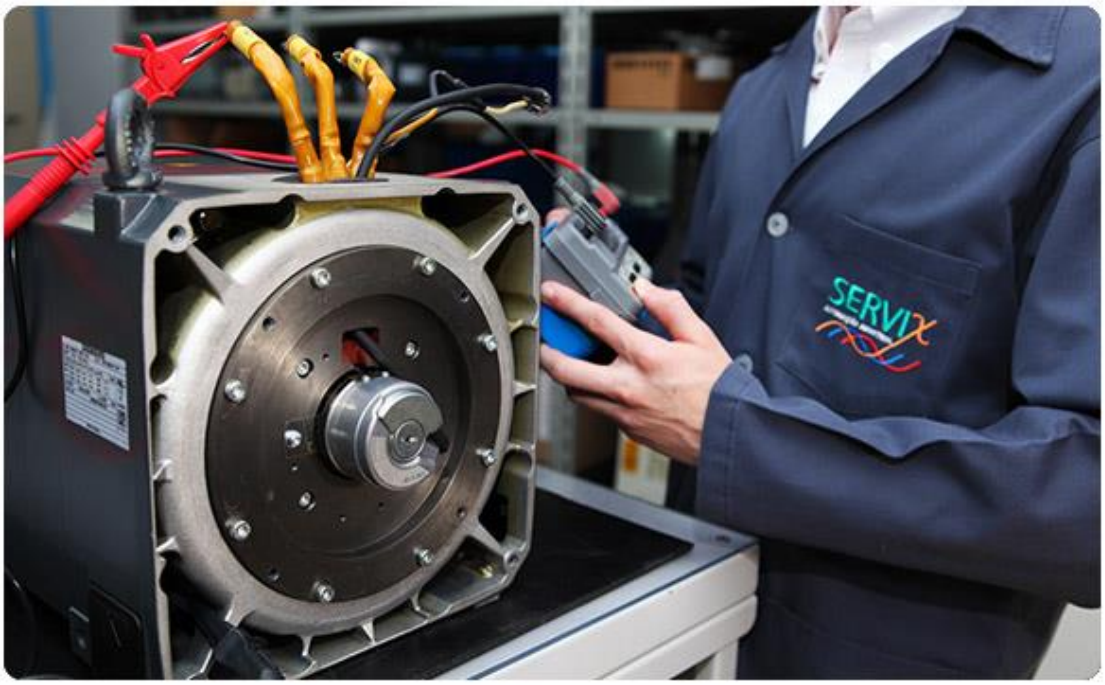
Este procedimento (envio para fornecedores executarem a manutenção) deve também ser executado com os outros componentes da aeronave eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car, incluindo os 6 motores elétricos, 2 motores a combustão, 2 alternadores, bateria, 4 servos motores, 4 eixos fuso, Instrumentos de medição, Sistemas de Engenharia de Controle (Velocidade, Altitude, Razão de Subida, Bussola, Inclinação do Eixo X, Inclinação do Eixo Y, Medidor do Tanque de Combustível, Carga de Bateria, GPS/Waze), 6 Sistemas de Ultrassom, Arduino.

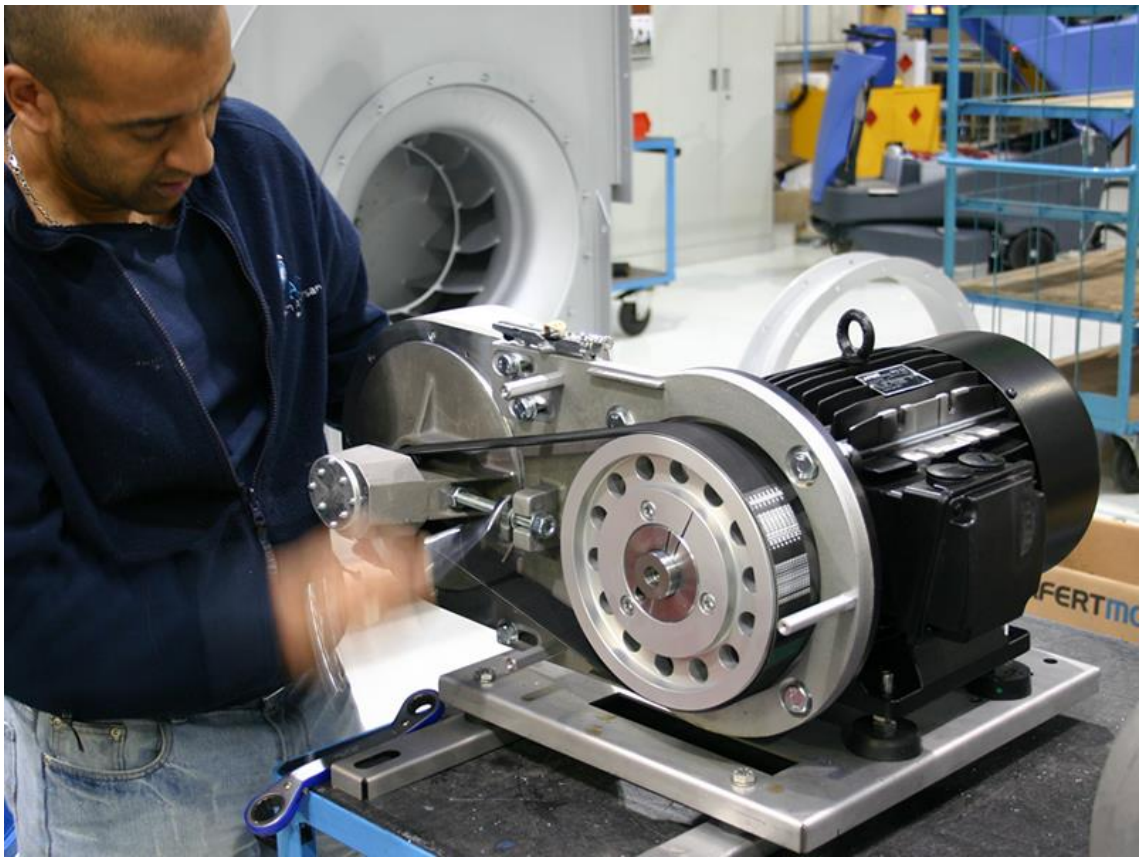
Após o envio dos equipamentos para os fornecedores, estes devem executar a manutenção e enviar para a nossa fábrica novamente. Após receber o equipamento com a manutenção realizada, este deve ser realizado através dos testes de operação correta, para que o equipamento possa ser utilizado em outras aeronaves.



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com







VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

90) Manutenção do Controle de Altitude:

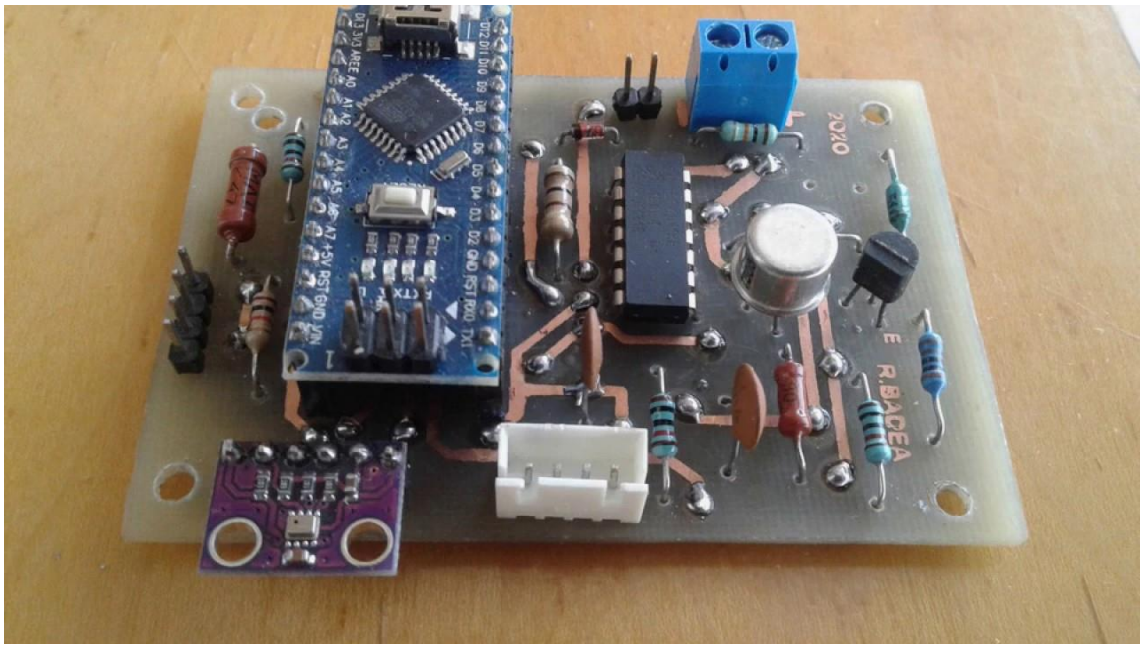
O controle de altitude deve ser realizado através de um altímetro que mede a pressão atmosférica externa a aeronave. Esta medição é realizada pelo tudo de pitot não na parte dinâmica de voo, mas sim na parte estática. Ou seja, utiliza-se o barômetro para medição da pressão atmosférica. Este barômetro pode ser mecânico ou eletrônico e digital. O barômetro digital é escolhido para ser controlado pelo software em interface com o Arduino. Esta interface deve ser mantida em controle pelo Arduino, ou seja, a manutenção tem que ser validade e testada utilizando o Arduino como ferramenta de qualificação. O que significa que a manutenção do barômetro/altímetro precisa ser realizada em conjunto com a interface do Arduino.

O teste e a manutenção devem ser realizados em solo, em 1 metro de altitude, em 2 metros de altitude, em 3 metros de altitude, em 4 metros de altitude, em 5 metros de altitude, em 10 metros de altitude, em 50 metros de altitude, em 100 metros de altitude, em 200 metros de altitude e em 300 metros de altitude. Estes testes devem ser checados usando 4 padrões em paralelo. Onde o controlador a ser mantido deve ser verificado em comparação com os 4 padrões.

O sistema de controle de altitude deve ser mantido e controlado por um Sistema de Controle de Altitude PID em Malha Fechada.

Nos 5 primeiros metros de testes de altitude não há a necessidade de usar os 4 padrões, podem ser usados apenas a ponte rolante. No caso do comportamento inadequado do barômetro digital com Arduino, o barômetro deve ser enviado para o fornecedor do equipamento. Este deve ser mantido, corrigido e enviado novamente de volta para a fábrica para nova reposição em outros novos equipamentos.

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

91) Manutenção do Controle de Velocidade de Voo Horizontal:

A manutenção do controle de velocidade horizontal é fundamental para a correta execução de voo. É necessário realizar o controle de voo horizontal uma vez a cada 30 dias, durante a manutenção preventiva.

A manutenção deve ser executada com a velocidade em Engenharia de Controle em Malha Fechada inicialmente em suspensão pela ponte rolante.

Teta = arctag(m*v^2/(R*m*g)

Teta = ângulo de inclinação com a Ponte Rolante

m = massa do sistema completo de voo

v = velocidade de voo tangencial

R = raio de inclinação de voo

g = aceleração da gravidade

v = K*G/(1 + H*K*G)

v = velocidade desejada

K = coeficiente de amplificação PID

G = planta

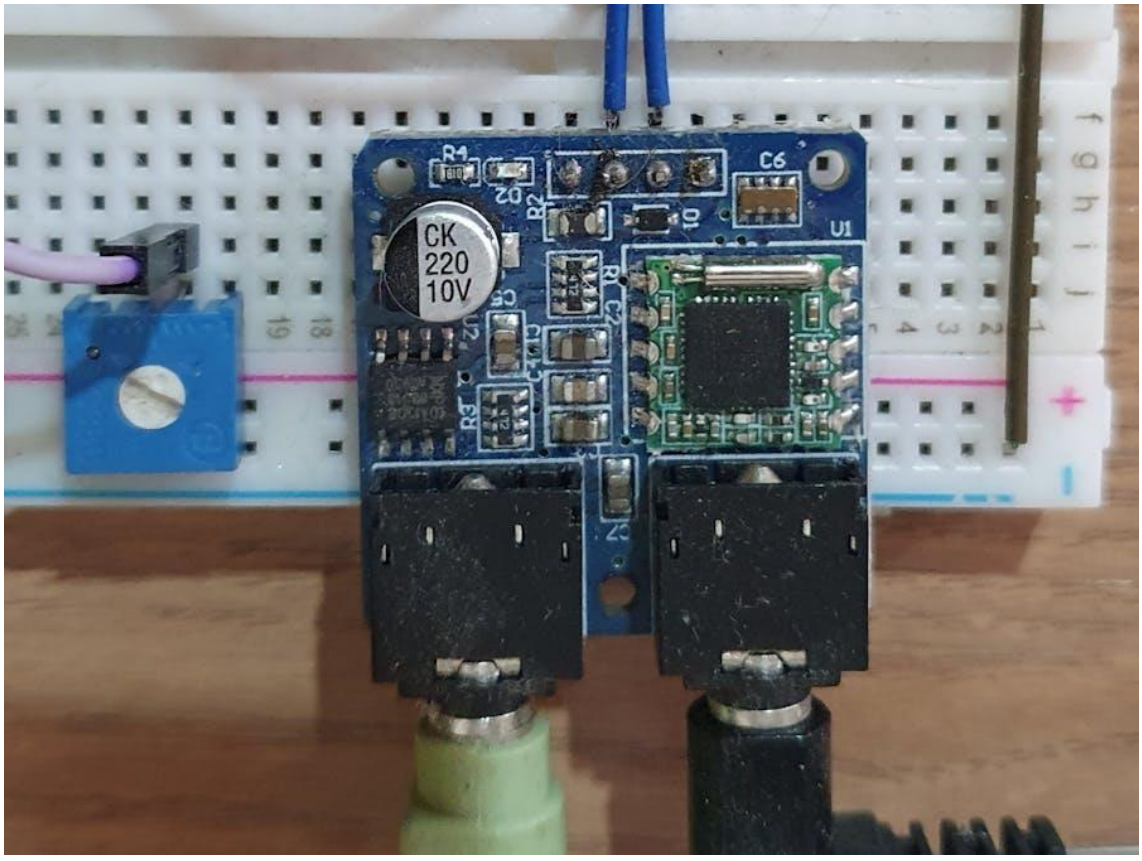
H = coeficiente de sensor de medição de velocidade

v, H, K, G = Transformada de Laplace

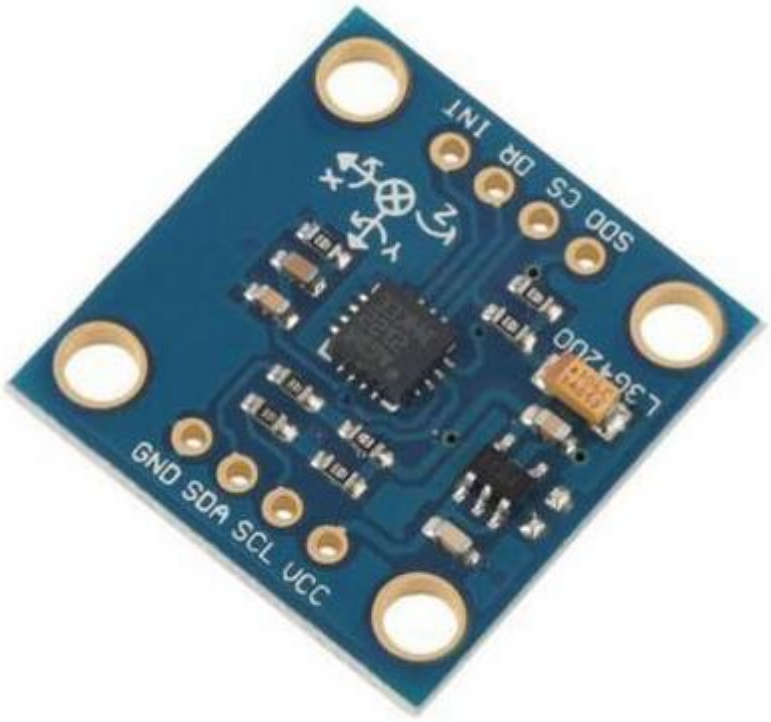
A manutenção e o controle de velocidade devem ser executados em duas fases. A primeira com o uso da ponte rolante a baixa altitude (1, 2, 3, 4 e 5 metros de altitude) e o segundo sem a ponte rolante. Em ambos os casos o sistema mede a velocidade de voo usando o velocímetro com o Arduino. O sistema usa o medidor em manutenção em paralelo com 4 medidores padrões. O medidor em manutenção precisa ser validado com os outros 4 medidores padrões. O Arduino utiliza uma interface de rádio comunicação para conversar com o solo.

Ou seja, o Arduino utiliza um velocímetro e um comunicador no equipamento em voo e um outro comunicador em solo de forma a receber as informações de voo. De forma que que o comunicador em solo recebe os valores e as informações de controle desejadas e permite ler estas informações. Estas informações de velocidade de voo horizontal são lidas com a velocidade de manutenção e controle e comparada com a velocidade dos 4 padrões de referência.

A velocidade máxima da aeronave e de 100 km/h, pois o voo de ponta de asa mais a velocidade da aeronave precisa ser menor que a velocidade do som. Ou seja, a velocidade da aeronave é medida pelo velocímetro em voo (4 padrões mais o em manutenção) e estas informações são enviadas pelo rádio do Arduino para o Arduino em solo e checada o correto valor de voo. Esta interface de rádio do Arduino também é utilizada para medir e controlar outras variáveis e informações necessárias e de controle. O que significa que o uso da interface de rádio do Arduino é fundamental para o controle e medição das informações de controle que precisam ser checadas.

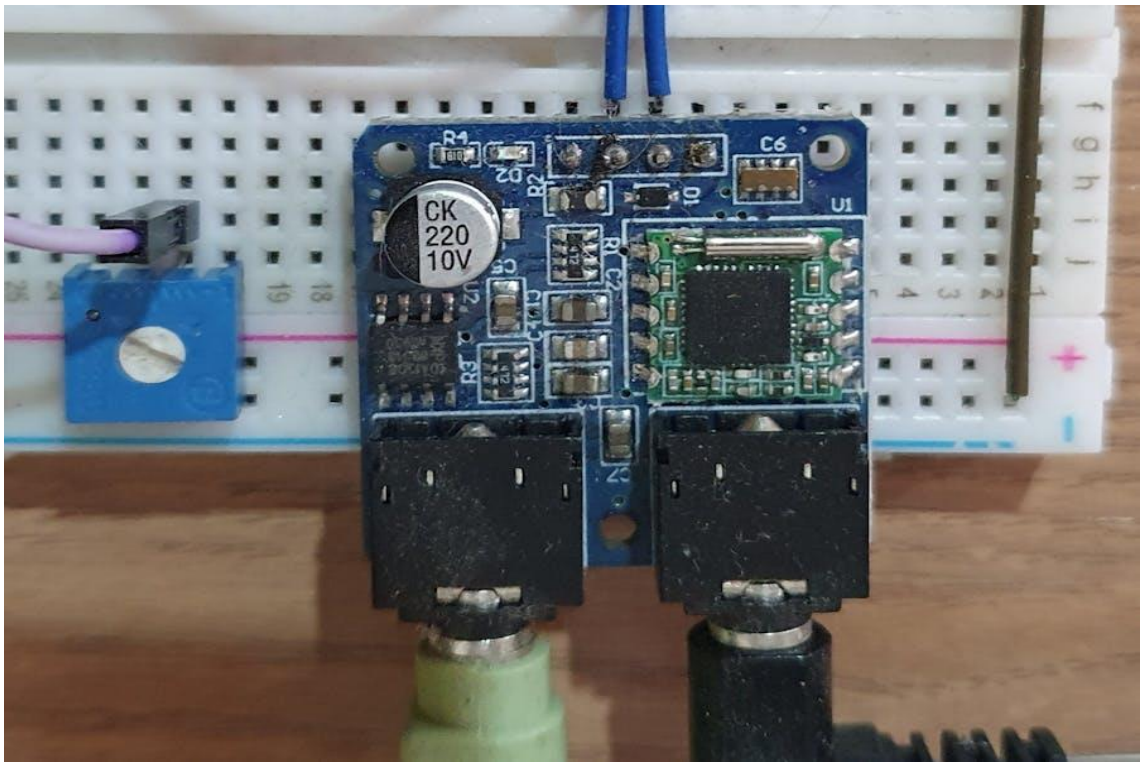


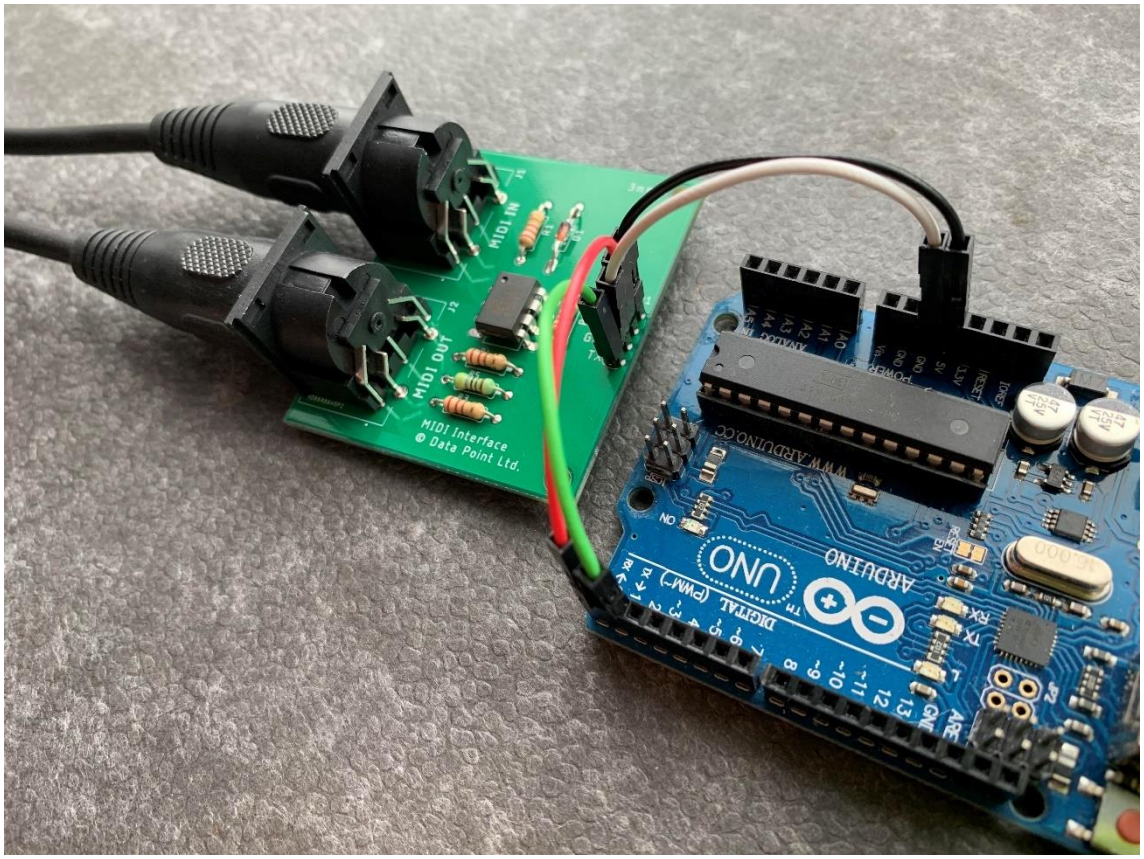
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

92) Manutenção do Controle de Voo Guinado:

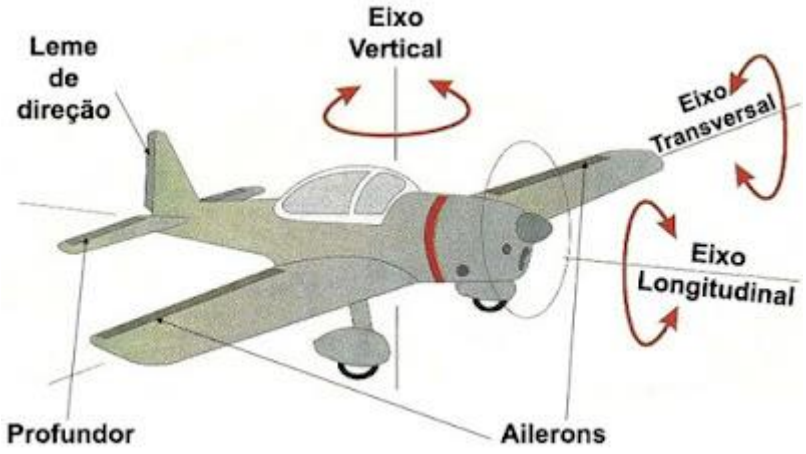
Para a correta execução de voo, é necessário realizar a validação do voo guinado. Onde a aeronave realiza o voo do motor horizontal da direita para uma direção oposta ao do motor horizontal da esquerda.

Ao se impor um voo horizontal do motor esquerdo para frente e um voo horizontal do motor direito para trás, este gera um voo no sentido horário. Já se impor um voo horizontal do motor esquerdo para trás e um voo horizontal do motor direito para frente este gera um voo no sentido anti-horário.

O controle da direção de voo e do ângulo de guinada, este é exercido usando uma bussola digital associada ao Arduino e o Controle de Malha Fechada. Este controle de voo da direção de voo da bussola é mantido e controlado também com o voo em solo, onde o Arduino em voo se comunica com o Arduino em solo para validar as condições de voo.

O correto controle de guinada deve ser executado com a aeronave em voo pairado, porque se for controlado com voo em movimento a aeronave irá derrapar na direção e sentido de voo anterior a guinada.

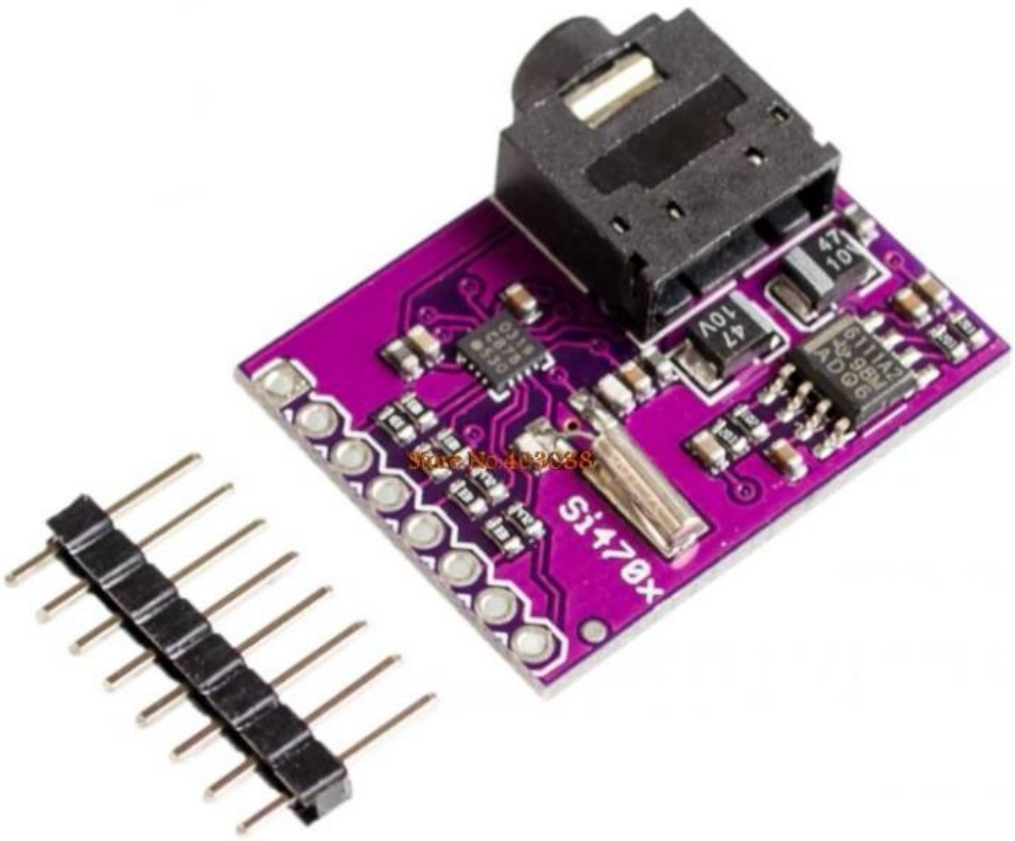
O software de controle deve ser construído usando uma plataforma MBSE / SysML (Model Based Systems Engineering / Systems Modeling Language para a implementação do software usando C e C++. Pode-se usar a plataforma Rhapsody da IBM ou outro software MBSE / SysML freeware. Esta plataforma não é feita apenas para o voo guinado, mas para todo o sistema de navegação e controle do sistema.



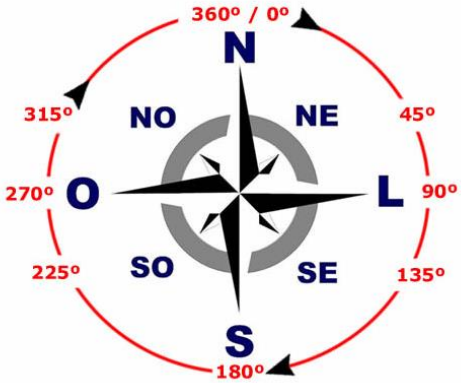
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com


Si470x

N
NE
E
SE
S
SW
W
NW


360º / 0º
N
NO
NE
45º
315º
O
L
270º
90º
SO
SE
225º
135º
S
180º

93) Manutenção dos Sistemas de Controle em Malha Fechada:

O Sistema de Controle de Malha Fechada da Aeronave eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car atuam em 5 funções:

- Controle de Altitude
- Controle de Velocidade
- Controle de Ângulo de Guinada
- Controle de Inclinação no Eixo x
- Controle de inclinação no Eixo y

Em todas as 5 funções projeta-se uma Engenharia de Controle de Malha Fechada

Onde se trabalha as 5 variáveis desejadas que operam de forma independente uma da outra. Ou seja, cada uma destas 5 variáveis desejadas trabalha utilizando o valor da variável desejada e subtrai-se o valor da variável medida, amplifica-se o erro subtraído usando as constantes PID (Proporcional Integral e Derivativo) e aplica-se este valor amplificado na variável de controle que é manipulado pela Planta.

Este modelo de Engenharia de Controle pode ser realizado usando Transformada de Laplace para variáveis contínuas ou Transformada Z para controle de variáveis discretas.

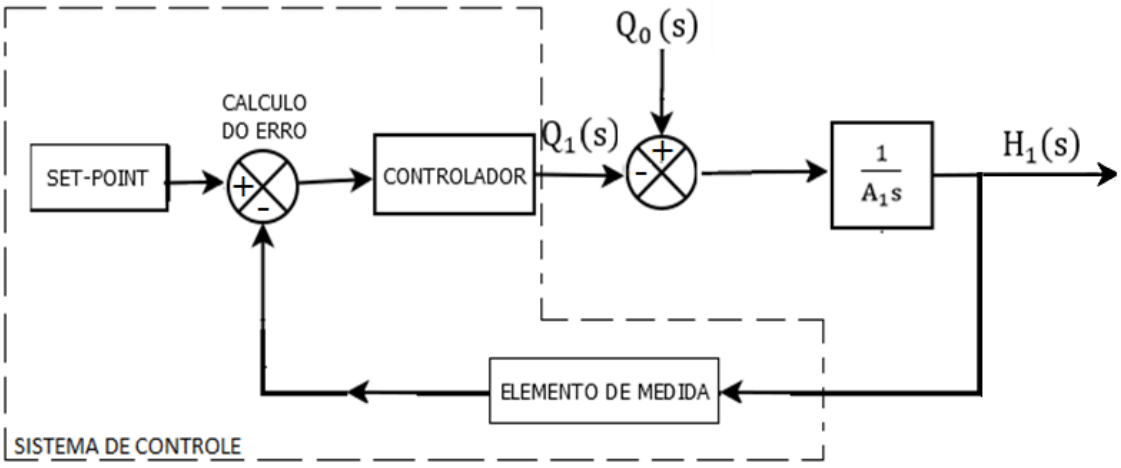
Em todos os casos define-se a variável desejada e mede-se a variável real, usando o princípio de Função de Transferência.

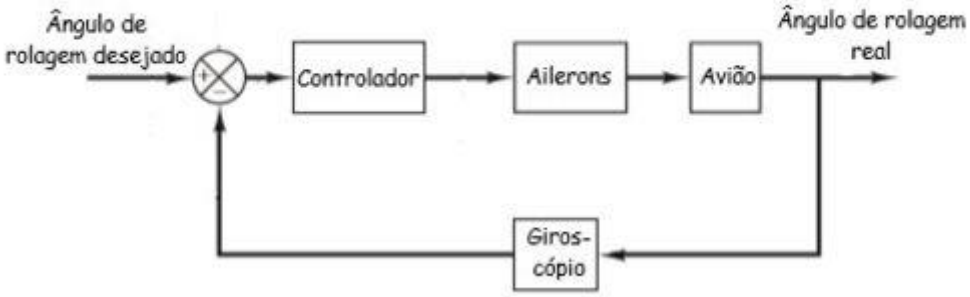
Sendo que a altitude desejada é definida através de um potenciômetro de controle de altitude desejada de zero a 300 metros de altitude. Define-se também através de um outro potenciômetro de velocidade desejada para controle da velocidade entre zero e 100 km/h (velocidade máxima de voo). E um terceiro potenciômetro para o correto comportamento do ângulo de guinada entre zero e menos 180 graus e/ou entre zero e mais 180 graus.

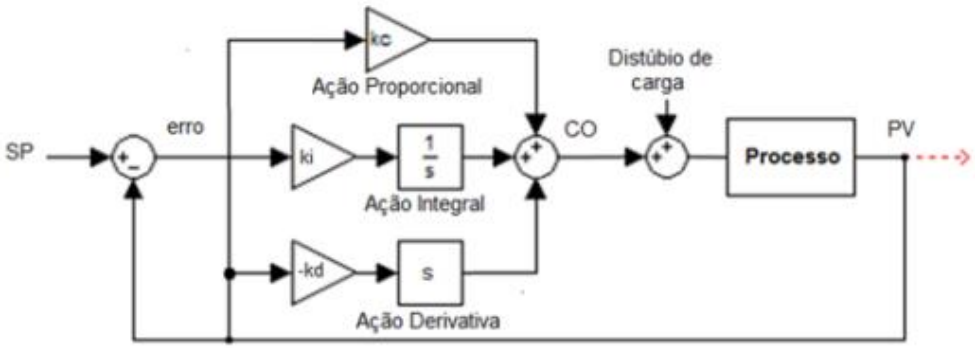
Para checar o correto funcionamento destas 5 funções é necessário testar a correta operação destas 5 funções. Testando a altitude, a velocidade, o ângulo de guinada e a inclinação dos eixos x e y estes com valor igual a zero.

A manutenção deve ser realizada medindo o verdadeiro comportamento, que deve ser testado com as interfaces projetadas e construídas usando o Arduino. Que deve usar a interface de rádio frequência do Arduino em Voo para a rádio frequência o Arduino em solo. Este controle de navegação em solo são fundamentais para a manutenção e operação de voo seguro. Estas medidas devem serem usadas para manutenção da correta operação e caso observa-se uma não consistência e comportamento indesejado, estes equipamentos de controle devem ser enviados para o fornecedor dos equipamentos de Controle de Voo para a execução de correta manutenção.

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com







Estrutura I-PD. Utilizada para transição suave em mudança de SP

94) Manutenção do Sistema de Emergência:

O Sistema de Emergência é fundamental para garantir a segurança da aeronave eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car da Empresa VBJ Engenharia. Para a correta operação do sistema de emergência é necessário verificar a correta manutenção dele.

O sistema de emergência é composto de 9 subsistemas: sendo 3 subsistemas de paraquedas (1 do piloto, 1 do passageiro e 1 da aeronave) e 2 subsistemas de airbags na aeronave e mais 2 subsistemas de roupa airbags (1 para o piloto e 1 para o passageiro), além do uso do capacete para cada um dos dois.

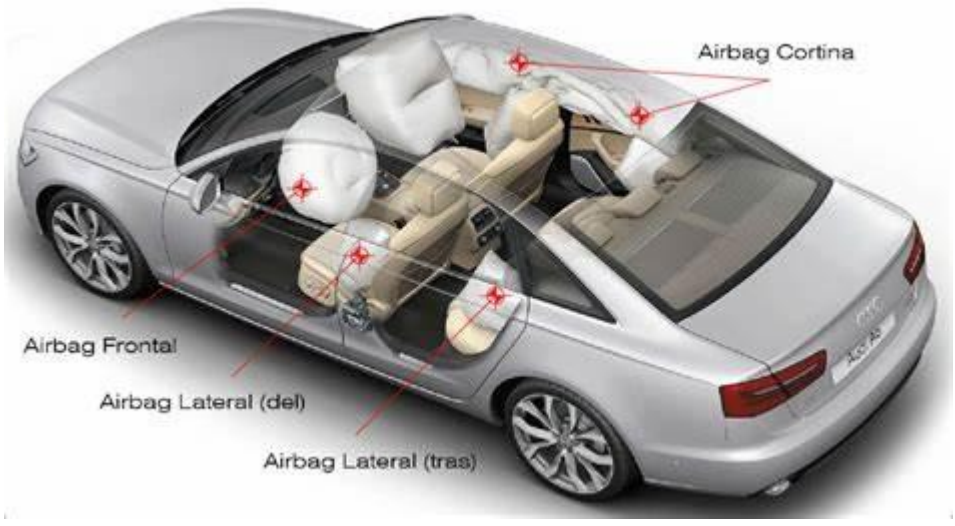
A manutenção do sistema de emergência é executada testando a operação desejada de operação do paraquedas com disparo balístico do envio do paraquedas e com a operação de disparo dos airbags.

Os disparos do paraquedas balístico e o disparo dos airbags feitos em solo são fundamentais para o correto teste de operação e de manutenção do sistema de emergência da aeronave.

Este teste de manutenção preventiva também é feito uma vez a cada 30 dias. Em conjunto com os outros testes de manutenção da aeronave.

A aeronave somente é autorizada a voar após a correta operação desta manutenção de sistema de emergência.

Após a execução dos testes de manutenção preventiva de emergência, os paraquedas e os airbags são montados novamente e preparados para o uso para novos procedimentos.


Airbag Cortina
Airbag Frontal
Airbag Lateral (del)
Airbag Lateral (tras)

AIRBAG
PILOTE

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

95) Manutenção dos Paraquedas:

A manutenção preventiva do sistema de paraquedas é realizada uma vez a cada 30 dias, juntamente com os outros procedimentos de manutenção preventiva.

A manutenção preventiva do uso dos paraquedas é realizada utilizando o disparo balístico dos paraquedas usados pelo piloto e pelo passageiro e disparo dos paraquedas balísticos do paraquedas usados na aeronave. Estes 3 disparos são feitos em solo, para garantir a segurança da aeronave e do piloto e do passageiro.

Ou seja, estamos falando de 3 paraquedas, um do piloto, outro do passageiro e um terceiro da aeronave eVTOL Motorbike (moto voadora). O disparo do paraquedas do passageiro é inicial, em seguida ocorre o disparo do paraquedas do piloto e em terceiro lugar ocorre o disparo do paraquedas balístico da aeronave. Estas 3 operações são realizadas na moto voadora, já no Flying Car ocorre somente uma operação de disparo balístico de paraquedas, onde o piloto e os passageiros ficam dentro da aeronave na descida de emergência.

Na aplicação de aeronaves de Flying Car (carro voador) a emergência de uma navegação de aeronave onde um dos rotores de pane, os outros rotores permitem o uso e a aplicação dos outros 3, ou 5 ou 7 rotores em pouso e segurança. Ou seja, ao invés de usar paraquedas, utiliza-se os outros rotores num pouso de emergência.

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

SKYRUNNER

96) Manutenção dos Airbags:

A manutenção dos airbags precisa ser realizada em solo de maneira preventiva, para checagem da operação de disparo em alta velocidade, de forma que o pouso de emergência seja protegido e preventivo de grande segurança.

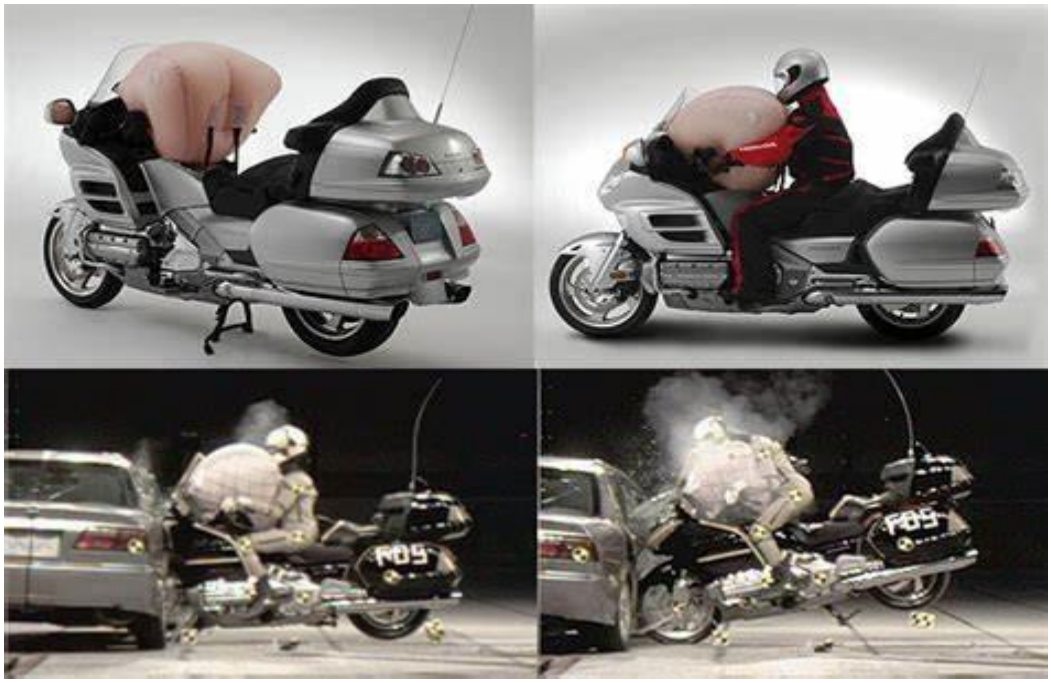
Os airbags são de dois tipos: um sobre a aeronave eVTOL Motorbike e outros dois na roupa do piloto e do passageiro. Existe também um outro airbag dentro da aeronave eVTOL Flying Car (carro voador).

O uso dos airbags são aplicados para baixas e altas altitudes. O uso de baixas altitudes é aplicado para emergências sem o uso do paraquedas, já o uso de altas altitudes são usados em conjunto entre os airbags e os paraquedas.

Ou seja, com a navegação entre 5 e 10 metros aplica-se o uso dos airbags, já para navegação entre 100 e 300 metros, aplica-se o uso conjunto entre airbags e paraquedas.

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

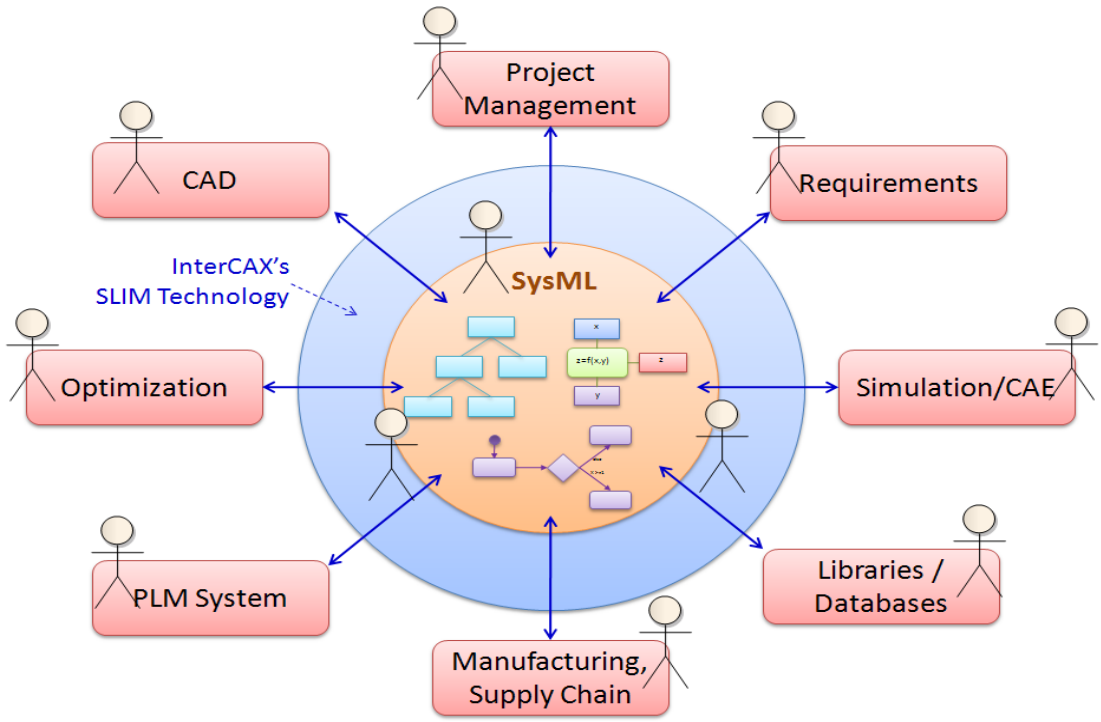
97) Manutenção do Software Embarcado:

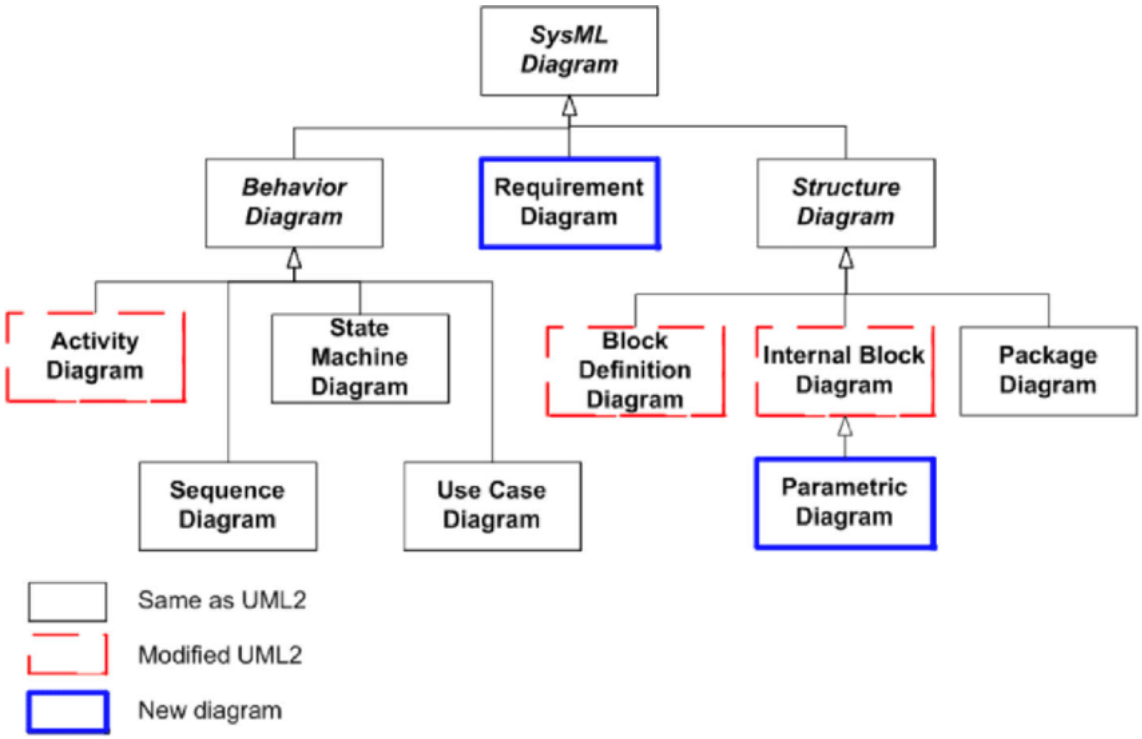
A operação de Software Embarcado deve ser construída e mantida usando as tecnologias MBSE e SysML (Model Based Systems Engineering e Systems Modeling Language).

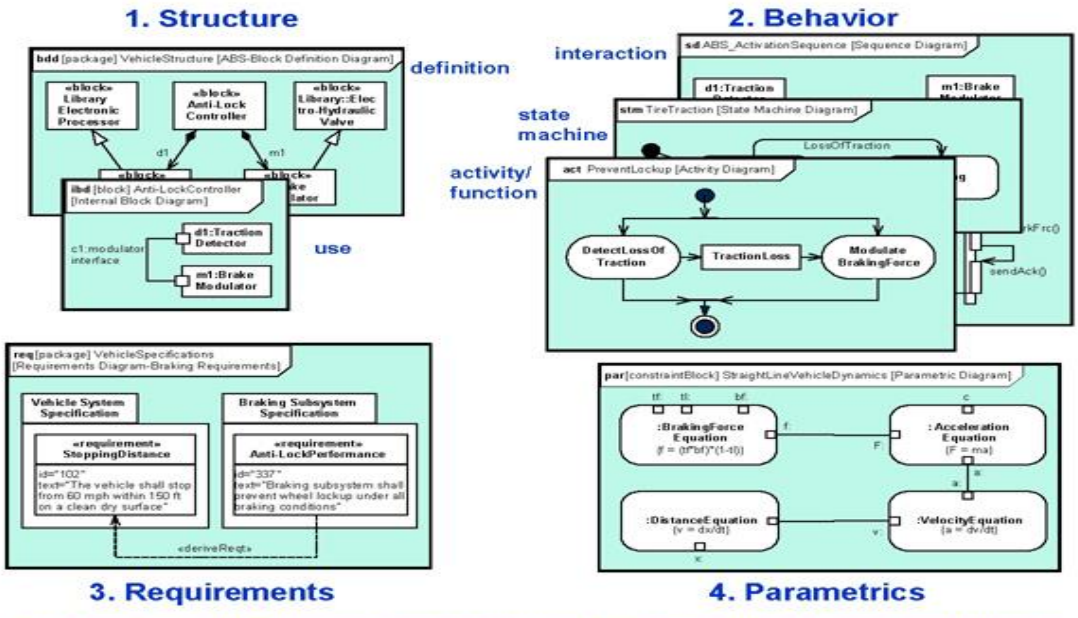
O Modelo SysML é contruído usando os seguintes diagramas:

- Diagrama de Pacotes
- Diagrama de Requisitos
- Diagrama Paramétricos
- Diagrama de Blocos
- Diagrama de Blocos Internos
- Diagrama de Caso de Uso
- Diagrama de Sequência
- Diagrama de Atividade
- Diagrama de Máquina de Estado

Esta modelagem permite a construção de Projetos Complexos de Engenharia de forma rápida e confiável. Um projeto/equipamento que deve ser construído em 2 anos, pode ser modelado em 30 dias. E qualquer modificação no projeto, pode ser construído e remodelado de forma muito ágil.

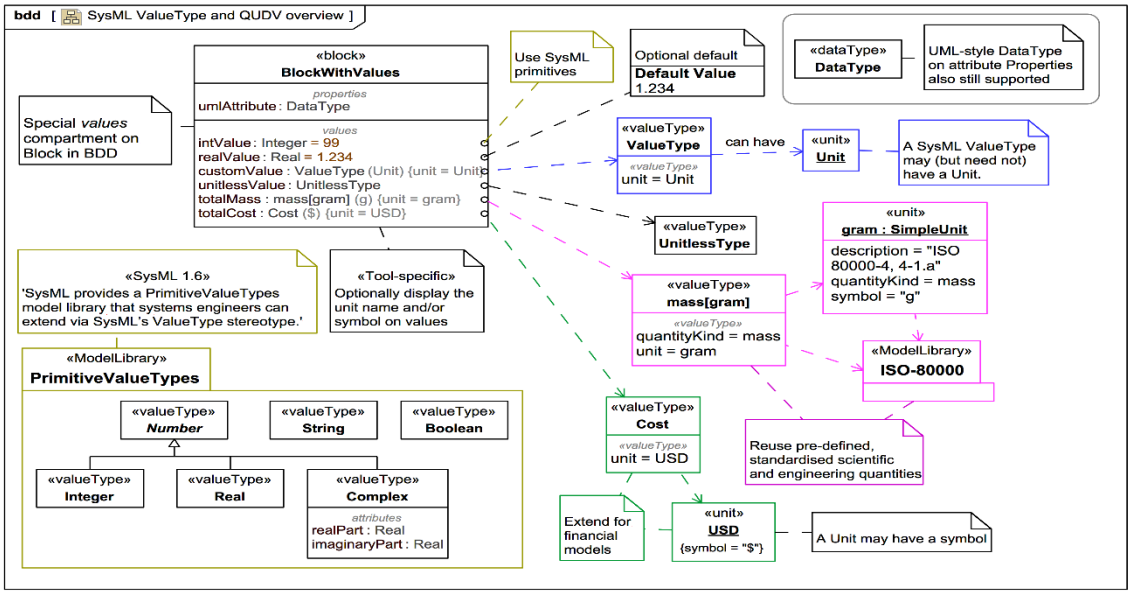


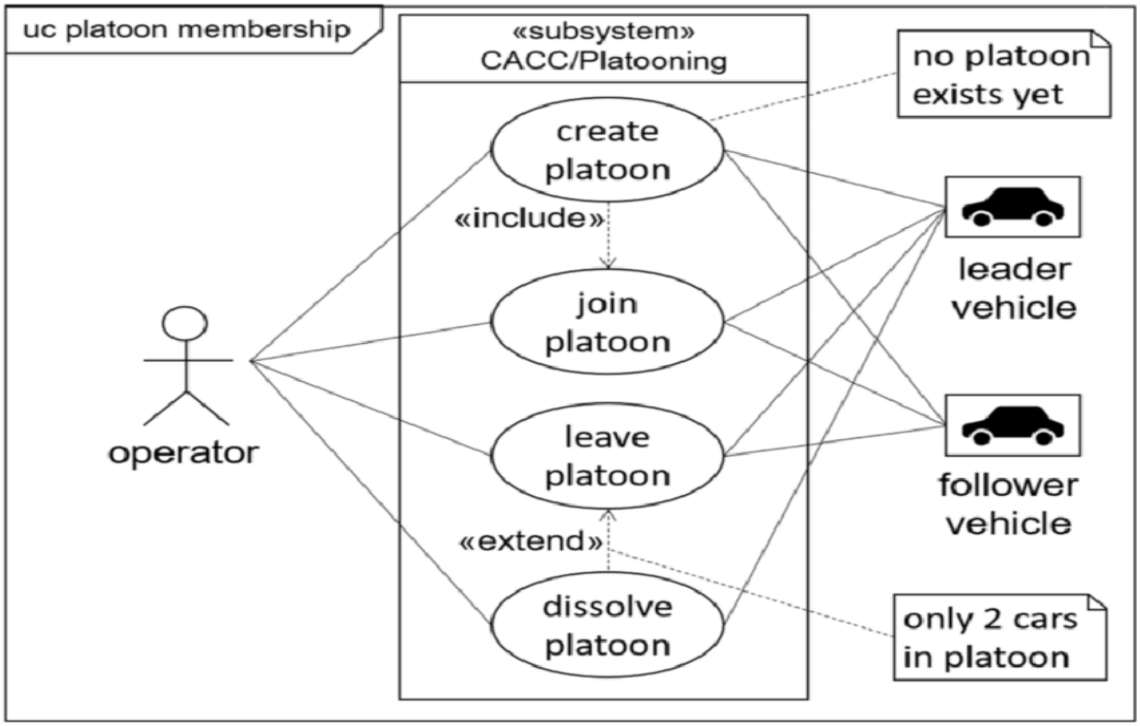




Note that the Package and Use Case diagrams are not shown in this example, but are respectively part of the structure and behavior pillars

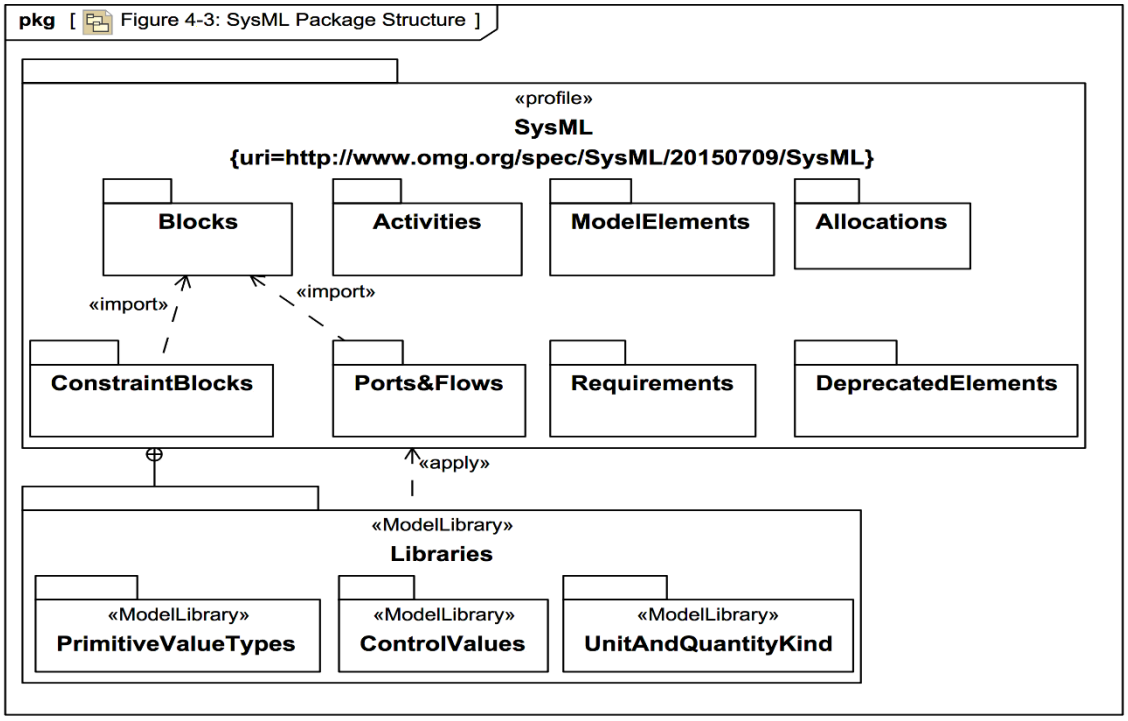
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

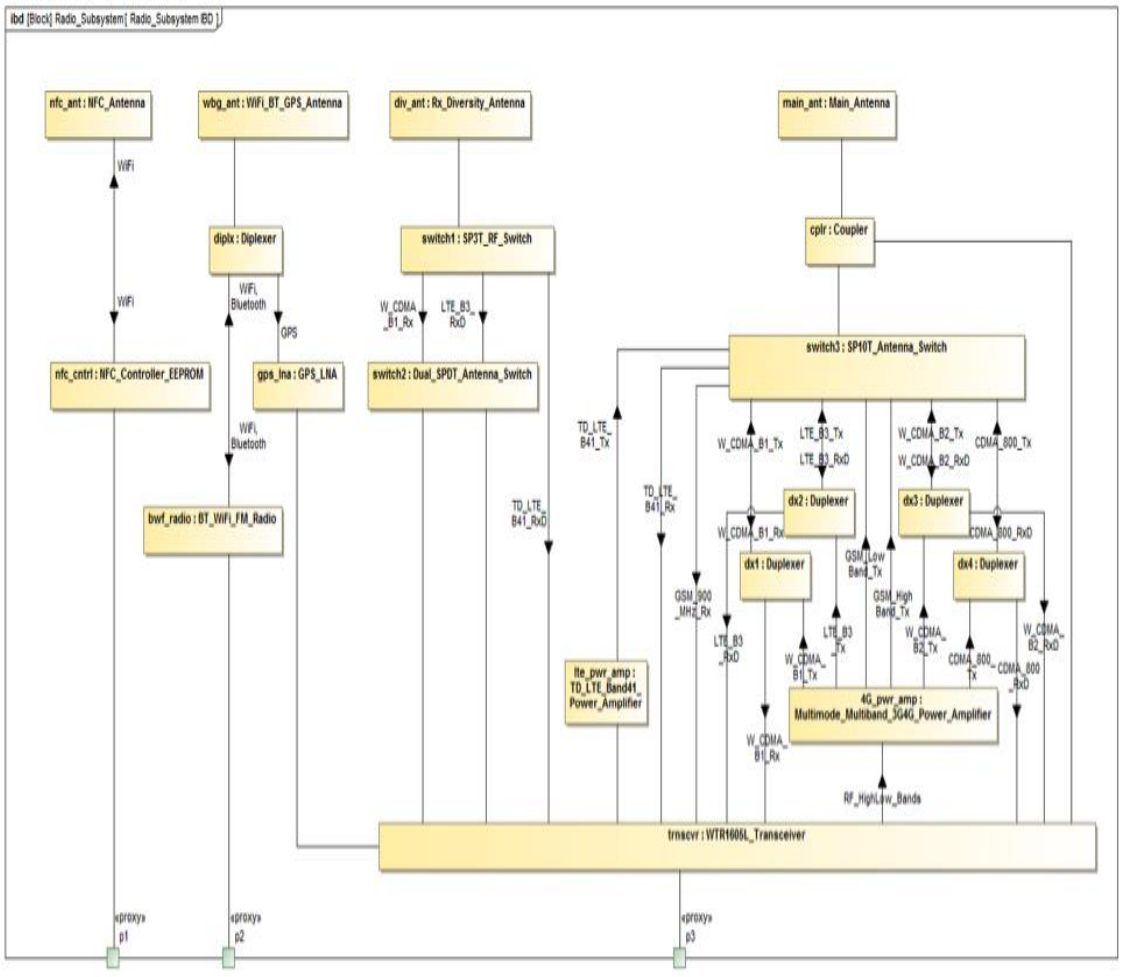




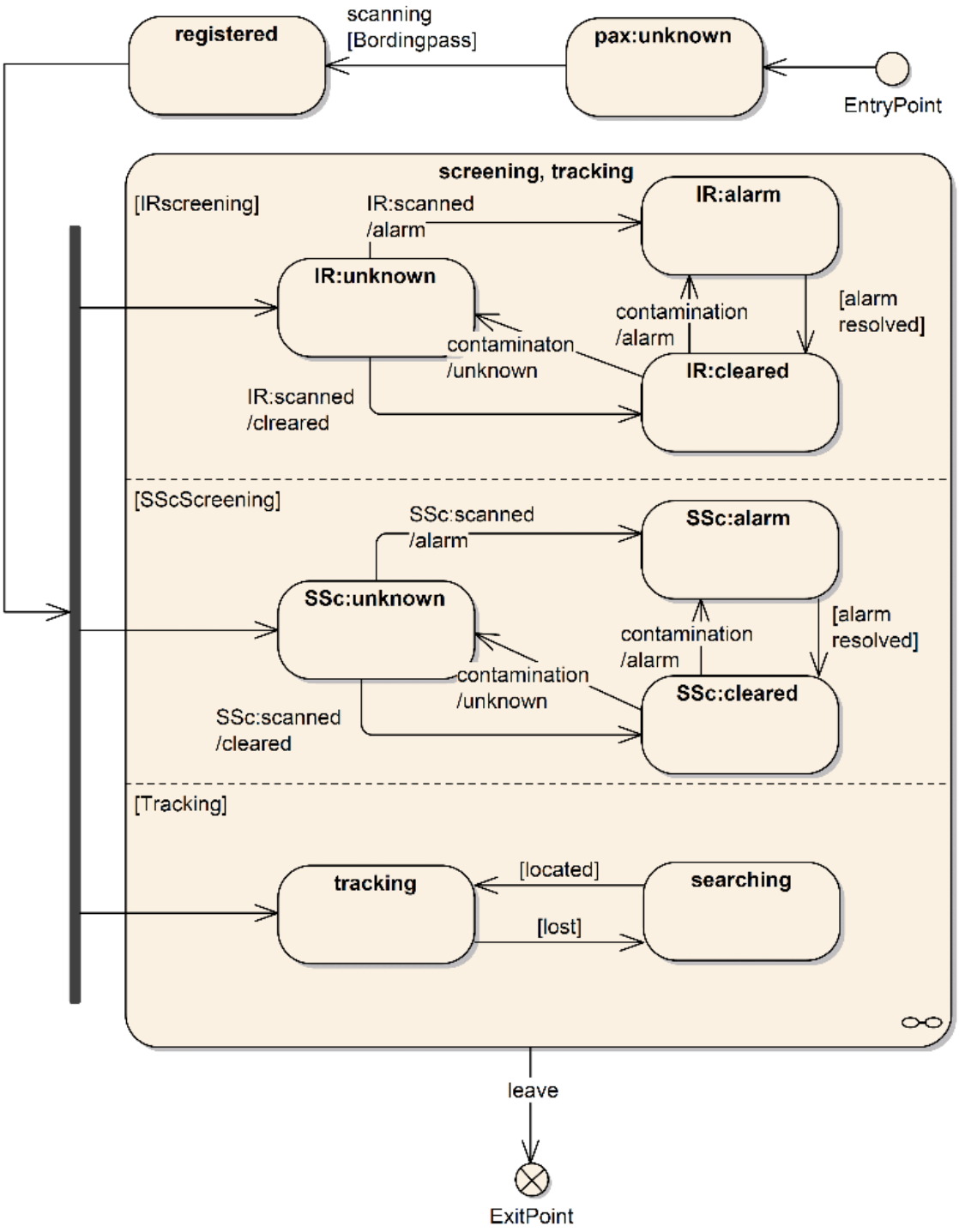
VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

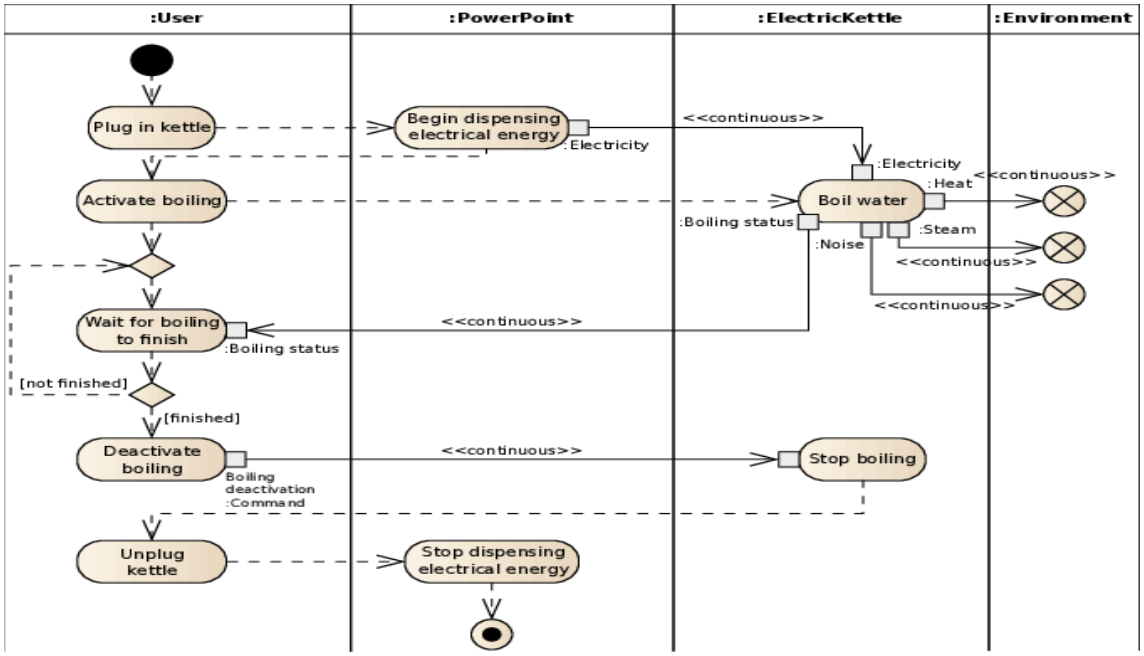


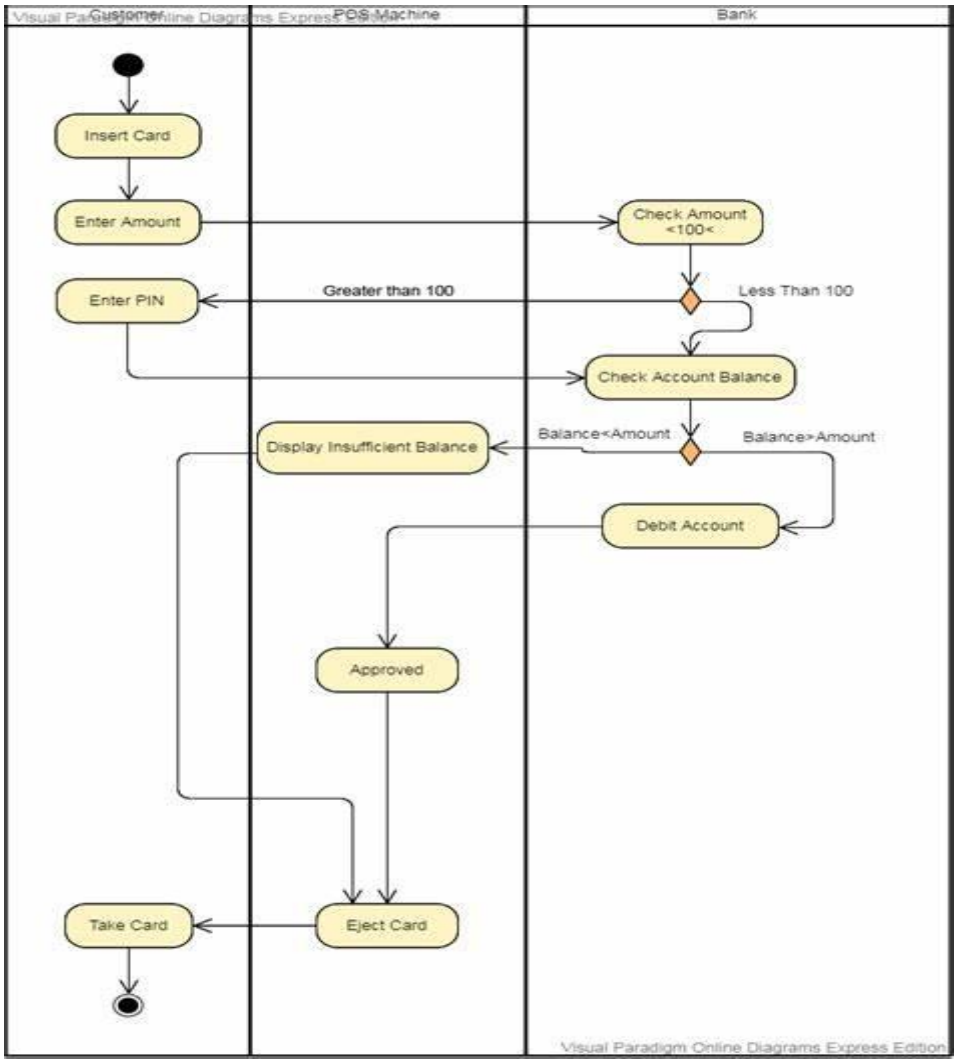


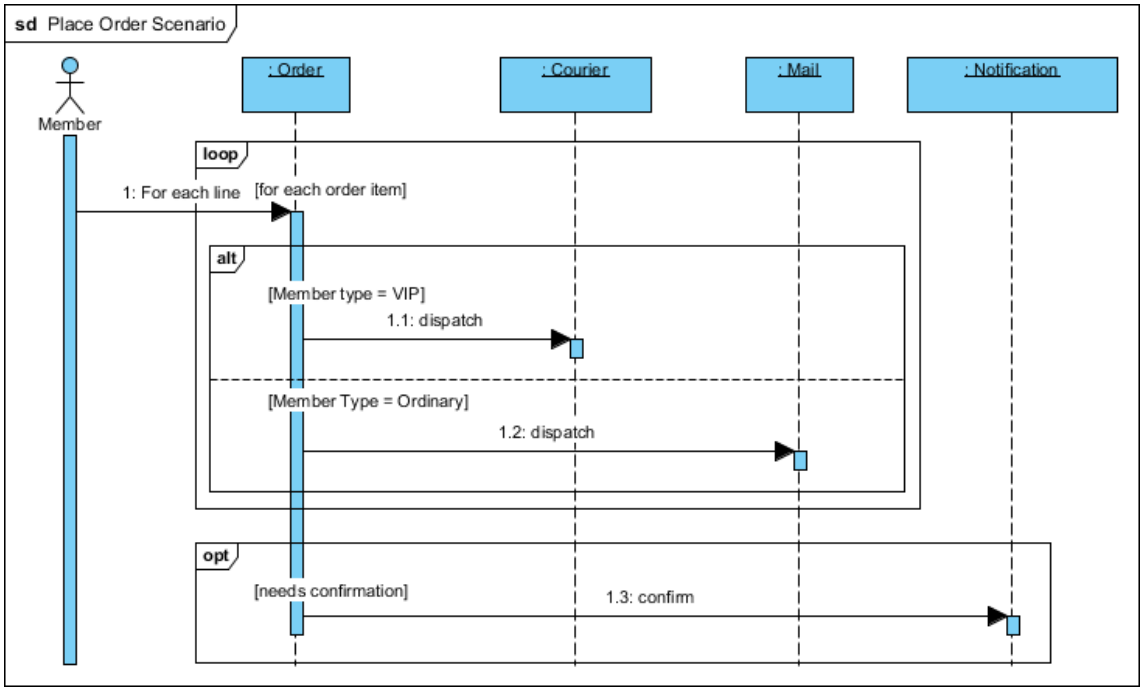
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

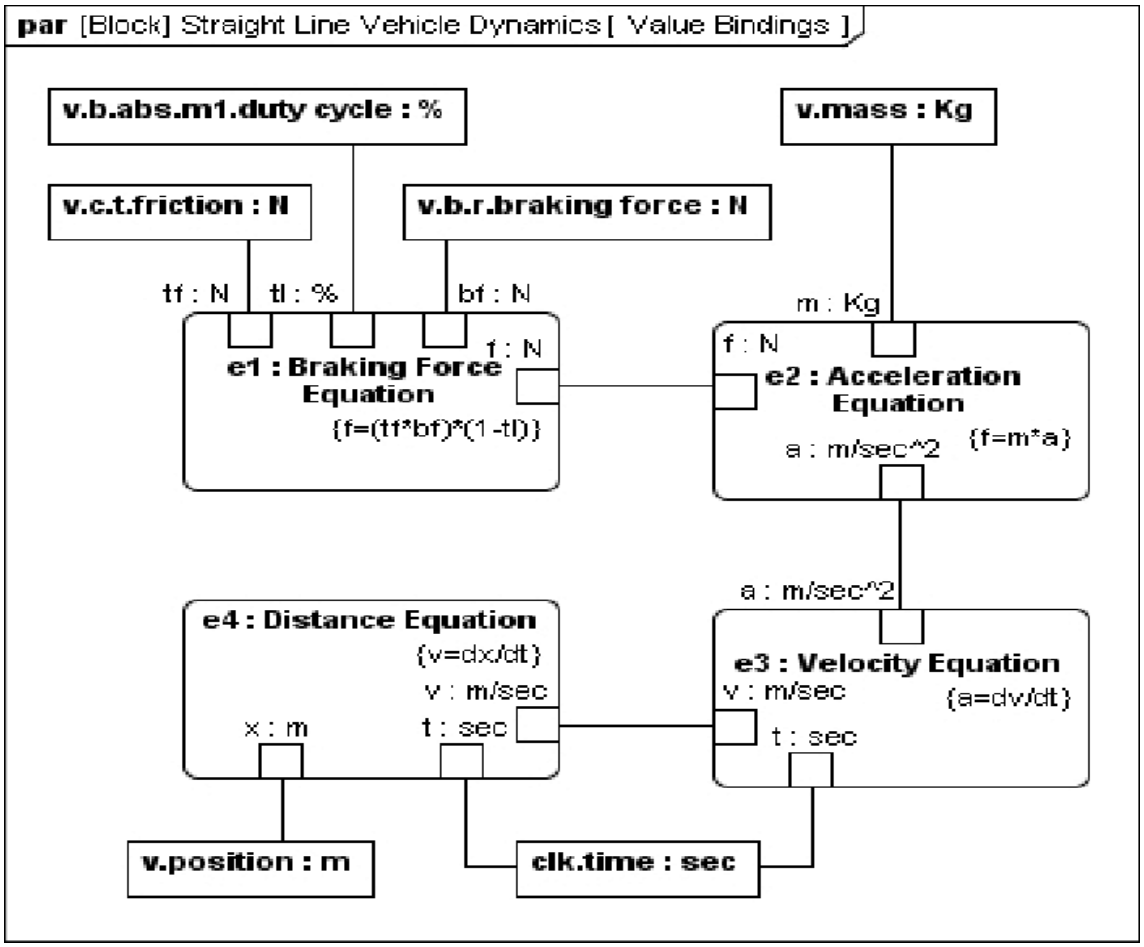


VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com


:User
:PowerPoint
:ElectricKettle
:Environment
Plug in kettle
Begin dispensing electrical energy
:Electricity
<<continuous>>
:Electricity
Activate boiling
Boil water
:Heat
<<continuous>>
:Boiling status
:Noise
:Steam
<<continuous>>
<<continuous>>
Wait for boiling to finish
<<continuous>>
:Boiling status
[not finished]
[finished]
Deactivate boiling
<<continuous>>
Stop boiling
Boiling deactivation :Command
Unplug kettle
Stop dispensing electrical energy


Customer
POS Machine
Bank
Insert Card
Enter Amount
Check Amount <100<
Enter PIN
Greater than 100
Less Than 100
Check Account Balance
Display Insufficient Balance
Balance<Amount
Balance>Amount
Debit Account
Approved
Take Card
Eject Card
Visual Paradigm Online Diagrams Express Edition





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

98) Treinamento de Voo para Brevê e autorização de pilotagem:

O que é brevê de piloto? A **Carteira de Piloto Privado** – CHT, ou brevê como é chamada, é o documento que autoriza o tripulante a pilotar uma aeronave. É classificado por categorias que variam conforme quantidade de passageiros e carga das aeronaves.

O brevê pode ser usado por pilotos profissionais e amadores que desempenham atividades relacionadas à prática de voo somente como hobby. Por ser um documento, ele tem validade e, portanto, precisa ser renovado.

Para obter o brevê de piloto, é necessário cumprir algumas exigências da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil). Além disso, é preciso ter o Ensino Médio concluído, ter 18 anos completos, ser aprovado no exame teórico da ANAC, ter o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) de 2ª classe ou superior válido, ter no mínimo 40 horas de instrução e voo solo (ou 35 horas totais se todos forem completadas de forma ininterrupta em curso aprovado pela ANAC), ter todas as horas de voo solo e instrução registradas na Carteira Individual de Voo (CIV) do candidato, ser aprovado no exame de proficiência pertinente e ter realizado os pagamentos das GRUS e taxas necessárias.

O primeiro passo para tirar o brevê é ingressar em uma escola de aviação para obter o conhecimento teórico e iniciar as horas de voo. É importante acumular a carga horária exigida e obter conhecimento para aprovação no exame teórico. Muitos candidatos optam por um curso superior em Ciências Aeronáuticas para uma formação mais completa. Dessa forma, o conhecimento técnico e prático é agregado à habilidade de trabalhar em equipe, relacionar-se e gerenciar crises.

O custo total para tirar o brevê pode variar bastante dependendo da escola escolhida e do tipo de aeronave utilizada. Em média, o valor pode variar entre **R$30.000** e **R$ 50.000**. É importante lembrar que esse valor pode ser parcelado em diversas vezes e que existem diversas formas de financiamento disponíveis para quem deseja seguir carreira na aviação.

O título de brevê para piloto das aeronaves eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car obedecem a mesma carga horária que o brevê de piloto de avião (PP – piloto privado) e piloto de helicóptero (PPH – piloto privado de helicóptero) ou seja 40 horas.

O princípio de voo das primeiras 10 horas é executado suspenso sobre uma ponte rolante. E as 10 horas seguintes são realizadas a baixas altitudes, sem ponte rolante: cerca de 5 a 10 metros. E as 20 horas seguintes são realizadas a médias e altas altitudes: de 100 a 300 metros (onde 300 metros é a máxima altitude de voo da aeronave eVTOL Motorbike da VBJ Engenharia).

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

99) Construção da Aeronave baseado no seu Orçamento:

O projeto da Aeronave eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car da VBJ Engenharia tem dois modelos de orçamento. O primeiro modelo tradicional em que se orça o projeto e a fabricação entre 1, 2, 4, 6, 8,10, 12, 16, 20 e 24 meses.

E um segundo modelo em que o orçamento é feito etapa por etapa **(orçamento por etapa),** de maneira que a etapa somente é realizada após a aprovação do orçamento aprovado de cada etapa. Por exemplo, o motor elétrico somente é comprado se o cliente aprovar o custo de aquisição do motor. Ou os rotores somente são produzidos/fabricados após a aprovação do mesmo pelo cliente. Desta forma, a construção da aeronave se baseia no orçamento de cada etapa por ser realizada, garantindo o orçamento do cliente comprador da aeronave.

A seguir verifica-se o orçamento tradicional:

	mês em 1000 dólares									
	1	2	4	6	8	10	12	16	20	24
Receita Total	160	165	170	180	190	200	210	220	230	240
Receita Mensal	160	83	43	30	24	20	18	14	12	10
Imposto	49	50	52	55	58	61	64	67	70	73
Mão do Obra	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Materiais e Equipamentos	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Lucro Operacional	29	33	36	43	50	57	64	71	78	85

Como opção ao orçamento tradicional, estabelece-se o **orçamento por etapa** que é construído ao longo de todo o projeto e toda a fabricação e toda montagem e todos os testes, em que cada etapa é orçada e aprovada. E somente com aprovação de cada etapa é que esta é realizada garantindo assim a viabilidade do orçamento de cada cliente.

gestãoclick

ORÇAMENTO TRIMESTRAL

EMPRESA: NOME DA EMPRESA

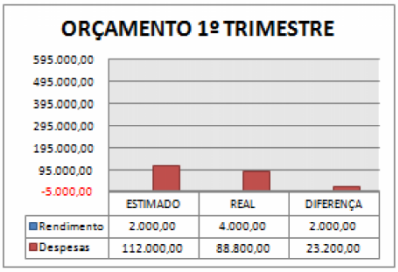
RENDIMENTOS	ESTIMADO	REAL	DIFERENÇA
Vendas de Mercadorias	500,00	1.000,00	0,00
Venda de Produtos	500,00	1.000,00	500,00
Prestação de Serviços	500,00	1.000,00	0,00
Outros	500,00	1.000,00	500,00
Total Rendimentos	**2.000,00**	**4.000,00**	**1.000,00**

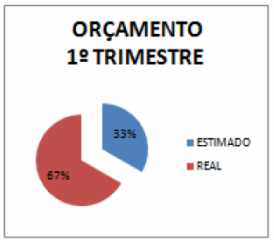
DESPESAS PRINCIPAIS	ESTIMADO	REAL	DIFERENÇA
Compra de Mercadorias	500,00	200,00	300,00
Material dia a dia	500,00	200,00	300,00
Funcionários	500,00	200,00	300,00
Veículos	500,00	200,00	300,00
Total de Despesas	**2.000,00**	**800,00**	**1.200,00**

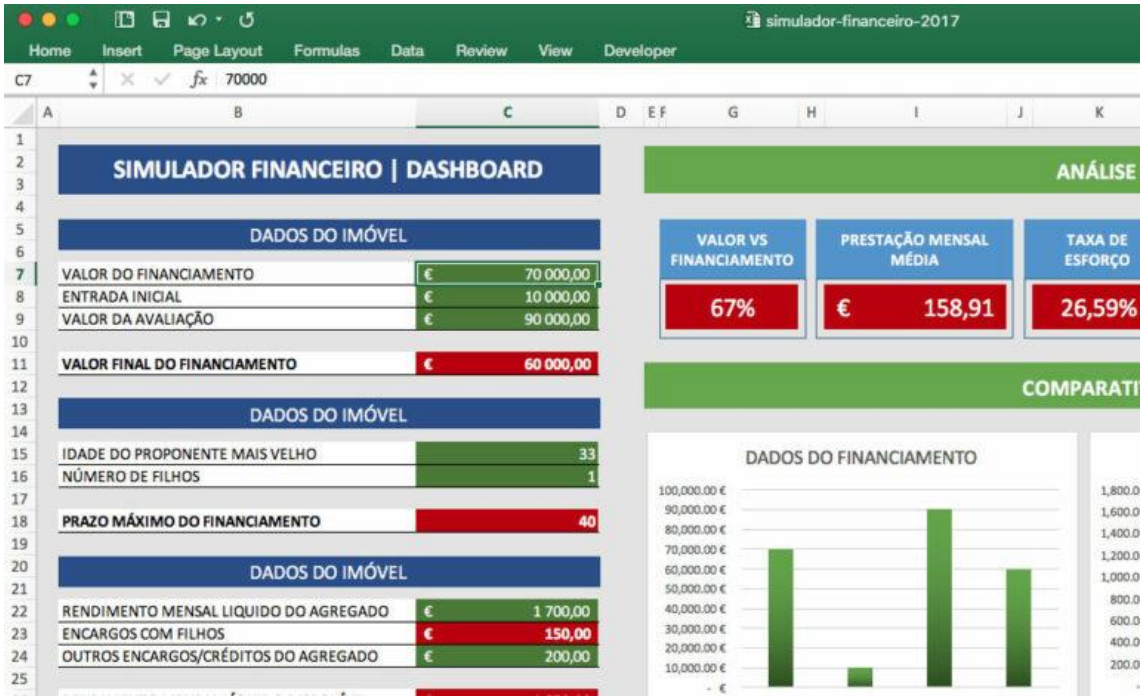
OUTRAS DESPESAS	ESTIMADO	REAL	DIFERENÇA
Energia Elétrica	10.000,00	8.000,00	2.000,00
Telefone e Internet	10.000,00	8.000,00	2.000,00
Água	10.000,00	8.000,00	2.000,00
Reparos	10.000,00	8.000,00	2.000,00
Software de Gestão	10.000,00	8.000,00	2.000,00
Marketing e Publicidade	10.000,00	8.000,00	2.000,00
Empréstimos/Financiamentos	10.000,00	8.000,00	2.000,00
Tributos	10.000,00	8.000,00	2.000,00
	10.000,00	8.000,00	2.000,00
	10.000,00	8.000,00	2.000,00
Outros	10.000,00	8.000,00	2.000,00
Total de Outras Despesas	**110.000,00**	**88.000,00**	**22.000,00**

1º TRIMESTRE

TOTAL ORÇAMENTAL	ESTIMADO	REAL	DIFERENÇA
Rendimento	2.000,00	4.000,00	2.000,00
Despesas	112.000,00	88.800,00	23.200,00
Balanço (Rendimento menos Des	[illegible]	-84.800,00	**25.200,00**







VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

100) Time de Engenharia e Especialistas (CAD; Eletrônica e Arduíno; CAE; Controle em Matlab e Simulink; Motores, Asas e Aerodinâmica; Software Embarcado; e Certificação de Aeronaves)

A VBJ Engenharia está planejando a montagem de um time de engenheiros com 7 áreas de especialização. São elas:

1) CAD (Computer Aided Design)
2) Eletrônica e Arduino
3) CAE (Computer Aided Engineering: Elementos Finitos)
4) Controle, Matlab e Simulink
5) Motores, Asas e Aerodinâmica
6) Software Embarcado
7) Certificação de Aeronaves

A especialização de CAD é necessária para montagem dos modelos virtuais/digitais em 3D.

A especialização em Arduino é necessária para controle dos sensores e dos atuadores/inversores de frequência dos motores para o voo seguro.

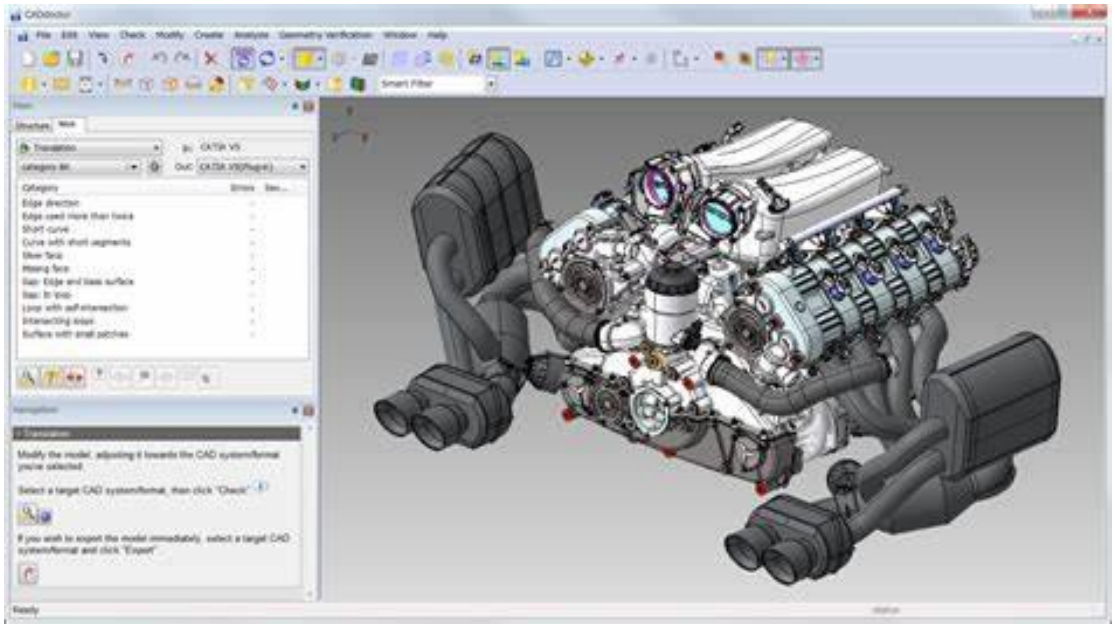
Os Elementos Finitos são necessários para dimensionar a estrutura de voo e a estrutura de carga.

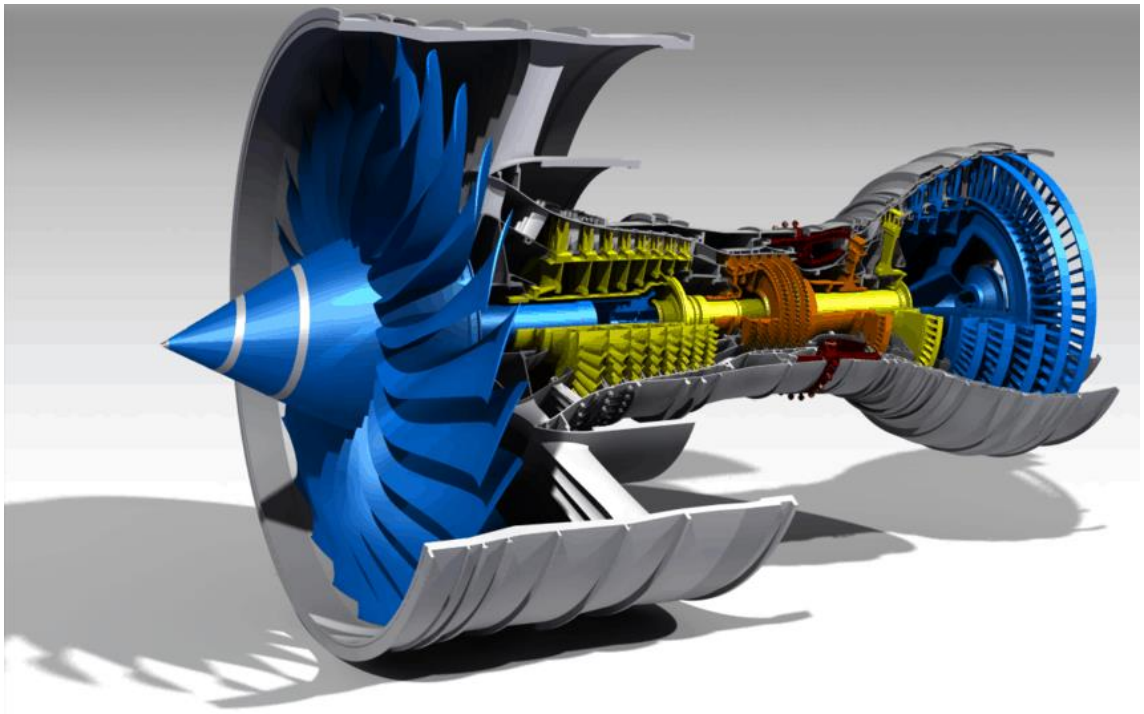
A aplicação de Matlab e Simulink é necessária para dimensionar as variáveis de controle (altitude, velocidade, ângulo de guinada, inclinação em x e em y.

O dimensionamento dos motores, asas rotativas e aerodinâmicas são absolutamente necessárias.

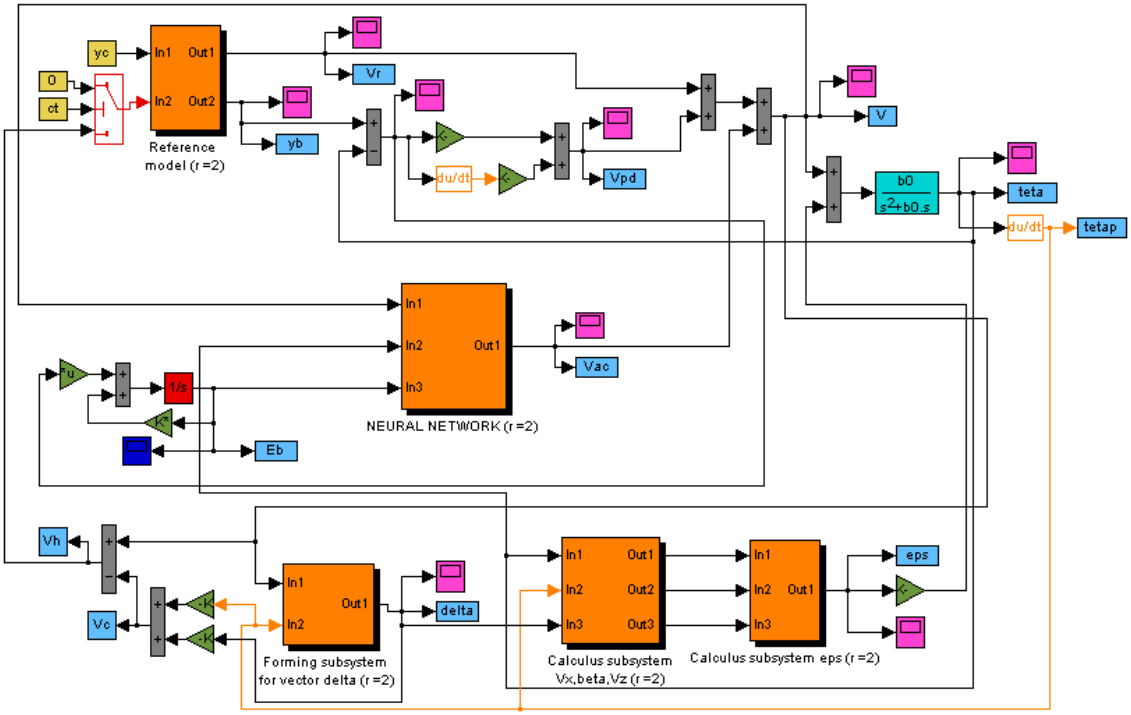
O Software Embarcado deve ser construído usando-se a tecnologia MBSE/SysML (Model Based Systems Engineering / Systems Modeling Language) para o voo seguro.

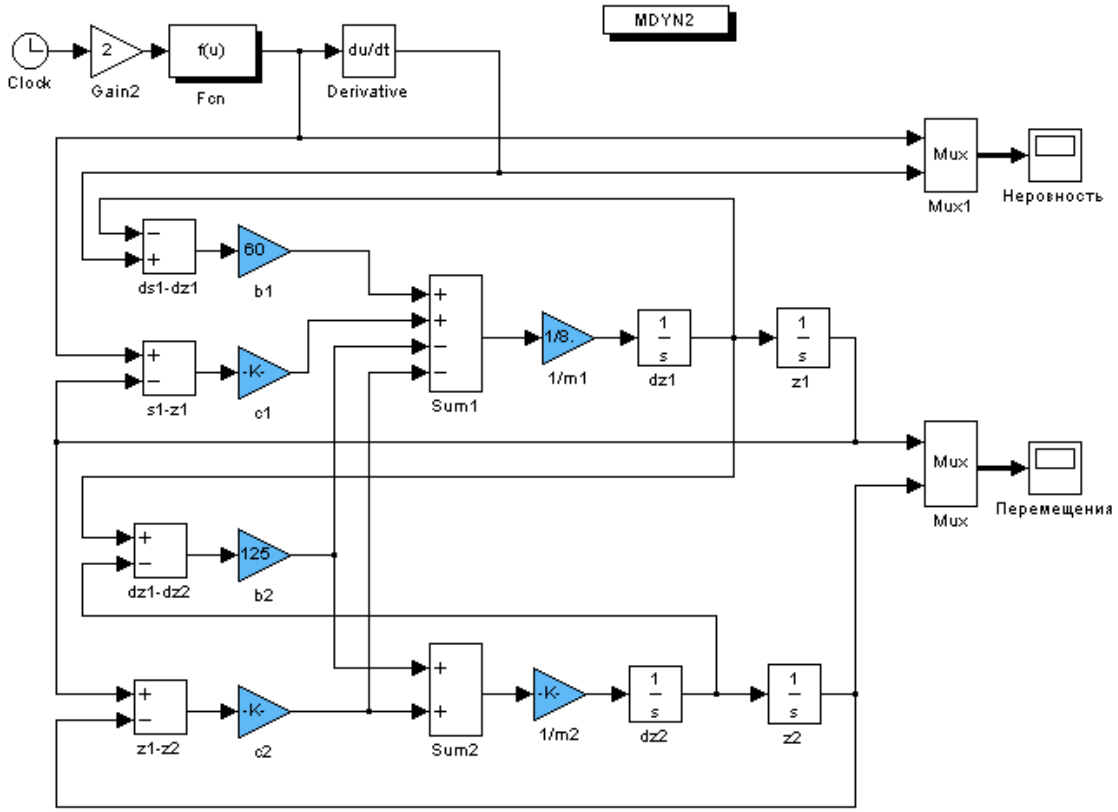
E a Certificação de Aeronave é exercida com a CAVE da ANAC (Certificado de Aeronavegabilidade de Voo Experimental da Agência Nacional de Aviação Civil) e com a SEPROD do Ministério da Defesa (Secretaria de Produtos de Defesa)





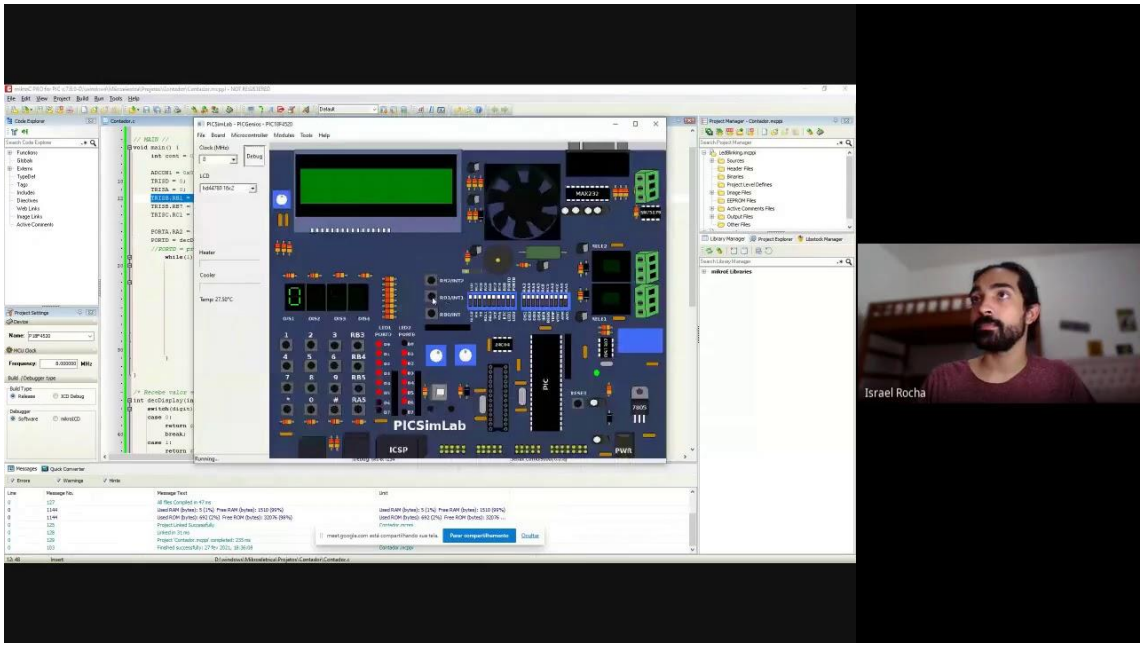
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com





VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com



VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

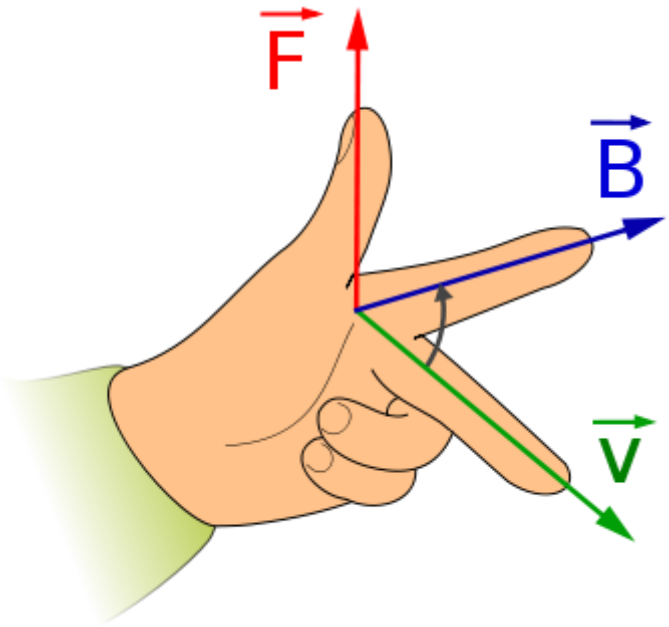
Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

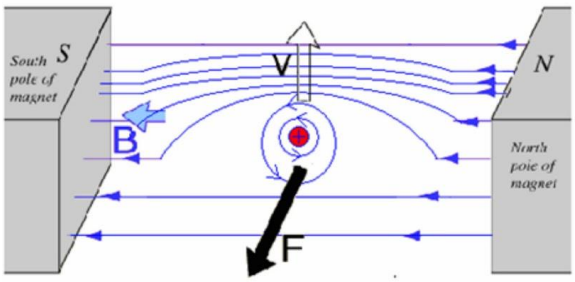
101) Investimento para a Construção da Prova de Conceito:

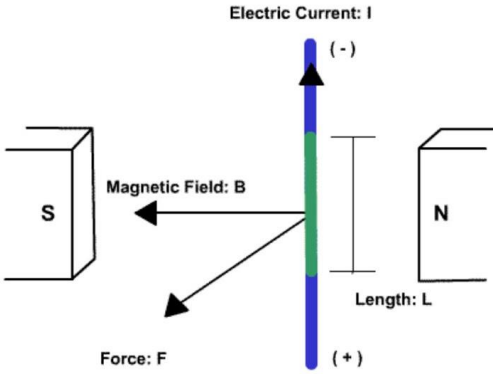
A Prova de Conceito está prevista para ser realizada através da montagem do Sistema de Propulsão Eletromagnético que é baseado na Lei de Lorentz, em que um condutor elétrico imerso num campo magnético perpendicular ao condutor, gera uma força eletromagnética sobre o condutor e perpendicular aos dois (condutor e campo magnético). Esta força é realizada segundo a regra da mão direita.

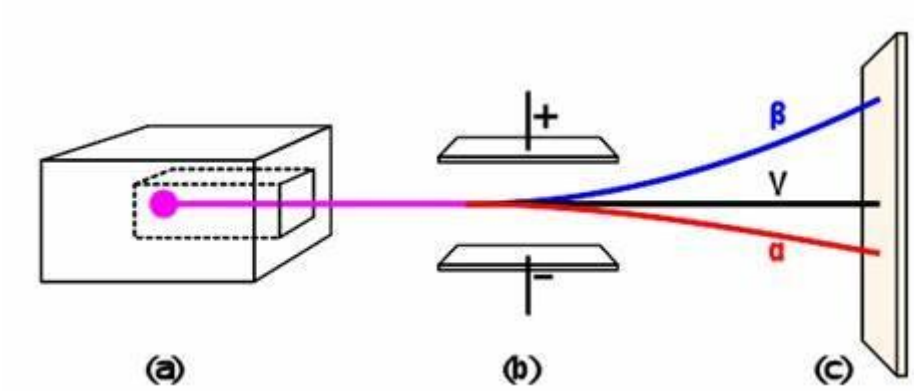
Para se construir esta Prova de Conceito, são necessários 5 mil dólares para provar que a tecnologia funciona. Caso a tecnologia desta Prova de Conceito não funcione, a VBJ Engenharia vai direcionar seus esforços para montar 6 rotores tradicionais, semelhantes aos usados por todos os drones do mundo, mas com dimensões distintas. E sem usar baterias, usando o alternador vinculado ao motor Lycoming IO-540 a etanol.

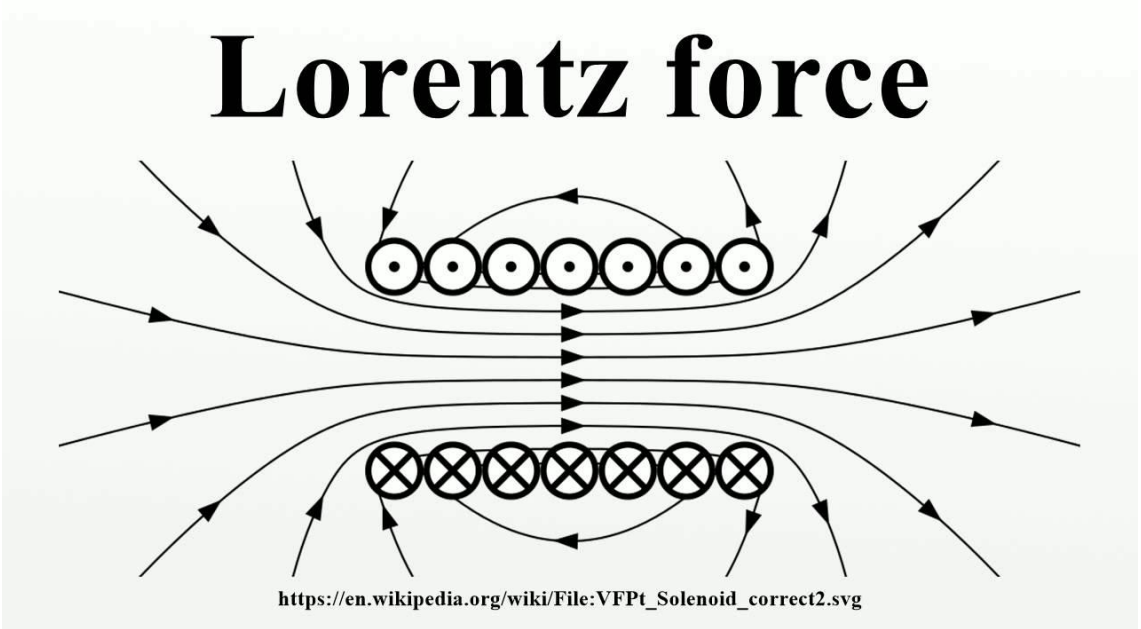
A grande maioria dos projetos de aeronaves eVTOL usam equipamentos iguais aos dos rotores, mas a opção de uso do Sistema de Propulsão Eletromagnético apresenta muitas vantagens, permitindo inclusive o uso em satélites e naves espaciais.











VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

102) Investimento para a Construção do Primeiro Protótipo:

Para a construção do primeiro protótipo é necessário um time de 8 engenheiros (cada um com 2 mil dólares mensal como Pessoa Jurídica) e um conjunto de materiais e equipamentos de 24 mil dólares por mês durante um ano. Ou seja, 40 mil dólares por mês durante 12 meses totalizando 480 mil dólares em um ano.

Cada Engenheiro: 2 mil dólares mensais

Equipe de Engenheiros: 16 mil dólares mensais

Materiais e Equipamentos: 24 mil dólares mensais

Investimento mensal: 40 mil dólares mensais

Equipe de Engenheiros: 192 mil dólares anuais

Materiais e Equipamentos: 288 mil dólares anuais

Investimento anual: 480 mil dólares anuais

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

103) Investimento para a Montagem da Fábrica:

A fábrica montada deve ser capaz de produzir uma aeronave eVTOL Motorbike por semana, ou seja, deve movimentar um capital de 160 mil dólares por semana, totalizando 640 mil dólares por mês ou 7.680 mil dólares por ano.

A montagem das aeronaves eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car deve obedecer às condições de uma aeronave por semana, o que significa uma operação para atender toda montagem sob encomenda. Se não houver encomenda, a montagem não é realizada.

A operação com apenas um sistema vendido por mês gera uma receita de 160 mil dólares no mês, o que em um ano estabelece-se uma receita de 1.920 mil dólares.

Estamos prevendo um Investimento para montagem da fábrica com 50% dos valores da receita com uma previsão de um sistema vendido a cada mês ou seja 50% do valor de 1.920 mil dólares o que significa 960 mil dólares.

Ou seja, a montagem da fábrica é estimada em um investimento de 960 mil dólares.

VBJ Engenharia
www.vbjengenharia.com.br

Valter Barbosa Junior
vbjengenharia@gmail.com

104) Fluxo de Caixa para manter a operação da Fábrica:

O fluxo de caixa da fábrica precisa ser capaz de manter a operação de montagem pelo menos de uma aeronave a cada mês. O pagamento de cada etapa é feito anteriormente à execução dela. Ou seja, necessitamos de um fluxo de caixa capaz de operar entre 160 mil dólares por mês (uma máquina por mês) ou 640 mil dólares por mês (uma máquina por semana). Como o pagamento é realizado de maneira antecipada, este capital é recebido antes da seleção dos componentes, materiais e equipamentos e antes da montagem da aeronave.

Ou seja, o fluxo de caixa que opera entre 160 mil dólares por mês e 640 mil dólares por mês, opera de forma antecipada, permite que a operação e o fluxo de caixa trabalhem com risco operacional mínimo.

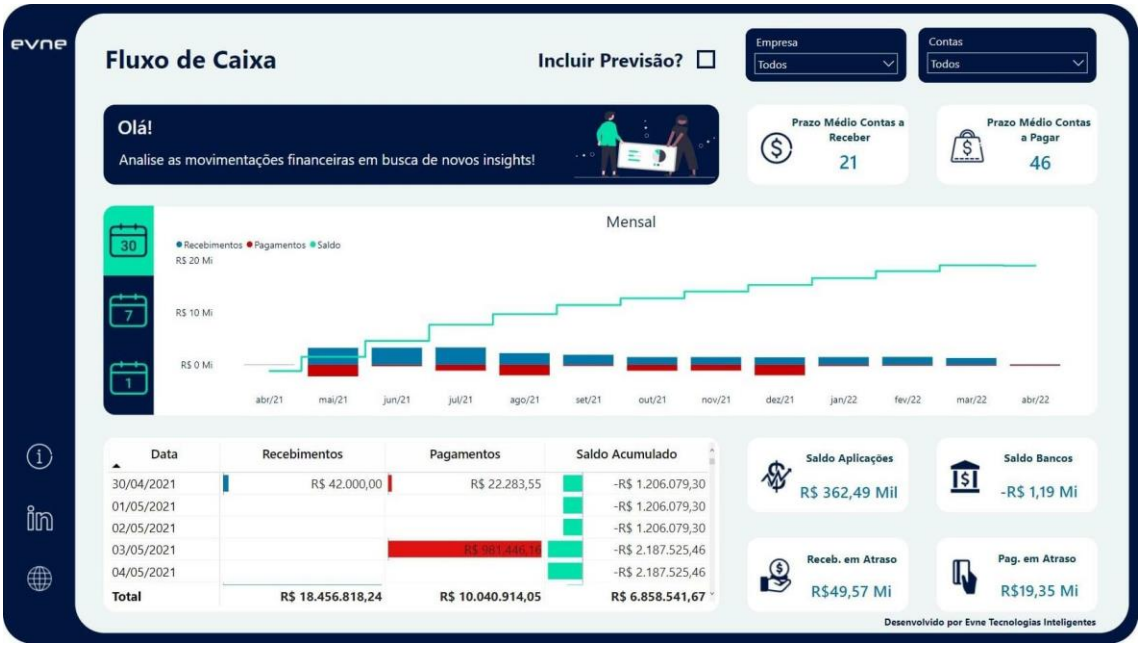
Sem o capital antecipado, há a necessidade de manter a equipe de 8 Engenheiros no valor de 2 mil dólares por mês por profissional, definindo um capital necessário de 16 mil dólares por mês, mais o valor do aluguel da fábrica.

Isto define um fluxo de caixa sem receita de -32 mil dólares por mês ou 160 mil dólares com receita de uma aeronave por mês ou 640 mil dólares por mês com receita de uma aeronave por semana.

Este fluxo de caixa tem que ser capaz de cobrir 32 mil dólares por mês do custo dos oito engenheiros mais o aluguel da fábrica.

E com um único equipamento, deve ser capaz de operar com 160 mil dólares (uma máquina por mês) ou 640 mil dólares (uma máquina por semana), definindo assim o fluxo de caixa necessário. Totalizando um fluxo de caixa anual entre 1.920 mil dólares (12 aeronaves) e 7.680 mil dólares (48 aeronaves).

Ou seja, a operação sem receita que precisa ser mantida é de 32 mil dólares por mês. E a operação com a venda de uma única máquina no valor de 160 mil dólares é suficiente para manter o fluxo de caixa da fábrica em cada mês.



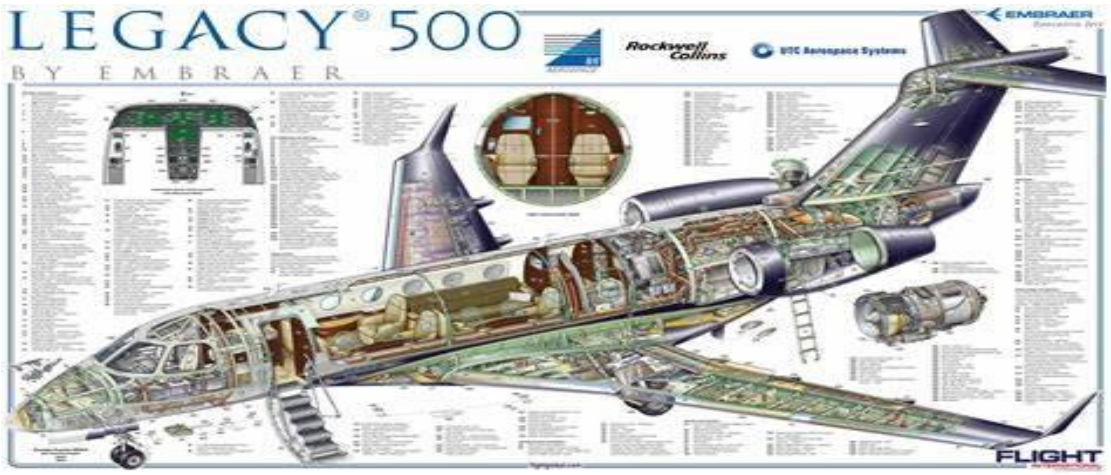
VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

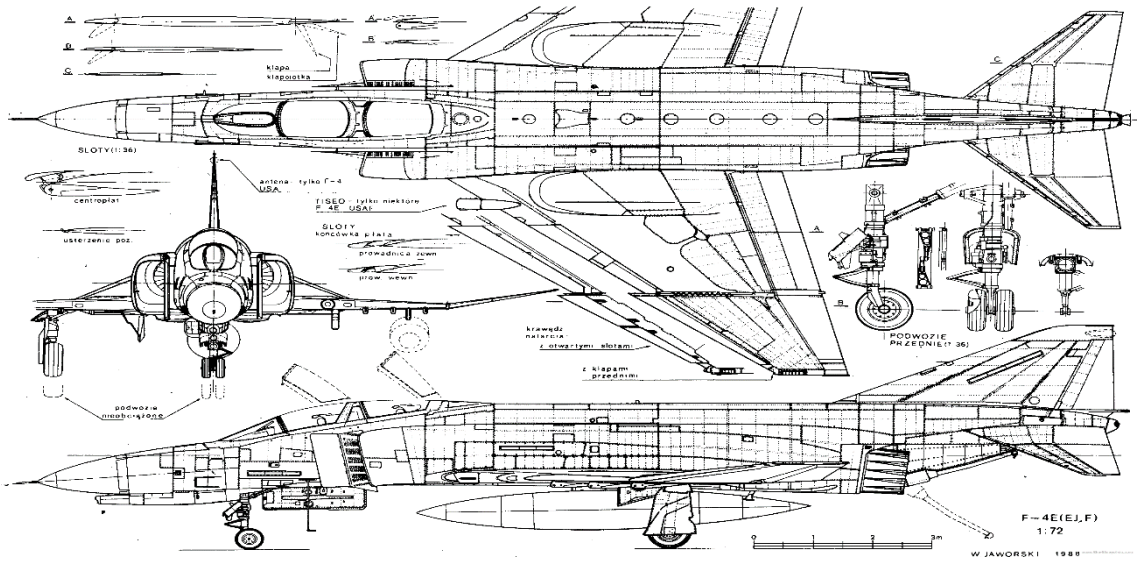
105) Plano de Fabricação de Aeronave (uma por semana):

A meta de trabalho da fábrica nos primeiros 3 anos é construir um protótipo no primeiro ano e uma máquina por semana, ou seja, 4 máquinas por mês e 48 máquinas por ano, nos dois anos seguintes.

A partir do quarto ano, pretendemos aumentar a capacidade de produção para mais aeronaves. Este aumento de capacidade deverá ser estudado ao longo dos 3 primeiros anos de operação.

Com um investimento de 960 mil dólares para montar a fábrica, e um retorno de 32 mil dólares por aeronave, são necessários 30 aeronaves para ter o total retorno do investimento.





VBJ Engenharia ***Valter Barbosa Junior***
www.vbjengenharia.com.br vbjengenharia@gmail.com

106) Currículo do Engenheiro, autor deste livro, e responsável pelas tecnologias aplicadas e detalhadas neste documento:

Valter Barbosa Junior

Rua Marechal Hastimphilo de Moura, 338 B7B
vbjengenharia@gmail.com
www.vbjengenharia.com.br
Facebook: "VBJ Engenharia: VTOL JetPack

mobile:55-11-99-250-3801
Brazil, São Paulo zipcode: 05641-000
52 years, single

Business Objective:

Consultancy in MBSE (Model Based Systems Engineering), UML (Unified Modeling Language), SysML (Systems Modeling Language) and Experimental Aviation (eVTOL Motorbike Aircraft and eVTOL Flying Car) and Free Energy.

Professional Experience:

Research & Development Engineer on Electromagnetic Propulsion System for propulsion on aircrafts and spacecrafts and free energy, from 1999 upto now.

Engineer Consultant and independent when I have been researching the Vertical Takeoff, Landing and Horizontal Navigation Systems for Automotive and Aeronautical Industry (eVTOL Flying Car) since 1999, when I deposited my first patent within the INPI (National Institute for Industrial Property in Brazil). I have 4 patents deposited in INPI.

ERP Systems (Enterprise Resource Planning) Consultant on Balanced Scorecard, Biometrics, Business Intelligence, Datawarehouse, Metadata, Supply-Chain, CRM (Customer Relationship Management) for various companies like Alcoa, Usiminas Mecânica, Killing, Ciber, Baan, Albrás, Alunorte, Weg, Votorantim, Schlumberger, Banco Sudameris, MRS, Caixa Econômica Federal, Multek e Asea Brown Boveri and Infor for ten years.

In 2006, I founded ***VBJ Engenharia de Desenvolvimento de Sistemas Ltda*** as a Research, Development and Consultancy firm.

Academic Background:

- M. Sc. Aeronautic Engineering, ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Technological Institute of Aeronautic, from 2012 to 2018 (Incomplete)
- Mechanical Engineering Available for Systems and Automation (Mechatronic Engineering) - Polytechnical School of the University of Sao Paulo, 1993.
- Porto Seguro School, 1988

Technical Specializations:

- SysML: System Modeling Language, since 2020
- SAP MM Academy, 2016.
- Helicopter Private Pilot, in 2011
- Avionics Maintenance, in 2011
- Cells Aircraft, in 2010
- Engine Aircraft, in 2010
- Basic Maintenance Aircraft, in 2009
- UML: Unified Modeling Language, in 2005.
- Balanced Scorecard, in 2002.
- PDM – Product Data Management in Detroit, in 1999.
- Sales Engineer 2000, in 1998.
- Supplychain Management, in 1998.
- Foundation Logistics, in 1998.
- Enterprise Logistics, in 1998.

- Distribution, in 1996.
- Manufacturing Resource Planning, in 1996.

Other Specializations:

Aeronautical Engineer Self Learning from 2020 upto this moment on MIT OCW (OpenCourseWare of Massachussets Institute of Technology) over the subjects:

Introduction to Aerospace Engineering and Design
Exploring Sea, Space, & Earth: Fundamentals of Engineering Design
Unified Engineering
Computers and Programming
Fluid Mechanics
Materials and Structures
Signals and Systems
Systems and Labs
Thermodynamics
Propulsion
Thermal Energy
Principles of Automatic Control
Dynamics
Aerodynamics
Compressible Flow
Analytical Subsonic Aerodynamics
Aerodynamics of Viscous Fluids
Structural Mechanics
Techniques for Structural Analysis and Design
Computational Mechanics of Materials
Plates and Shells
Feedback Control Systems

Aircraft Technical Maintenance Learning at EWM (Eagle Wing Master): Basic Maintenance, Engine and Motor Aircraft, Cells Aircraft, Avionics Maintenance and Helicopter Private Pilot from 2009 to 2011.

Gradutation Subject in Neural Networks and Cognitive Models at Politechnical School in 2006.

Graduation Subject in Stochastic Models at Politechnical School in 2006.

Graduation Subject in Simulation and Aircrafts Control in 2003 at ITA (Aeronautic Institute of Technology).

Graduation Subject in Dynamics and System Control in 1995 at Politechnical School.

Foreign Languages:

- Goof level in English and Spanish language**s - r**eading, writing and oral communication.
- Medium level in German - reading, writing and oral communication. Approved in the Deutsche Sprachdiplom Stuffe I, in 1988.
- Portuguese as a native language.

E-Books:

Author:

- "Inteligência Quântica" (Quantum Intelligence), 2012
- "EsportCHI Marcial" (Martial Sports), 2014
- "Voo das Abelhas" (The Bees Flight), 2017
- "em-VTOL-Aircraft" (Electromagnetic Vertical Takeoff and Landing Aircraft), 2019
- "Projeto e Fabricação de Aeronave eVTOL Motorbike e eVTOL Flying Car (moto voadora e carro voador), 2023"

107) Informações sobre a empresa VBJ Engenharia:

Informações da VBJ Engenharia

- Valter Barbosa Junior, eng.
- vbjengenharia@gmail.com
- www.vbjengenharia.com.br
- Mobile 55-11-99-250-3801
- Facebook: "VBJ Engenharia: VTOL JetPack"
- MBSE / SysML consultancy services and training
- Address: rua Marechal Hastimphilo de Moura, 338, Manacá 7B, zip code 05641-000, bairro Morumbi, São Paulo, SP, Brazil