



**Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica**

## **Seminário de Grandes Modificações (HST) Sistemas Atuais e Procedimentos**

**Setembro de 2009**

# **“Glass Cockpit”: Fatores Humanos e Ensaios em Voo**

# Palestrante: Luiz Aberto Munaretto



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

- Instrutor da Aviação de Caça.
- Piloto de Provas.
- Possui quinze (15) anos de experiência em Ensaios em Voo.
- Engenheiro Eletro-eletrônico.
- Chefe da Divisão de Homologação Aeronáutica do IFI (FDH)
- Vice-Diretor do IAE.
- Diretor do IFI.
- Possui experiência em atividades e projetos internacionais.
- Instrutor conferencista no CENIPA e no Instituto de Logística de Aeronáutica (ILA), da Força Aérea Brasileira – FAB.
- MBA em Gerenciamento de Projetos. PMP.
- Atualmente atua na Área de Ensaios em Voo, VANT e Gerenciamento de Programas da DCA-BR.





# Objetivo



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



Fornecer à audiência os aspectos de *Human Factors* e Ensaio em Voo que devem ser considerados durante os processos de HST, quando da conversão de aeronaves para *glass cockpit*.

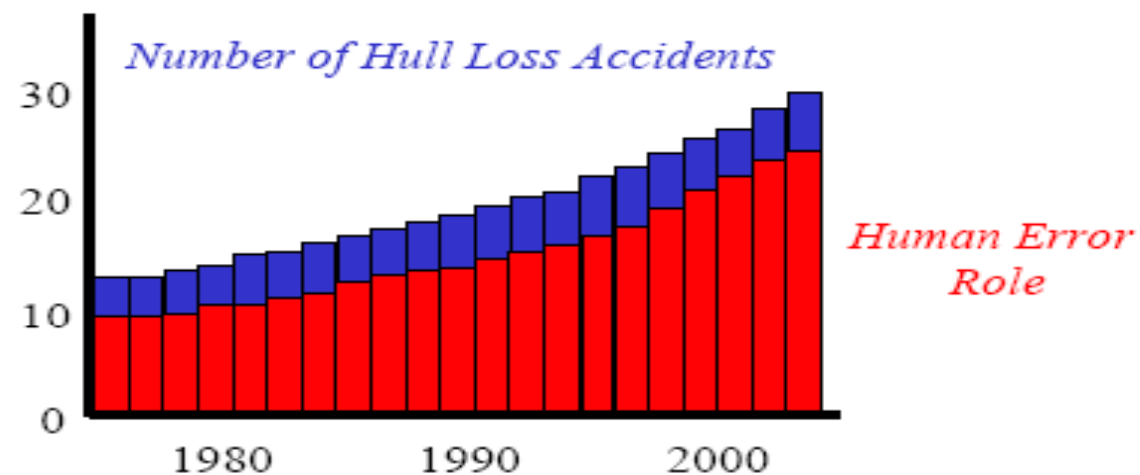




## Human Error Role in Aviation Accidents

Aviation Safety Program

SWAP



- Number of hull loss accidents has steadily increased over the past 25 years
- Human factors issues have steadily accounted for ~70% of these accidents
- Introduction of new technological devices or procedures
- Trading one source of human error for another

# Introdução



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

More people in the industry were willing to admit that there were serious ***problems at the pilot-automation interface***, as predicted by Edwards (1977) and Wiener and Curry (1980).

One concern was the relatively ***weak role played by the FAA certification process in guaranteeing safe designs***.

In defense of the FAA, it must be recognized that certification standards ***simply did not exist***. The certification requirements of FARs Part 25 were based...



# Introdução



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

*... on an earlier era of autoflight, when sophisticated FMSs were unknown.* The FAA could not be expected to enforce what did not exist. *FAA certification personnel were well versed in traditional areas: propulsion, aerodynamics, structures and guidance.*

They were not prepared for the flight management systems of the 1980s.

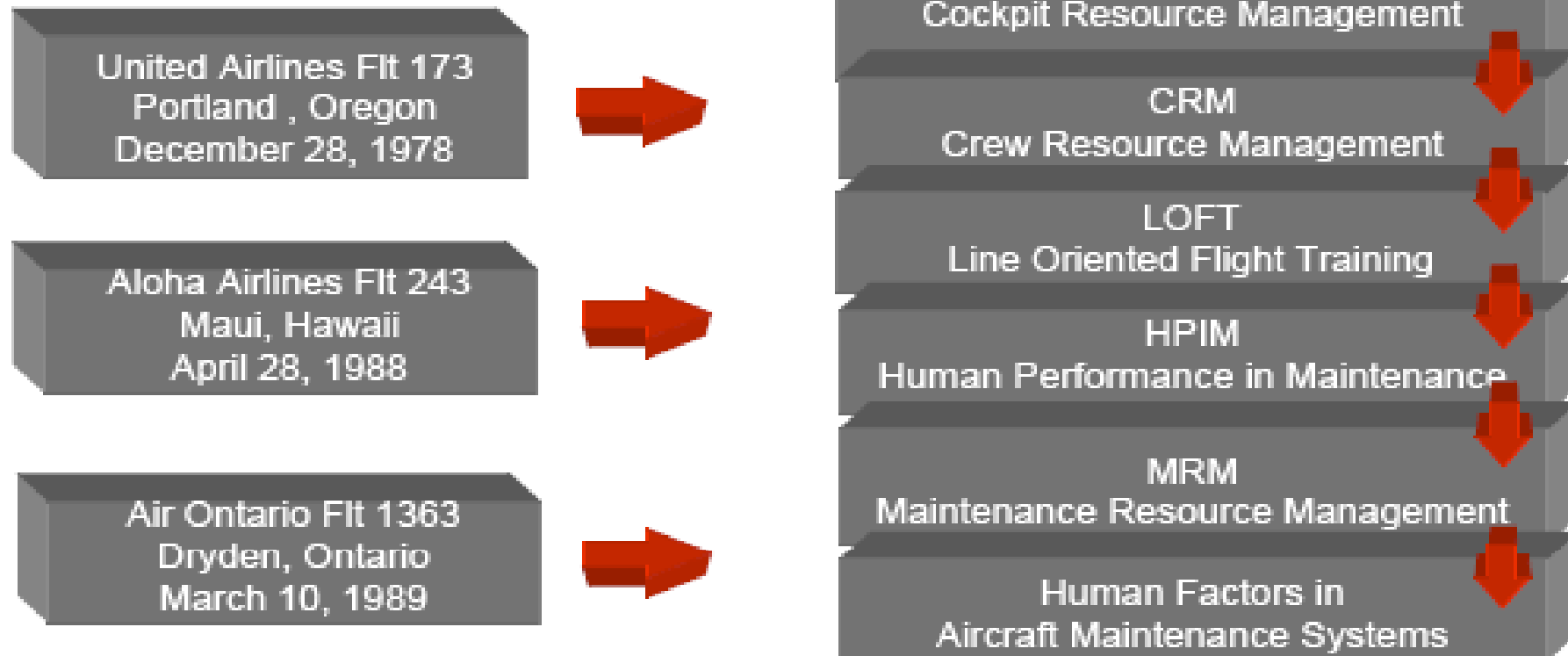
**FLIGHT SAFETY FOUNDATION • FLIGHT SAFETY DIGEST • JUNE–AUGUST 1999**

# Introdução



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

- The information below represents events that led to the development of Human Factors in the airline industry.



ICT FSDO Presentation  
10/31/2006



Federal Aviation  
Administration





## HUMAN FACTORS - HF

Um esforço multidisciplinar para gerar e compilar informações sobre a **capacidade humana e sua limitação**, aplicando estas informações para equipamentos, sistemas, infraestrutura, procedimentos, tarefas, ambientes, treinamento e gerenciamento de recursos humanos **para um desempenho efetivo, seguro e confortável**.

*FAA HF ACQUISITION JOB GUIDE AID*



### TAREFA CRÍTICA

Uma tarefa a qual **requer desempenho** humano que, se **não realizada de acordo** com os requisitos do sistema, **provavelmente, irá afetar negativamente** em custo, confiabilidade, eficiência, efetividade ou **segurança**.

Uma tarefa que demanda **desempenho próximo** ao **limite da capacidade** humana.

FAA HF ACQUISITION JOB GUIDE AID





### **CONSCIÊNCIA SITUACIONAL - SITUATIONAL AWARENESS**

É o desenvolvimento de uma **imagem mental** pelo piloto, baseada no uso contínuo de informações de voo (GAMA 10).

### **CARGA DE TRABALHO - WORKLOAD**

Construção multidimensional com 3 diferentes componentes: **sensorial, cognitiva e psicomotora** (GAMA 10). Relação do **indivíduo com demanda de tarefas**.

- 1. Evolução dos Sistemas Eletrônicos**
- 2. Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto** (Visão, Tato, Audição, Comando por voz, Tempo de reação, Workload, Consciência Situacional)
- 3. Aspectos de HF em Manutenção**
- 4. Estruturação do Projeto de Modificação**
- 5. Certificação**
- 6. Ensaio em Voo**



# 1. Evolução dos Sistemas Eletrônicos



# Evolução dos Sistemas Eletrônicos



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



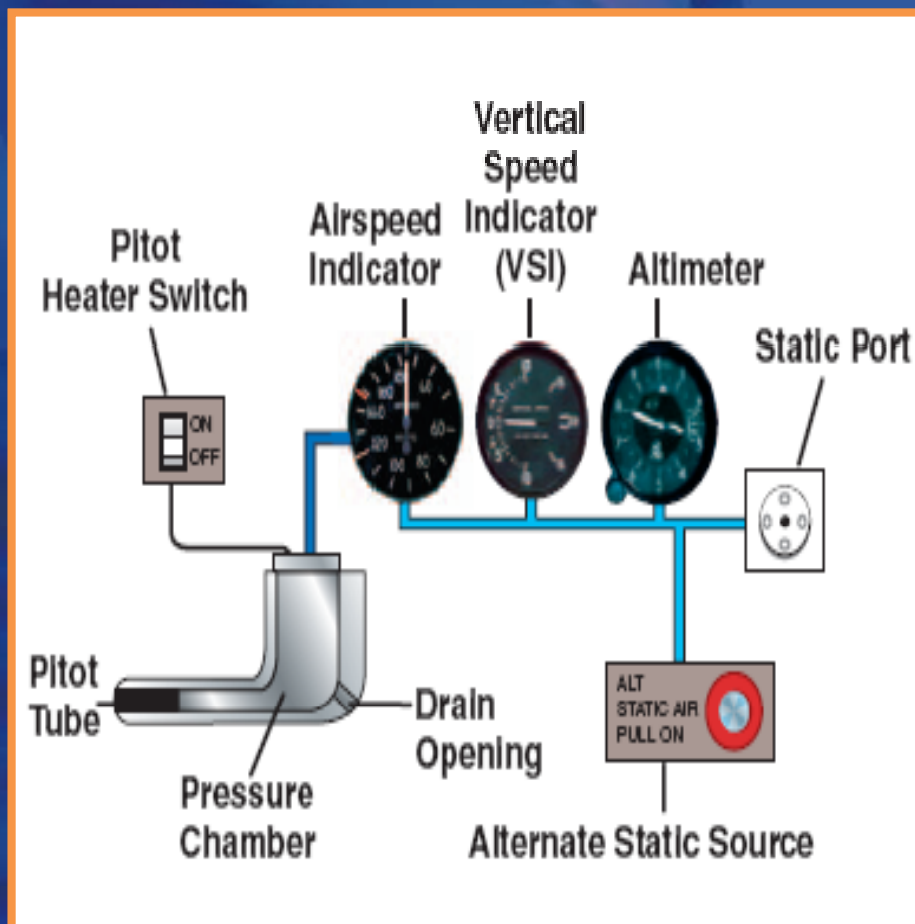
*"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".*



# Evolução dos Sistemas Eletrônicos



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

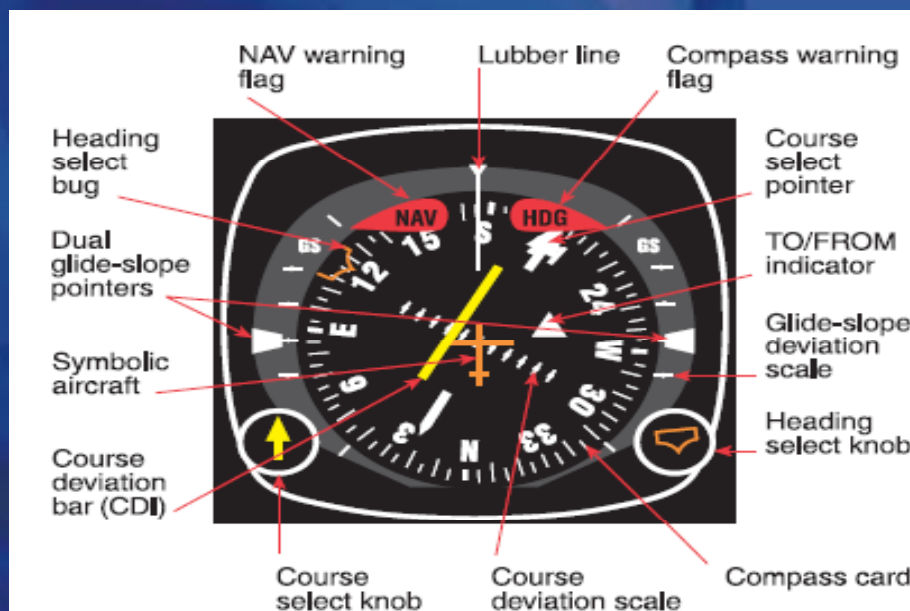


Smart Probe

# Evolução dos Sistemas Eletrônicos



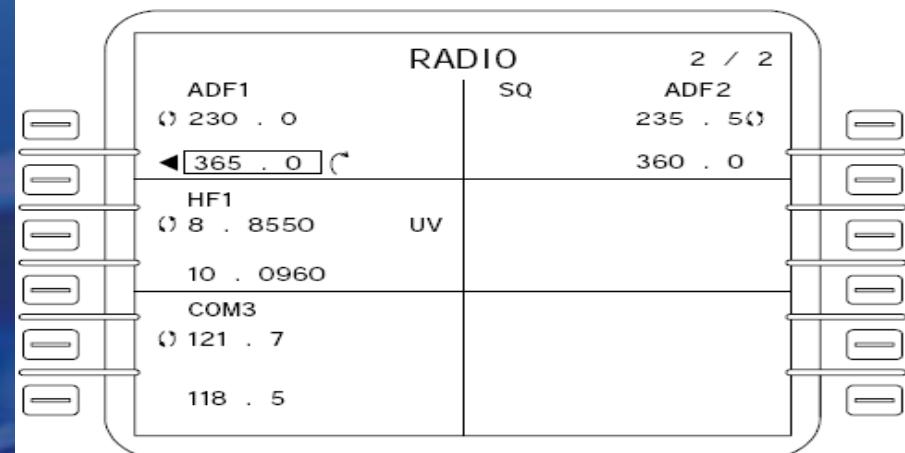
Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



# Evolução dos Sistemas Eletrônicos



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica





# Evolução dos Sistemas Eletrônicos



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

## DESVANTAGENS PARA A TRIPULAÇÃO

- Dependência da automação;
- Perda da habilidade manual; e
- Resposta inadequada da tripulação, no caso de falhas.

# Evolução dos Sistemas Eletrônicos



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

## ACIDENTES

5% de tempo na **DECOLAGEM**, **APROXIMAÇÃO FINAL** e **POUSO** contribuem em 60,7 % dos acidentes.

(AOPA Online: 1999 Nall Report:)

## CAUSAS DE HF (falhas, proximidade do solo)

- ▶ Alta **carga de trabalho** do piloto (procedimentos de cabine, ATC, procedimentos IFR, gerenciamento dos sistemas da aeronave – PA e FMS, motor/velocidade, configuração); e
- ▶ **Consciência situacional.**

# Evolução dos Sistemas Eletrônicos

## Automação – Bom ou Ruim?



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

### Acidente do American Airlines, Flight 965, B757, 20/12/95.

- 1 The flightcrew's failure to adequately plan and execute the approach to runway 19 at **SKCL and their inadequate use of automation.**
- 2 Failure of the flightcrew to discontinue the approach into Cali, despite **numerous cues alerting** them of the inadvisability of continuing the approach.



# Evolução dos Sistemas Eletrônicos

## Automação – Bom ou Ruim?



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

### Acidente do American Airlines, Flight 965, B757, 20/12/95.

- 3 The lack of *situational awareness* of the flightcrew regarding vertical navigation, proximity to terrain, and the relative location of critical radio aids.
- 4 Failure of the flightcrew to *revert to basic radio navigation* at the time when the FMS-assisted navigation became confusing and demanded an *excessive workload* in a critical phase of the flight.

Fonte: ACC/NTSB

# Evolução dos Sistemas Eletrônicos

## Automação – Bom ou Ruim?



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

The blame has flown freely following this crash. *American (60%)* filed a lawsuit against *Jespersen (30%)* and *Honeywell (10%)*, who made the navigation computer and failed to include the coordinates of Tulua. *Cali's old approach system and lack of radar* have both been blamed. Many pilots have blamed the *lack of a flight engineer in modern cockpits*, which places a greater workload on the two pilots in front.

# Evolução dos Sistemas Eletrônicos

## Automação – Bom ou Ruim?



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

Many *blamed the pilots* for not studying the Cali approach before attempting to land there. *Boeing* has been blamed for not equipping its *spoilers to automatically retract when* the aircraft accelerates, a standard feature on Airbuses.

But the pilot's famous last words say it all:

*“We got fucked up here. Where are we headed?”*

O EGPWS foi introduzido em 1996.



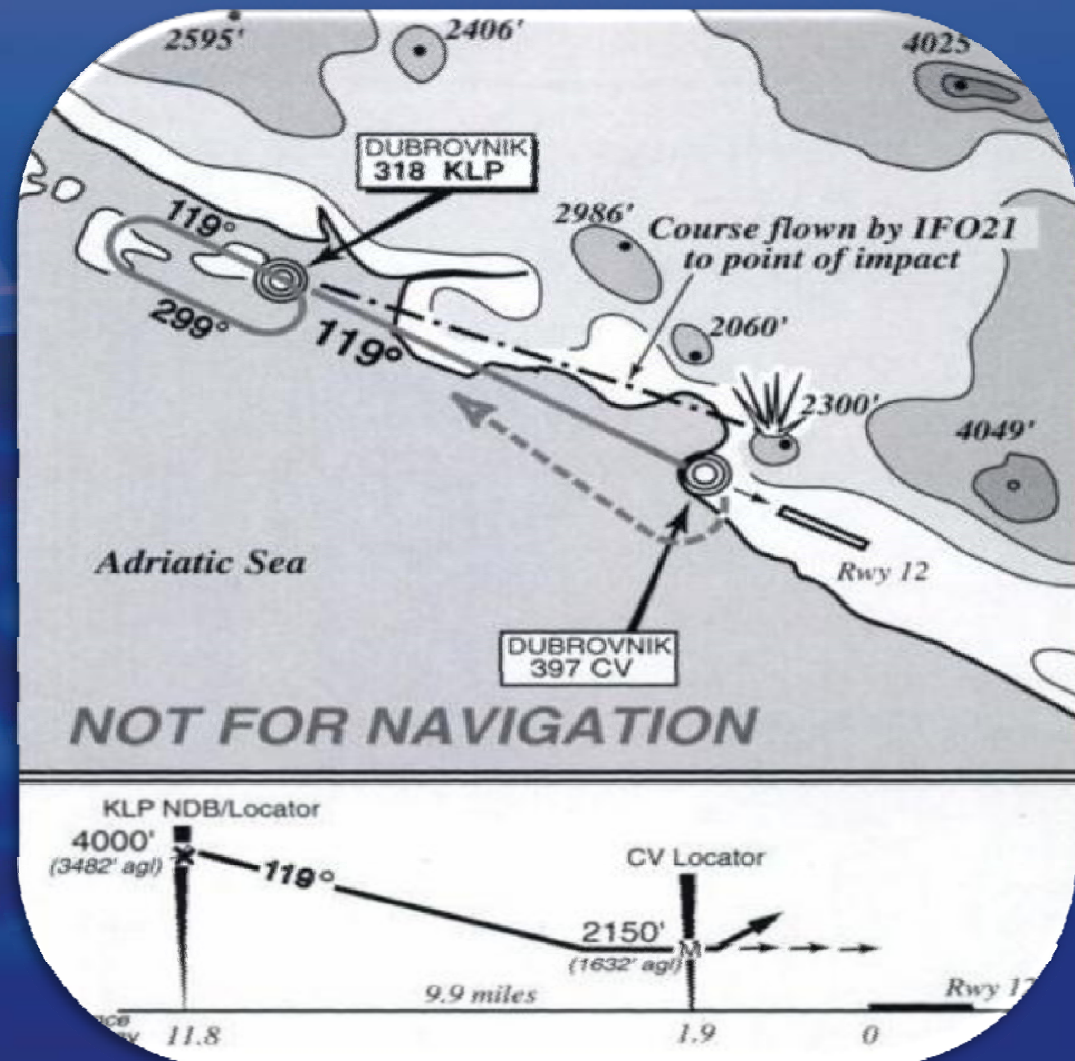
# Evolução dos Sistemas Eletrônicos

## Automação – Bom ou Ruim?



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

Acidente em 3/04/96,  
USAF B 737-200,  
Dubrovnik, Croácia



## 2. Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

(Visão, Tato, Audição, Comando por Voz, Tempo de Reação, Workload, Consciencia Situacional)



# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

- ▶ **Visão** – cor (luzes de status, de aviso e de alarme), contraste, formato, disposição das informações, campo de visão, iluminação.
- ▶ **Tato** – forma dos controles (flap, botões, manete).
- ▶ **Feedback**
- ▶ **Audição** – avisos aurais (voz, tone).
- ▶ **Voz** – *voice control*.
- ▶ **Tempo De Reação**
- ▶ **Workload**
- ▶ **Consciencia Situacional**



# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## Visão – Cor

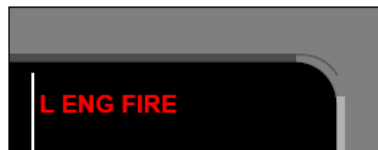


Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

- ✓ **Red**, for **warning** lights (lights indicating a hazard which may require immediate corrective action);
- ✓ **Amber**, for **caution** lights (lights indicating the possible need for future corrective action);
- ✓ **Green**, for safe operation lights;



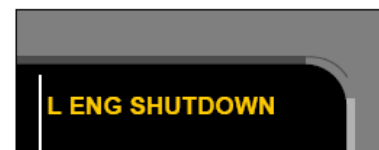
Glareshield



EICAS Display



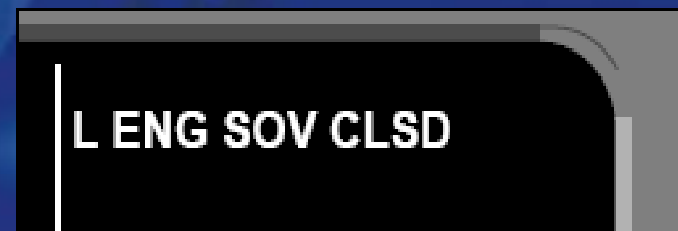
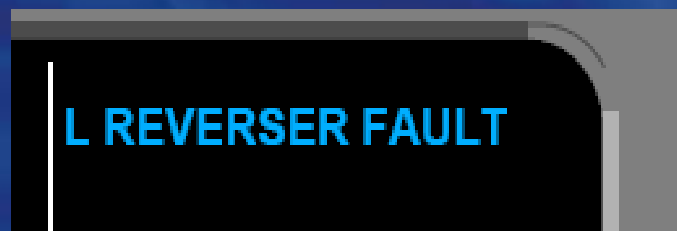
Glareshield



EICAS Display



## Luzes de Indicação Normal



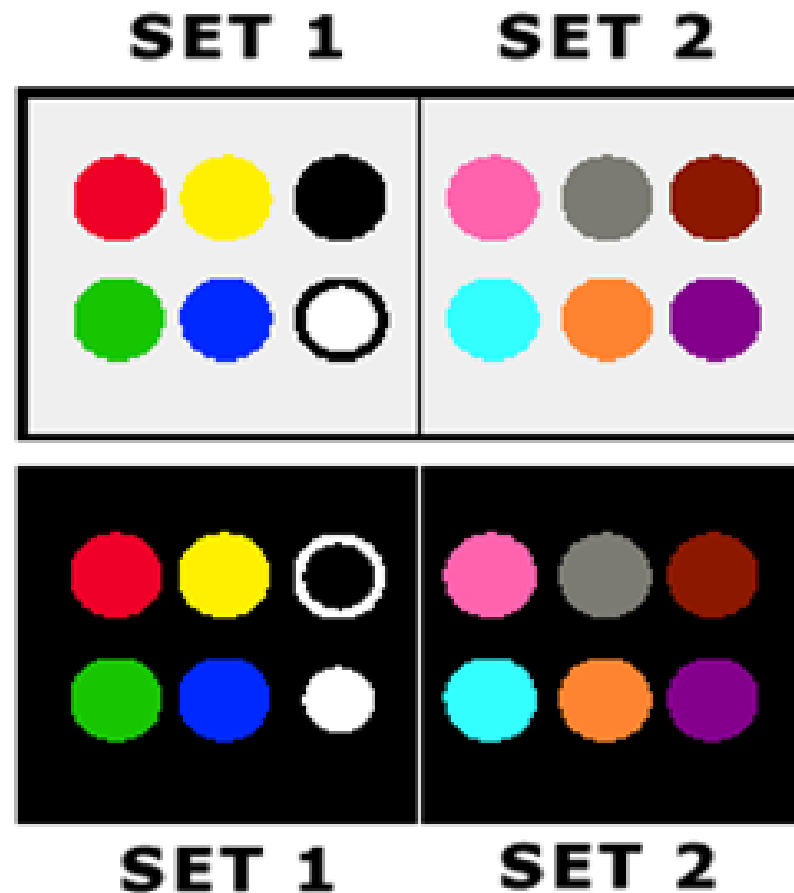
CFR 23 e 25.1322 Avisos na Cabine

“As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial”.



### 12 Colors for Coding Displays

- Black
- White
- Red
- Green
- Yellow
- Blue
- Brown
- Purple
- Pink
- Orange
- Pink
- Gray



# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## *Visão – Contraste*



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

The pure red primary should never be used on a pure blue primary background.

This generates chromostereopsis or depth through color perception. It also creates reading difficulties.

The pure blue primary should never be used on a pure red primary background.

This generates chromostereopsis or depth through color perception. It also creates reading difficulties.

**Os dois quadros acima são muito difíceis de ler e causam fadiga.**





The following color pairs should be avoided:

- Saturated red and blue,
- Saturated red and green,
- Saturated blue and green,
- Saturated yellow and green,
- Yellow on purple,
- Yellow on green,
- Yellow on white,
- Magenta on green,
- Magenta on black (although this may be acceptable for lower criticality items),
- Green on white,
- Blue on black, and
- Red on black.

AC 25-11A

# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## *Visão – Formato*



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

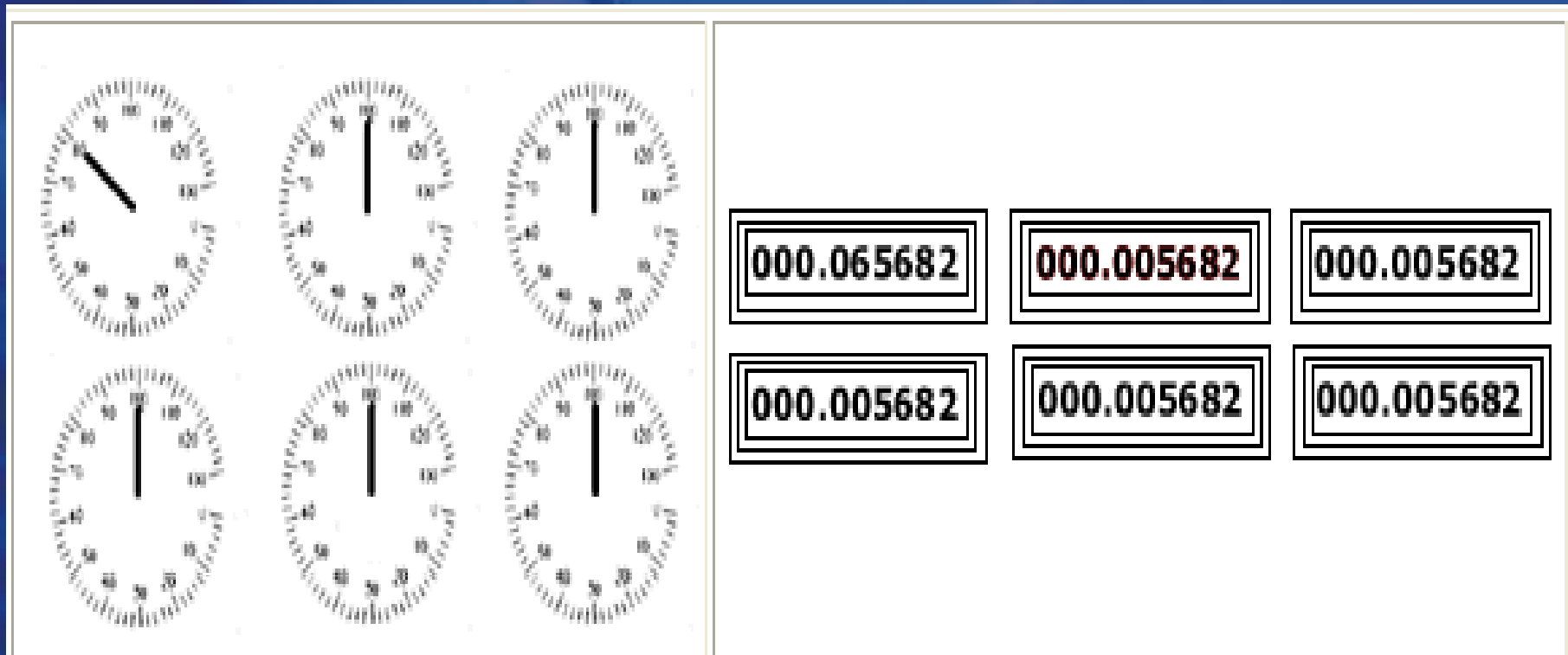
## *ARP 4102-7 - ELECTRONIC DISPLAY SYMBOLOGY FOR EADI/PFD*

# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## Visão – Formato



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica





# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## Visão – Formato



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## Visão – Formato



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

Parameters	Acceptable Labels
Engine RPM (Reciprocating engines)	“RPM”
Propeller RPM Turboprop RPM	“RPM” or “N <sub>p</sub> ”
Percent Power	“% PWR” or “PCT PWR”
Manifold Pressure	“MP”
Exhaust Gas Temperature	“EGT”
Cylinder Head Temperature	“CHT”
Carburetor Temperature	“CARB TEMP”
Fuel Flow (Each Engine)	“FF”



# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## *Visão – Disposição das informações*



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



(a) Plenamente visível  
(b) T Básico - em frente

(c) Agrupado  
(d) Sem vibração  
(e) Indicadores de mau-  
funcionamento = visível dia/noite



CFR 23 e 25.1321 *Arrangement and visibility*

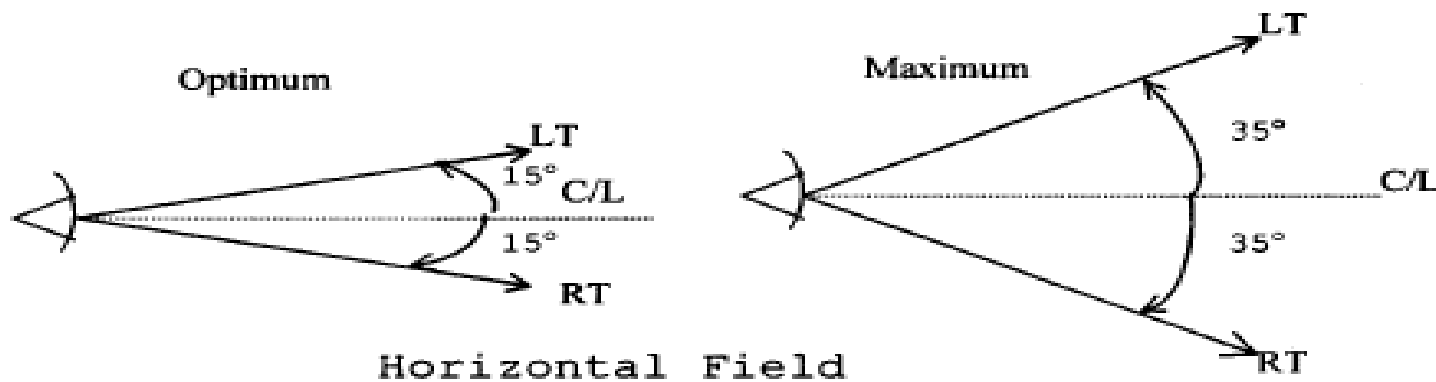
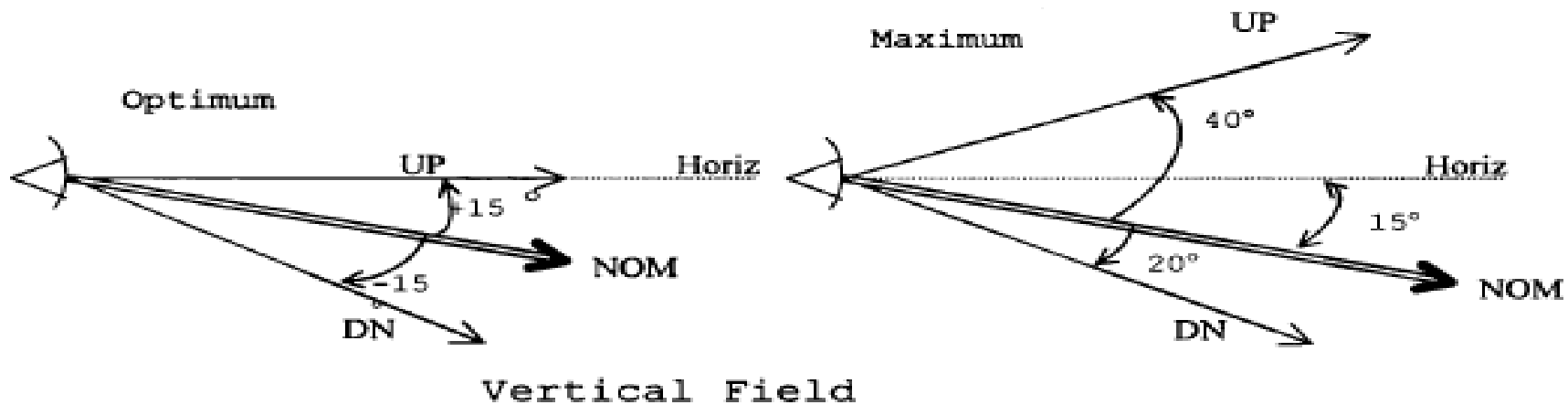


# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## *Campo de Visão – Primário*



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



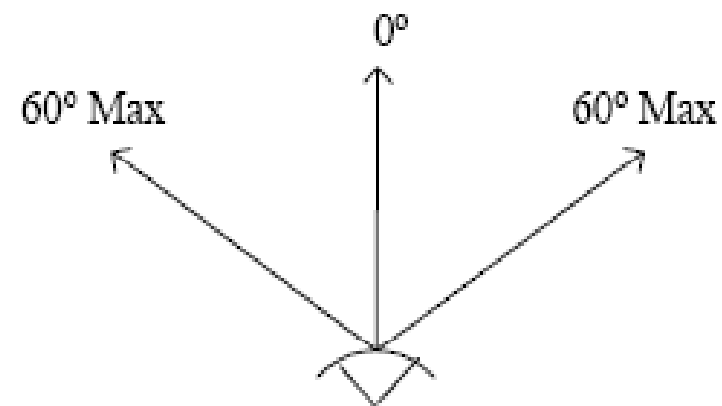
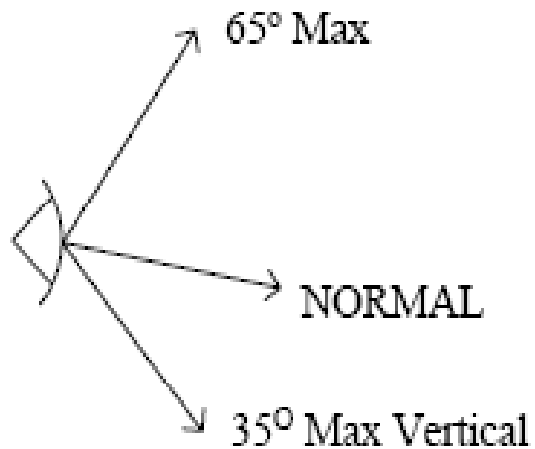
GAMA 10, AC 25-11A e AC 23.1311-01B

# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## *Campo de Visão – Secundário*



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



GAMA 10

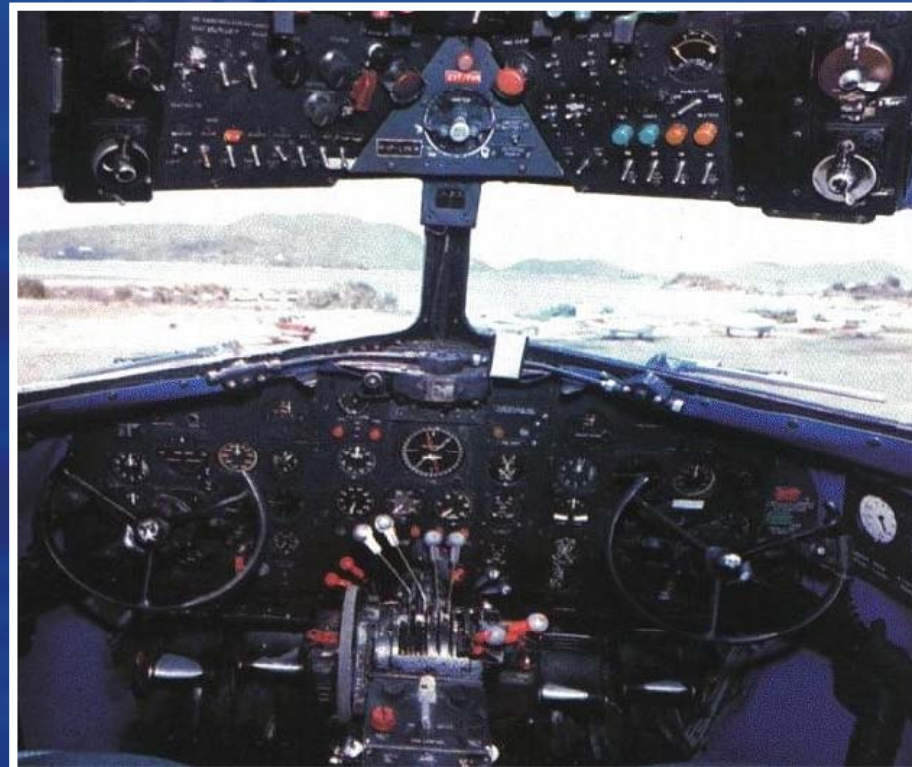
# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## *Campo de Visão*



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

*E localização dos instrumentos das aeronaves antigas???*



*Não podem ficar pior do que antes.*



# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## Visão – Iluminação



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

### 25.1381 Instrument lights

(a) The instrument lights must—

(1) Provide **sufficient illumination** to make each instrument, switch and other device necessary for safe operation easily readable unless sufficient illumination is available from another source; and

(2) Be installed so that—

(i) Their **direct rays** are shielded from the pilot's eyes; and

(ii) No objectionable **reflections** are visible to the pilot.

(b) Unless **undimmed** instrument lights are satisfactory under each expected flight condition, there must be a means to control the intensity of illumination.



# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## *Visão – Indicação*



### **FLIGHT GUIDANCE SYSTEM**

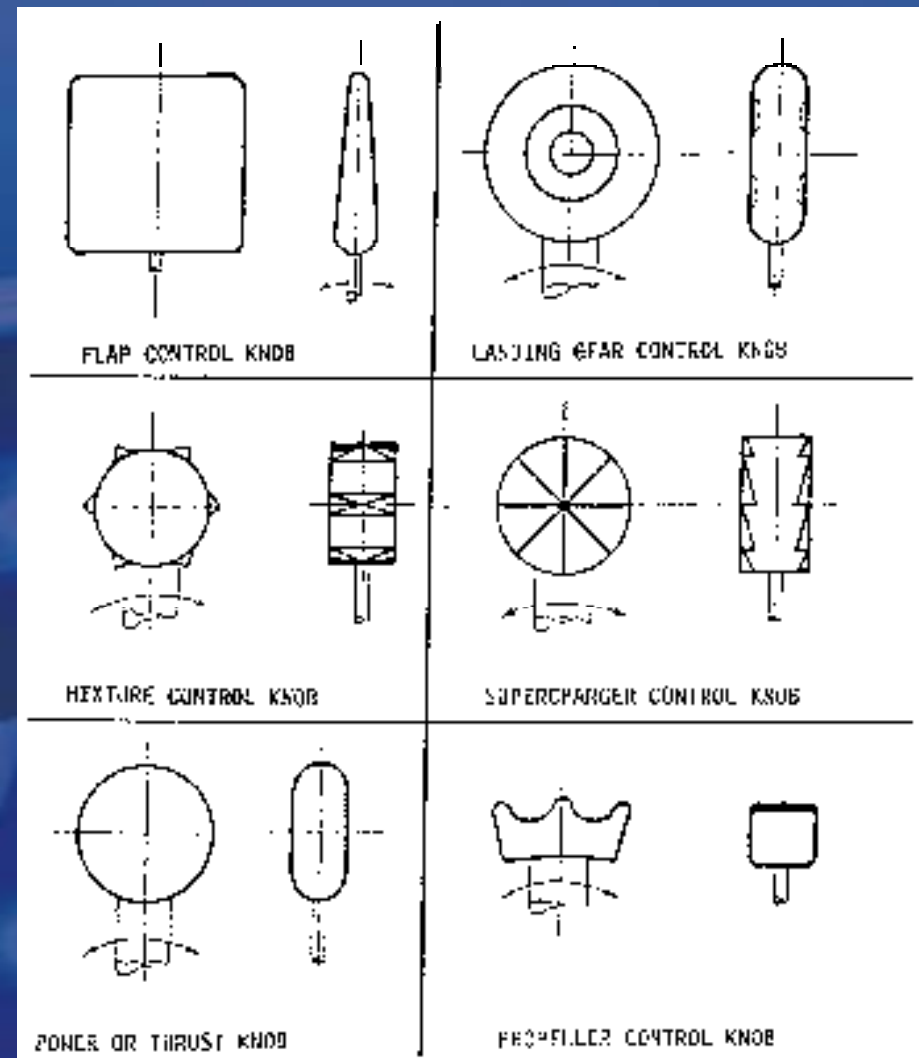
The flight guidance system functions, controls, indications, and alerts must be designed to **minimize flightcrew errors and confusion** concerning the behavior and operation of the flight guidance system. Means must be provided to **indicate the current mode of operation, including any armed modes, transitions, and reversions. Selector switch position is not an acceptable means of indication.** The controls and indications must be **grouped** and presented in a logical and consistent manner.

The indications must be visible to each pilot under **all expected lighting conditions.**



### 25.781 Cockpit control knob shape.

Cockpit control knobs must conform to the general shapes (but not necessarily the exact sizes or specific proportions) in the following figure:





# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## *Tato – Posição dos Controles*



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

### *25.777 Cockpit Controls.*

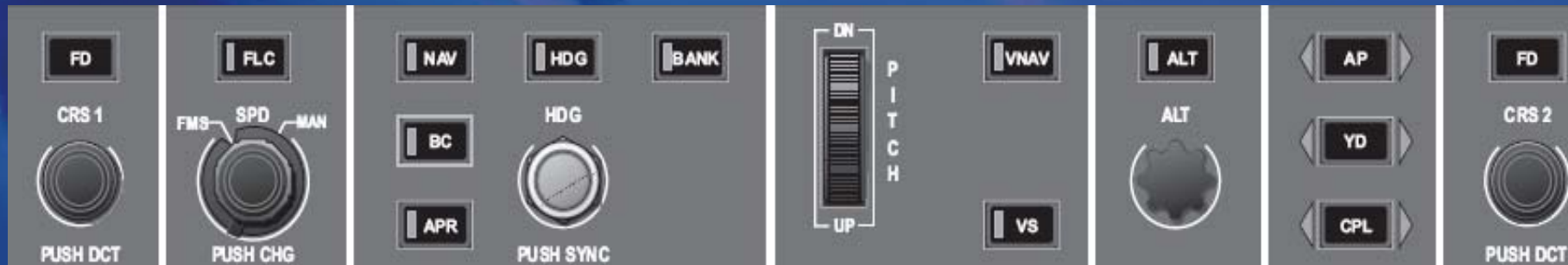
- (a) Each cockpit control must be located to provide *convenient operation and to prevent confusion and inadvertent operation.*
- (b) The controls must be located and arranged, with respect to the pilots' seats, *so that there is full and unrestricted movement of each control without interference from the cockpit structure* or the clothing of the *minimum flight crew* when any member of this flight crew, from 5'2&inch; to 6'3&inch; in height, is seated with the seat belt and shoulder harness (if provided) fastened.

# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## Tato – Forma dos Controles



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



Display controls should be clearly visible, labeled, and usable by the pilot, with the least practicable deviation from the normal position and from the line of vision when the pilot is looking forward along the flight path. Controls should have an appropriate amount of tactile feel (for example, detents, friction, stops, or damping, etc.) so they can be changed without undue concentration, which minimizes the potential for inadvertent changes. Design controls for the pilot to use intuitively. The controls should be identified easily and located in all lighting conditions, allow differentiation of one control from another, and have feedback through the system appropriate for the function being controlled.

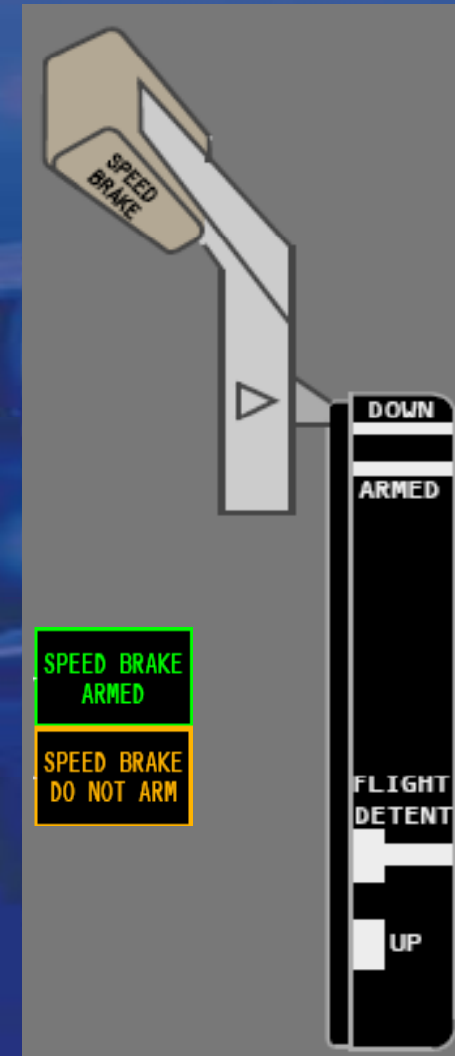
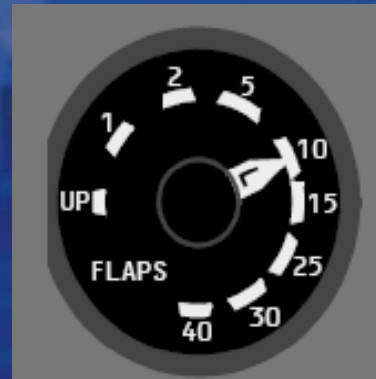
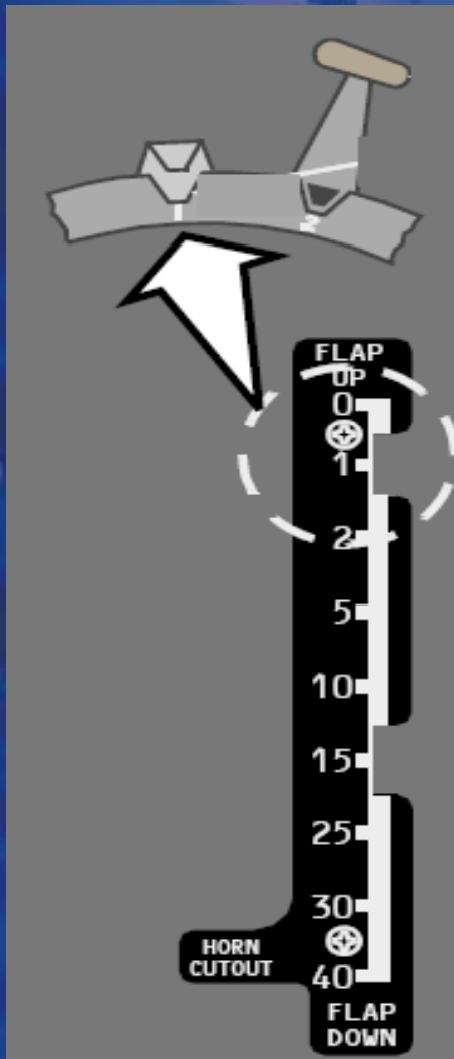
**AC 23.1311-1B**

# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## Tato – Forma dos Controles



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica







Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## *Tato – Movimentos*

System Function	Control Movement
On	Up, right, forward, pull
Off	Down, left, rearward, push
Right	Clockwise, right
Left	Counterclockwise, left
Up	Up, rearward
Down	Down, forward
Increase	Up, right, forward, clockwise
Decrease	Down, left, rearward, counterclockwise

DOT, Human Factors Design Guidelines, FHWA-RD-98-057.

# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## *Tato – Tipo de Controle*



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

Control Function	Suggest Control Mechanism
Selection between 2 alternatives or discrete positions; e.g., on/off	Toggle switch, two-position stalk, push-pull knob, push-button, or rocker switch
Selection among 3 or more alternatives or discrete positions; e.g., climate controls	Slide, multipurpose stalk, discrete rotary knob, three-position toggles or rocker switch, push-buttons (for 3 alternatives only), key pad, touch screen
Precise adjustment	Continuous rotary knob or thumbwheel
Gross adjustment	Continuous rotary knob, lever, or touch screen
Large force application	Lever

DOT, Human Factors Design Guidelines, FHWA-RD-98-057.

# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## *Feedback*



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

Controls should provide feedback to the user that the desired control state has been achieved. The type of feedback depends upon the control. Controls such as *levers, push-buttons, hand cranks, keyboards, and computer input devices use resistance*. Some controls are self-illuminating and indicate activation *by "lighting up."* Controls that are activated on a computer screen by mouse or keyboard *give feedback on the screen*.



# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## *Feedback*



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

**Resistance** → Some type of resistance is commonly built into controls. Properly selected control resistance can aid with the precision and speed, provides a "feel" that the control is being activated, adds smoothness to the control movement, and can reduce accidental control activation. Importantly, resistance indicates when the activation is complete.

# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## *Feedback*



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

**Control Position** ➡ At times a control is its own "display." That is, the position of the control indicates its activation state. Examples are a **push-button** that remains in the "pushed-in/depressed" position, a lever such as gear-shift or **emergency brake that indicates state by its spatial position, a light switch that indicates "on" by the up-position of the switch.**

**Control panel** ➡ Control panels often have **indicator lamps that are illuminated or not** to show the state of the associated control and/or control mode.

# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## *Feedback*



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

**Computer screen** → If controls are activated by means of keyboard, mouse, or other input device to a computer screen, the state of the control is usually indicated by a corresponding **change on the computer display**.





# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## Audição

LEVEL	ASSOCIATED CONDITION/EICAS MESSAGE	PRIORITY	TONE	VOICE MESSAGE	CANCEL
EMERGENCY	Stall condition.	1	Clacker	None	NO
	Windshear condition (1).	2	None	WINDSHEAR	NO
	Ground proximity condition (1).	3	(1)	(1)	NO
	Traffic proximity condition (1).	4	None (3)	(1)	NO (2)
	Fire in engine or APU. ENG 1 (2) FIRE APU FIRE.	5	Bell	None	YES
	Airspeed above $V_{MO}$ .	6	Attension 3	HIGH SPEED	NO
	Landing gear not locked down for landing.	7	Attension 3	LANDING GEAR	NO
	Cabin altitude above 10000 ft (Normal Mode Operation). or Cabin altitude above 14500 ft (HI ALT Mode Operation - only for airplanes equipped with HI ALT system).	8	Attension 3	CABIN	YES
	Associated with takeoff configuration warning.	9	Attension 3	TAKEOFF plus one of the following: -FLAPS -TRIM -SPOILER -BRAKES	NO
	Associated with emergency failures.	10	Attension 3	None	NO
ABNORMAL	Associated with glide slope deviation.	None	None	GLIDE SLOPE	YES
	Traffic proximity condition.	None	None (3)	TRAFFIC	YES
	Associated with abnormal failures.	None	Master Caution Tone	None	YES

# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## *Comando por voz*



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

### VOICE CONTROLS

#### ADVANTAGES

- Hands free use
- Eyes do not have to be on control panel, can be scanning elsewhere

#### DISADVANTAGES

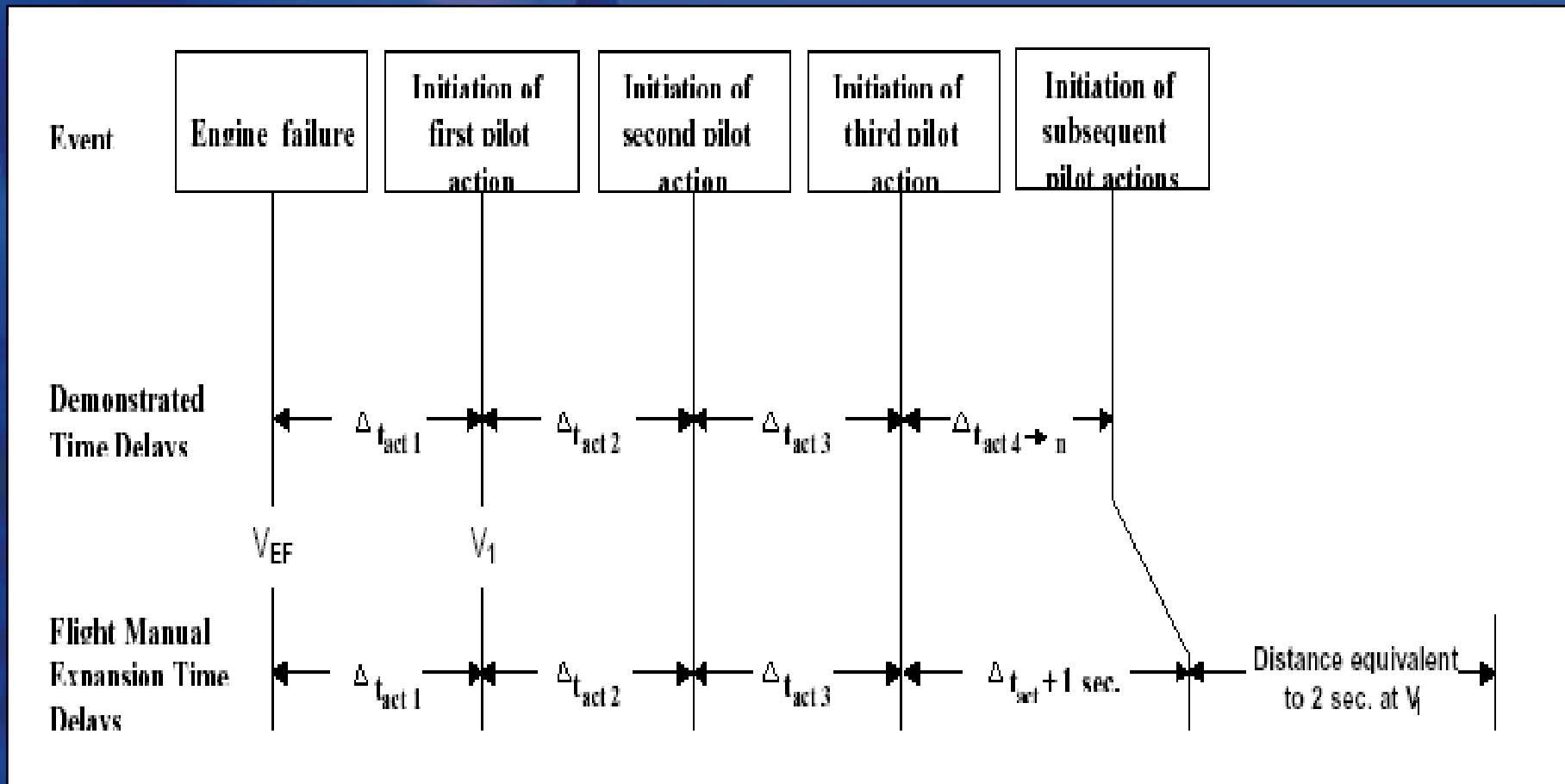
- Possible confusion or corruption of message
- May require message repetition
- Recognition may be impacted by voice changes with stress
- Background noise interference
- Voice fatigue with overuse

# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## Tempo de Reação



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



$\geq 1 \text{ s}$

+ 2 s para CP  
AC 25-7A



# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## *Tempo de Reação*



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

**Piloto Automático**

**Testes de Falha – Hardover**

**SUBIDA, CRUZEIRO E DESCIDAS: 3 SEGUNDOS**

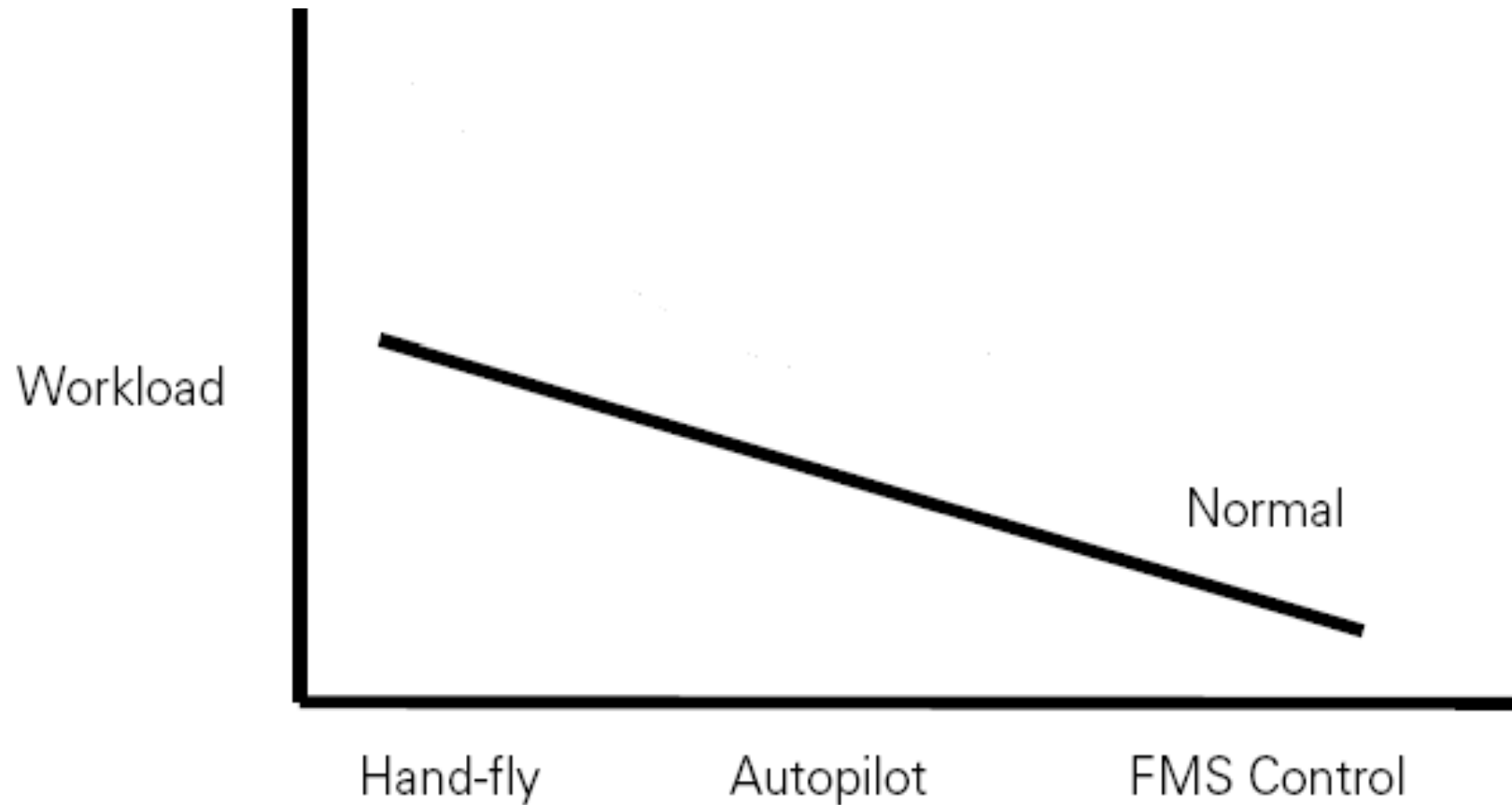
**APROXIMAÇÕES: 1 SEGUNDO**

# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## *Workload*



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



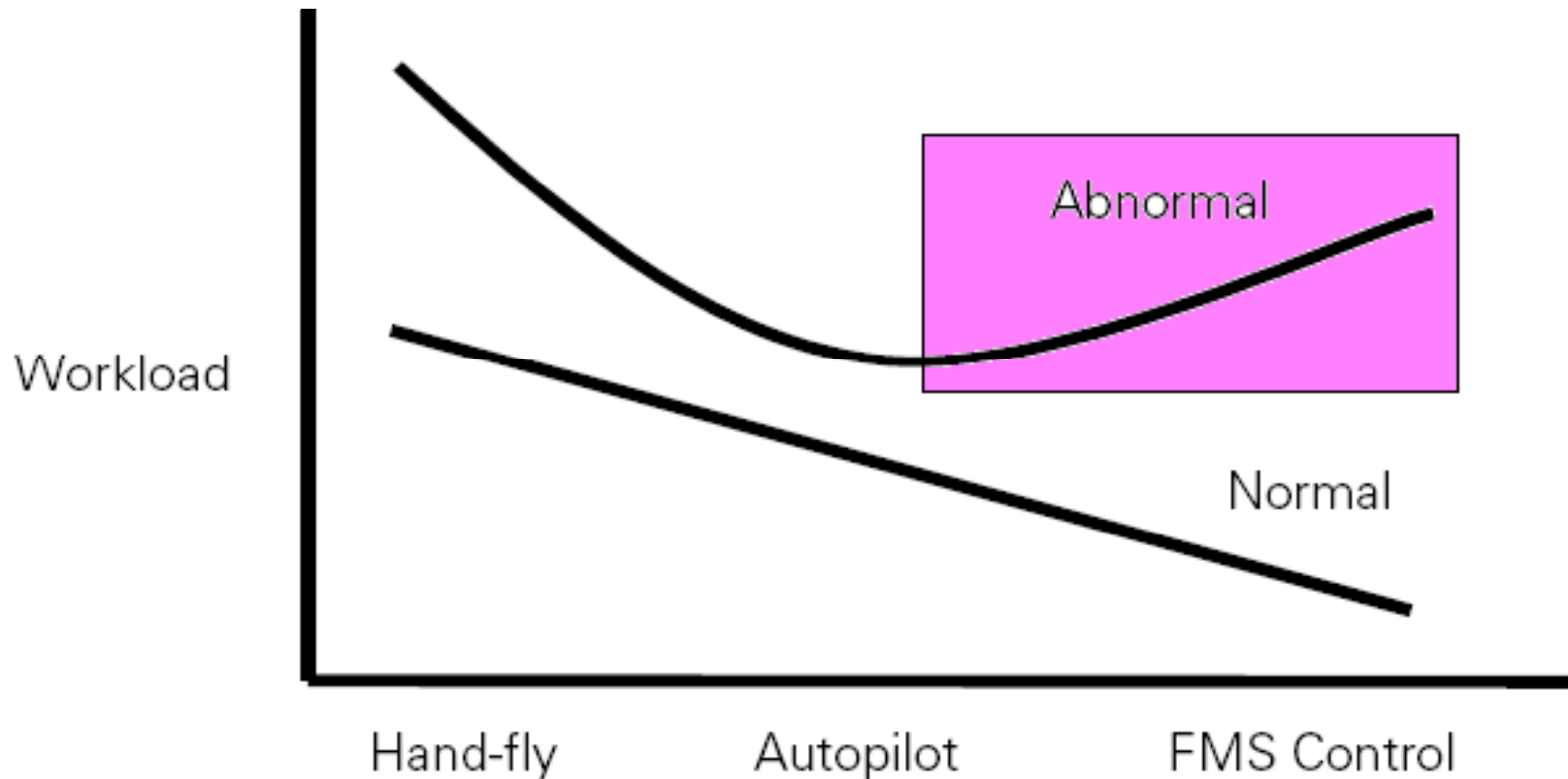
Automation and workload

# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## Workload



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



Automation and workload

CAA Paper 2004/10 Flight Crew Reliance on Automation

*"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".*



# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto *Workload*



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

## **EICAS MESSAGE DICTIONARY**

The following table presents all the EICAS messages. Type column indicates whether the message's nature is Warning (W), Caution (C), or Advisory (A).

The number in column INHIBITION indicates the following:

- (1) Message is inhibited during takeoff;
- (2) Message is inhibited during takeoff and approach/landing;
- (3) Message is not inhibited;
- (4) Message is inhibited during approach/landing;
- (5) Message is inhibited on the ground and on all flight phases excluding takeoff.

fonte [www.smartcockpit.com](http://www.smartcockpit.com)

# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## Workload



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

<b>2-10 POWERPLANT</b>	W	ATTCS FAIL	5
	W	E1 (2) ATTCS NO MRGN	2
	W	E1 (2) OIL LOW PRESS	2
	W	E1 (2) LOW N1	2
	W	ENG 1-2 OUT	1
	C	E1 (2) ATS SOV OPN	2
	C	E1 (2) CTL A (B) FAIL	2
	C	E1 (2) CTL FAIL	2
	C	E1 (2) EXCEEDANCE	2
	C	E1 (2) FPMU NO DISP	2
	C	E1 (2) FUEL LO TEMP	2
	C	ENG NO TO DATA	2
	C	ENG REF A/I DISAG	2
	C	ENG1 (2) REV DISAGREE	2
	C	E1 (2) NO DISP	2
	C	ENG 1 (2) OUT	1
	C	FADEC ID NO DISP	2
	C	ENG 1 (2) REV FAIL	2
	C	ENG 1 (2) TLA FAIL	2
	A	CHECK XXX PERF (XXX = A, A1, A1P, A3, A1/3, A1E)	2
	A	E1 (2) SHORT DISP	2
	A	E1 (2) ADC DATA FAIL	2
	A	E1 (2) FUEL IMP BYP	2
A	E1 (2) OIL IMP BYP	2	

## *Birgenair ALW 301 - B757 Loss of Control – Puerto Plata, Dominican Republic – February 2, 1996*

Erroneous information was sent to the captain's airspeed indicator and center autopilot by the left air data computer because a pitot tube was blocked.

The crew members were tremendously confused by contradictory warnings (overspeed and stall warnings) and conflicting airspeed indications on the three displays.



The center autopilot and autothrottles contributed to their problems. The crew did not attempt to fly the aircraft manually and tried to use automation in a way that did not help them.

The aircraft crashed into the ocean. All onboard perished.




# Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto

## Consciência Situacional



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica





### 3. Aspectos de HF em Manutenção

Top eight maintenance problems listed in order of occurrence:  
(Graber & Marx)

1. Incorrect installation of components
2. The fitting of wrong parts
3. Electrical wiring discrepancies (including cross-connections)
4. Loose objects (tools, etc.....) left in aircraft
5. Inadequate lubrication
6. Cowlings, access panels and fairings not secured
7. Fuel/oil caps and refuel panels not secured
8. Landing gear ground lock pins not removed before departures



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

# Aspectos de HF em Manutenção

- ✓ Acessibilidade
- ✓ Visualização
- ✓ Montagem a prova de erro
- ✓ Detetabilidade
- ✓ Documentação





# Aspectos de HF em Manutenção

## Acessibilidade



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

- ▶ Espaço para o operador e suas ferramentas.

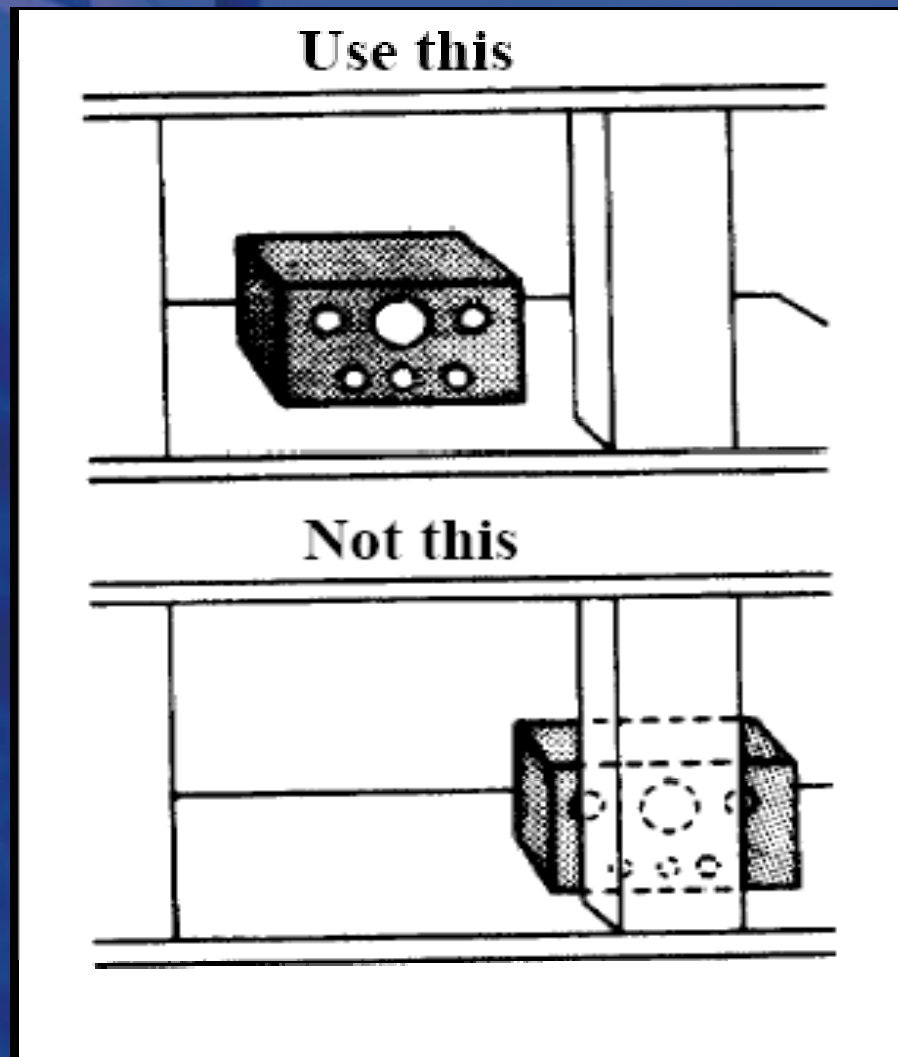


# Aspectos de HF em Manutenção

## Acessibilidade



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



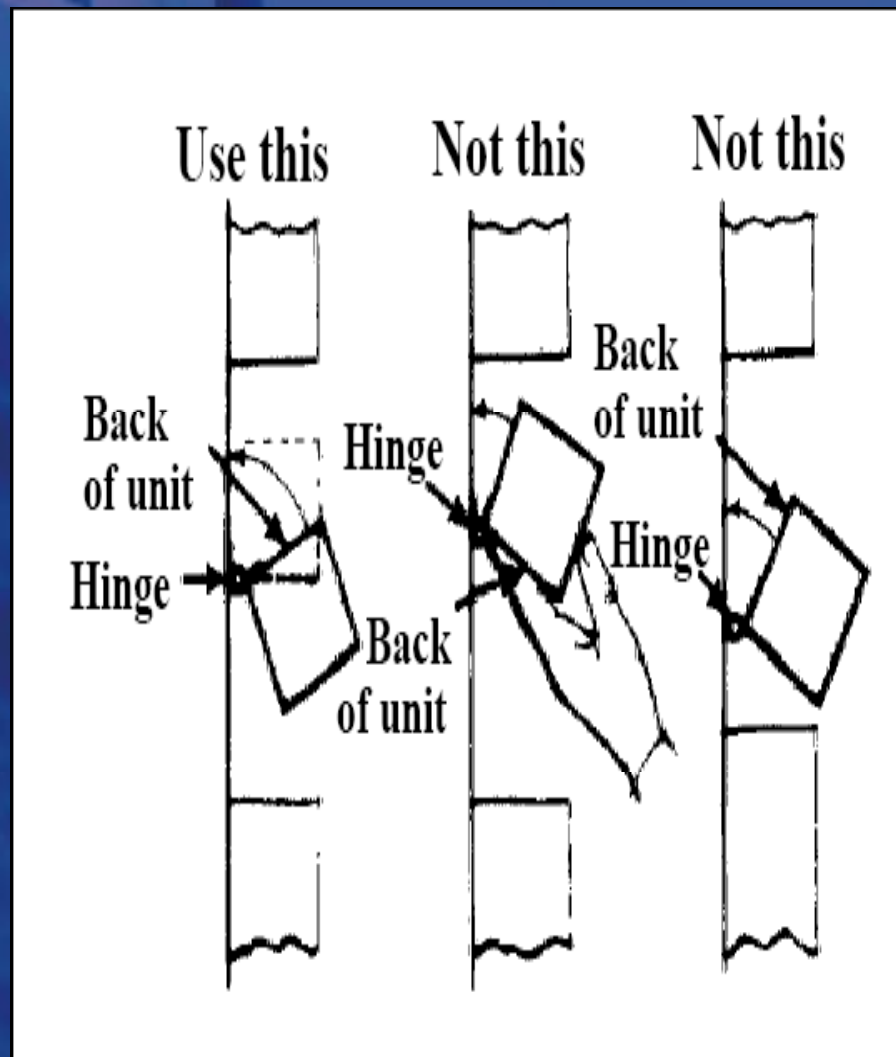
DOE-HDBK-1140-2001

# Aspectos de HF em Manutenção

## Acessibilidade



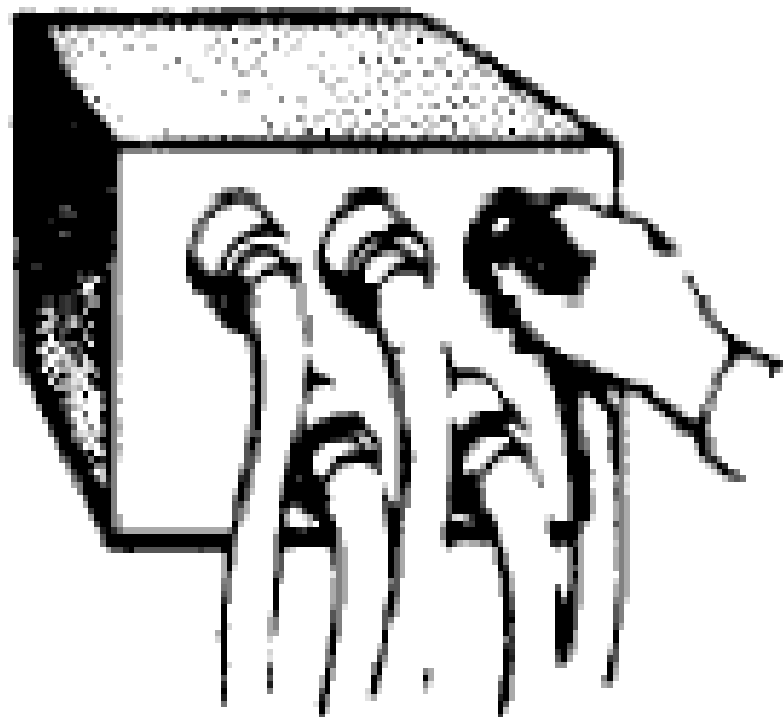
Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



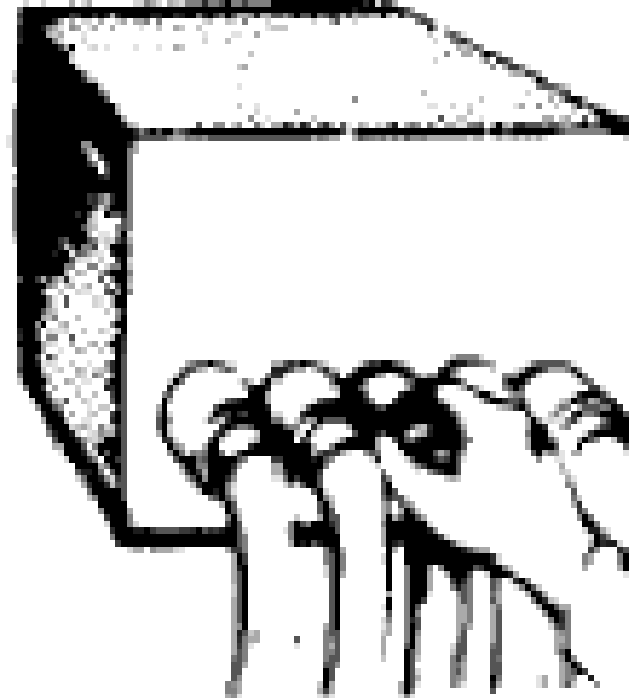
DOE-HDBK-1140-2001



### Use this



### Not this



# Aspectos de HF em Manutenção

## Visualização



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



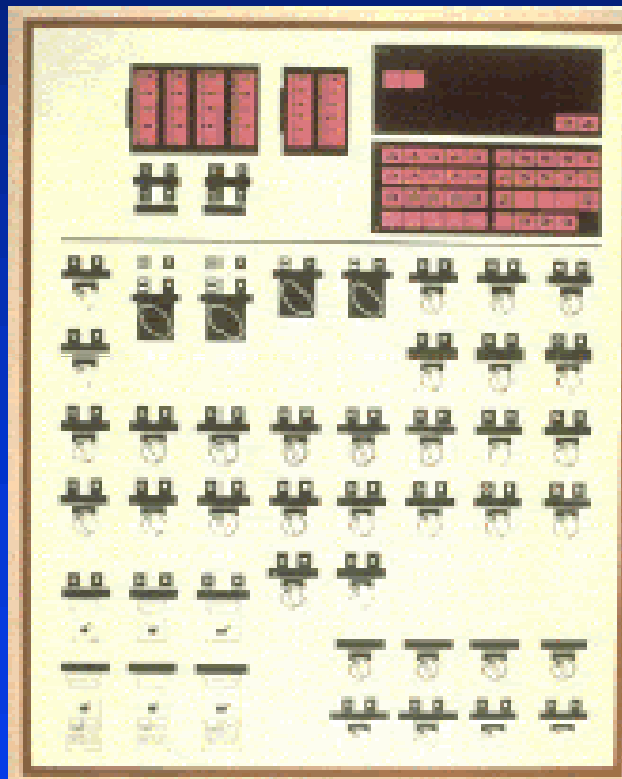
# Aspectos de HF em Manutenção

## Visualização

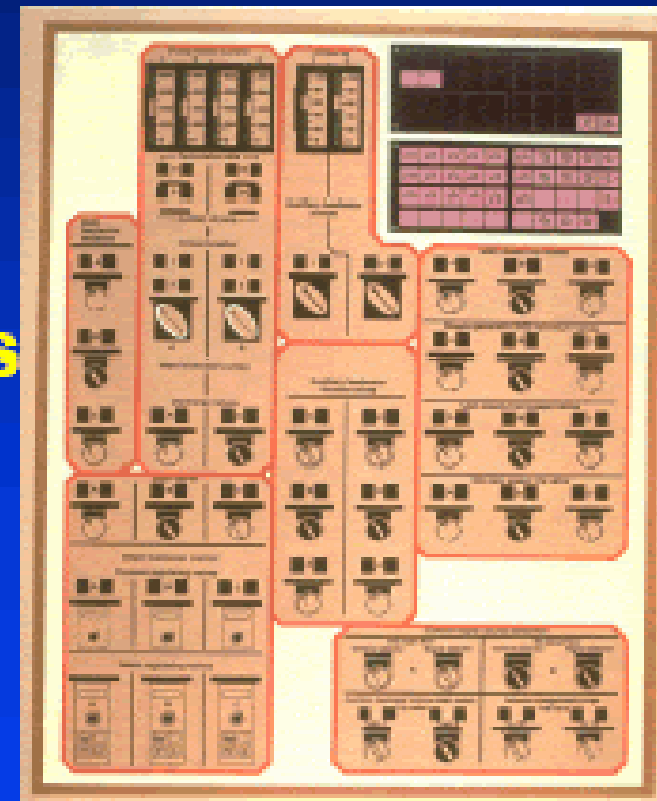


Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

**Not  
this**



**This**



**Controls that perform related functions should be grouped together so that they can be easily identified.\***



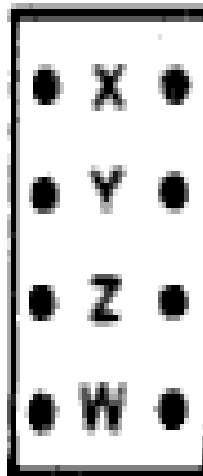
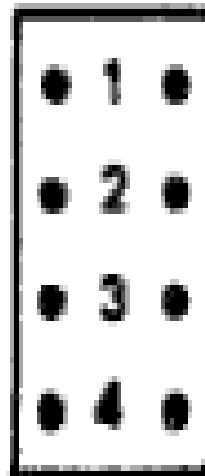
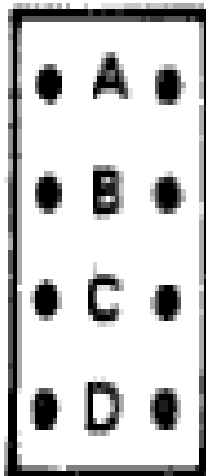
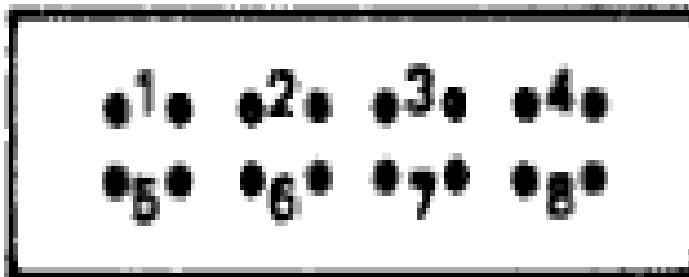
# Aspectos de HF em Manutenção

## Visualização

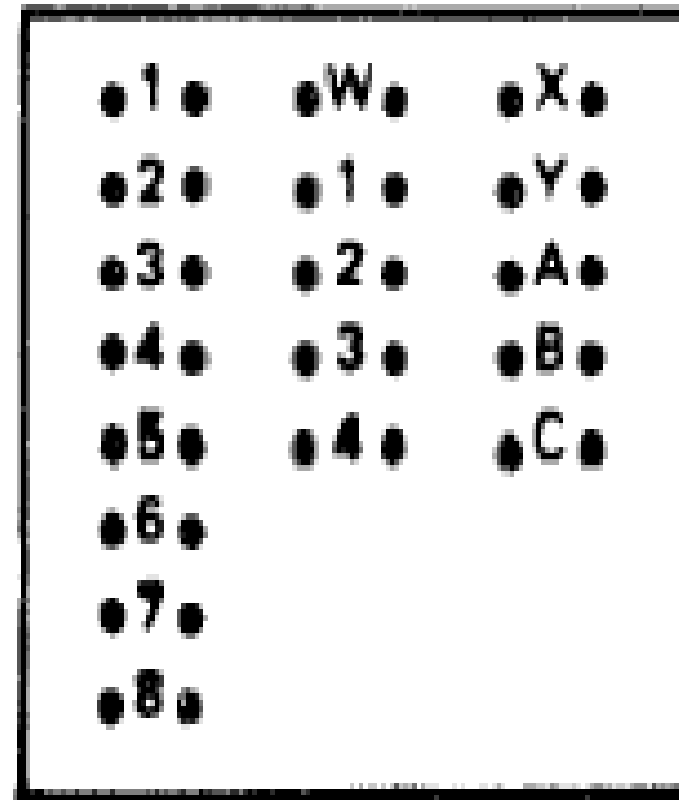


Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

### Use this



### Not this



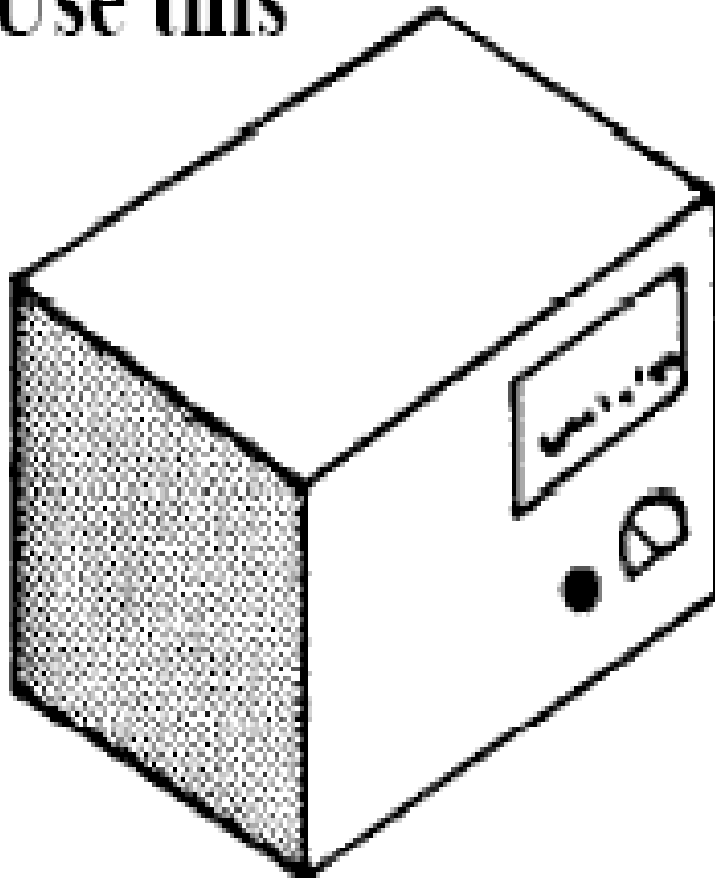
# Aspectos de HF em Manutenção

## Visualização

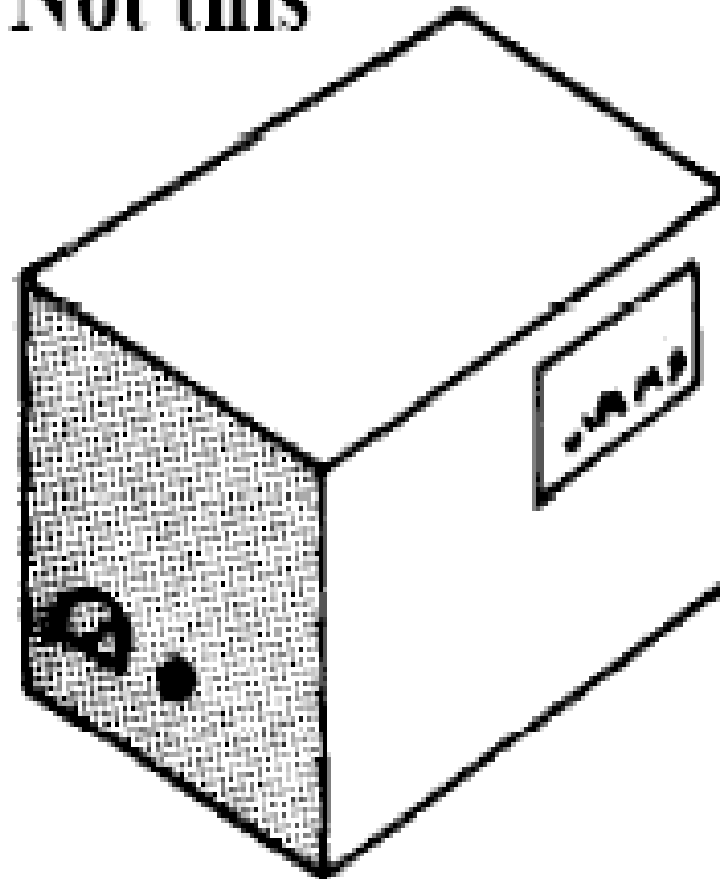


Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

**Use this**



**Not this**



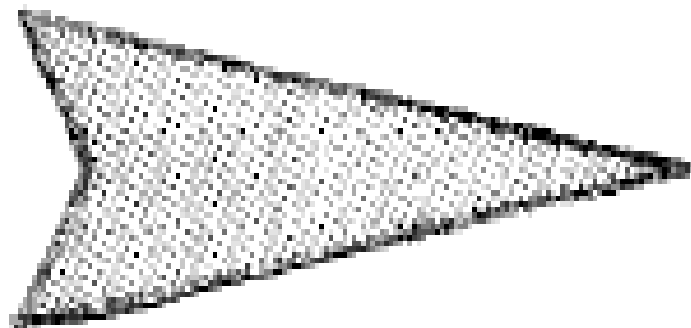
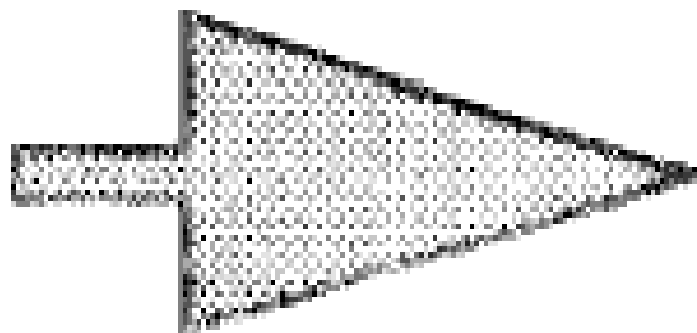
# Aspectos de HF em Manutenção

## Visualização

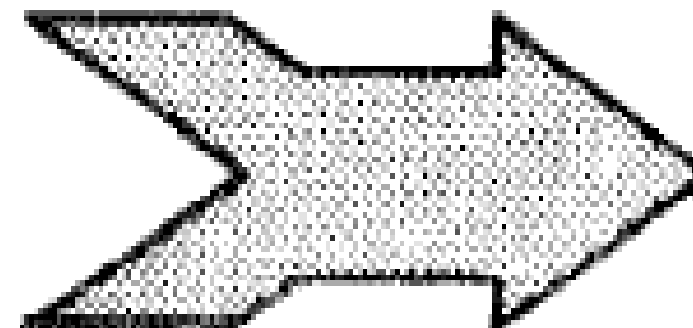
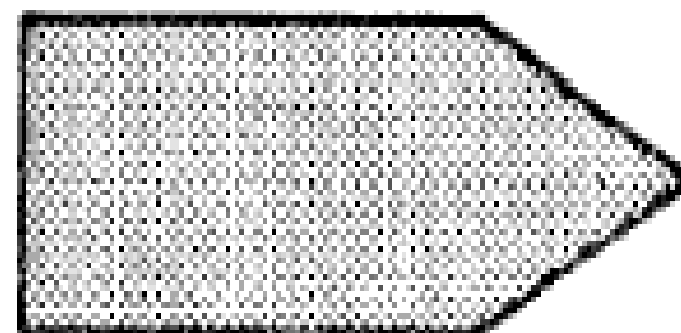


Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

### Use these



### Not these





# Aspectos de HF em Manutenção

## Montagem a prova de erro



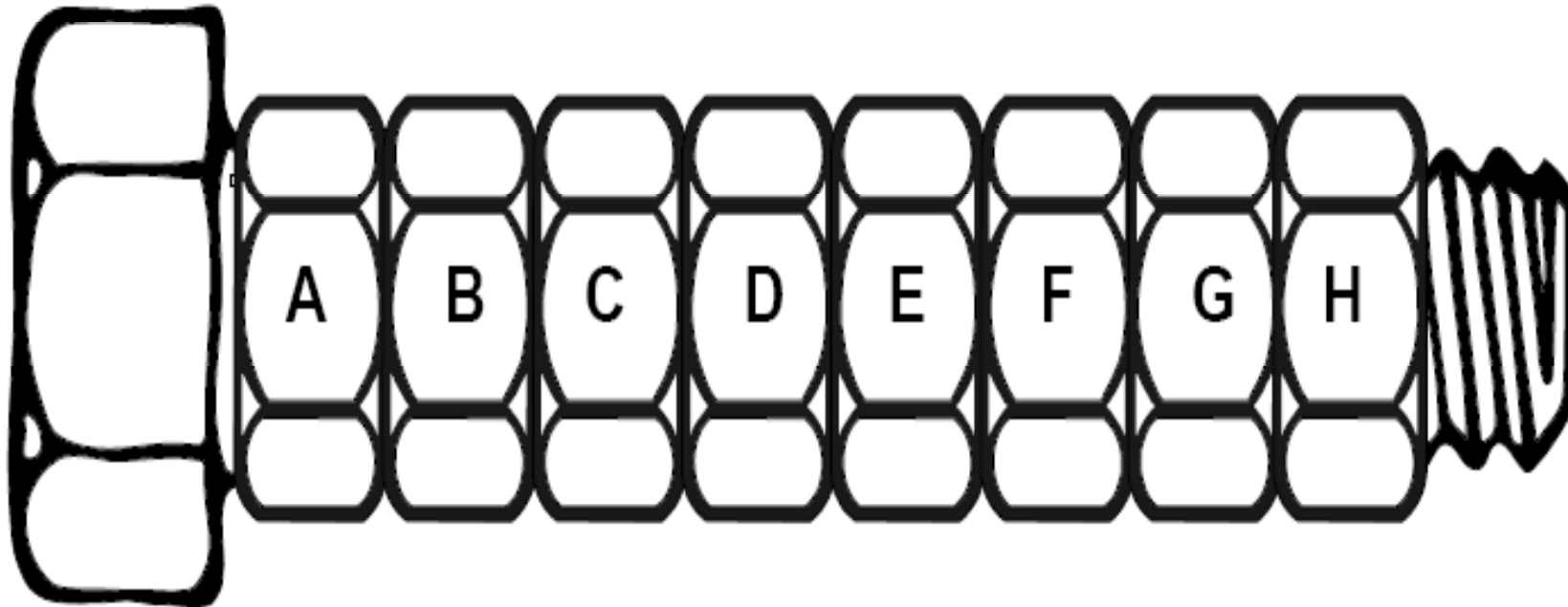
Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica





**A, B, C, D, E, F**

**10, 11, 12, 13, 14**



- Only One way to disassemble
- 40,000+ ways to error in reassembly!



# Aspectos de HF em Manutenção

## Detetabilidade



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



### **747 Engine Pylon Separation**

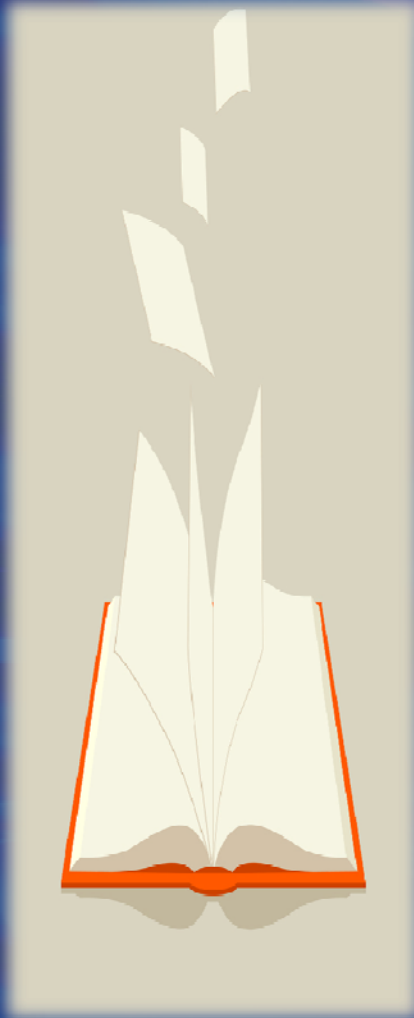
- The secondary “C” shaped retainer was removed for the NDT inspection, but not reinstalled.
- The primary “washer/nut” retainer was not supposed to be removed and it also was not reinstalled. The NTSB never identified who removed the primary retainer, or why/when.
- The inspectors failed to discover the missing retainers on the No.1 engine pylon, and did not recheck it, even after finding and reinstalling missing retainers on the No.4 engine pylon.
- The accident occurred on the runway when the aft fuse pin (with neither the primary or secondary retainer) migrated from its location, causing the forward upper link pin to fail under the increased load.

# Aspectos de HF em Manutenção

## Documentação



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



**Manuais, Procedimentos e *Check-lists*;  
Claros, abrangentes e ilustrados.**



# Aspectos de HF em Manutenção

## HF Guidelines



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

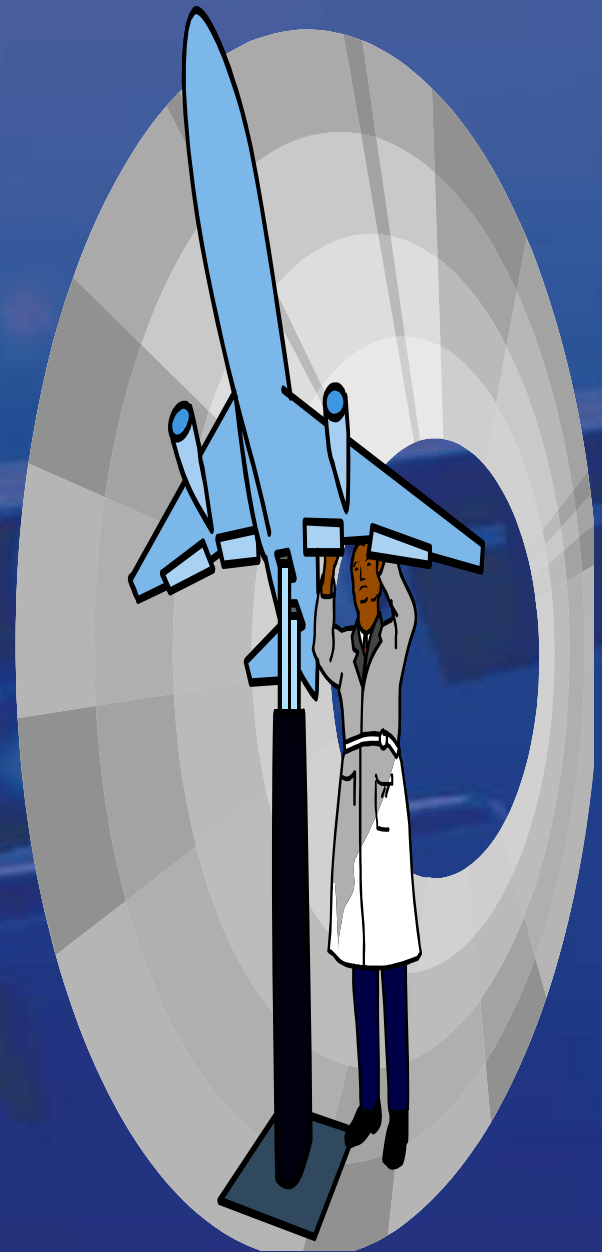
1. Projete o sistema para ser compatível com as habilidades humanas, as capacidades, as necessidades e os seus pontos fortes;
2. Projete o sistema para compensar a falha humana e suas deficiências, a fim de evitar o erro.
3. Providencie educação e treinamento capaz de solucionar qualquer problema relacionado com HF que não possam ser devidamente tratados nos 2 itens acima.



*Aviation Maintenance Management, Harry  
Kinnison*



# 4. Estruturação do Projeto de Modificação





Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

# Estruturação do Projeto de Modificação

- ▶ Projeto Elétrico-eletrônico
- ▶ Estruturas
- ▶ ...
- ▶ Aspectos de *Human Factors* e Ensaio em Voo



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

# Estruturação do Projeto de Modificação



## Requisitos Gerais e Específicos

- ✓ Cliente
- ✓ **Ambientais**
- ✓ **Certificação**
- ✓ Missão- perfil
- ✓ **Da plataforma e seu projeto original**
- ✓ **De manutenção**
- ✓ Disponibilidade
- ✓ **Treinamento**
- ✓ **Qualidade**
- ✓ Aceitação





Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

# Estruturação do Projeto de Modificação

Considere que o:

- ▶ Projetista;
- ▶ **Piloto do Projeto + Piloto Certificador** + outros;
- ▶ Responsável pela Manutenção.

Devem conhecer os aspectos funcionais e de **Human Factors** do sistema (Legislação e material complementar).



# 5. Certificação



- ▶ **PLANO DE CERTIFICAÇÃO (HFCP)**
- ▶ **REQUISITOS AFETADOS**
- ▶ Fichas de Controle de Assuntos Relevantes (FCAR) -  
Base de Certificação, Nivel Equivalente de Segurança,  
Condições Especiais etc.





### PLANO DE CERTIFICAÇÃO (HFCP)

*PSACE100 - 2001-004 on Guidance for Reviewing Certification Plans to Address Human Factors for Certification of Part 23 Small Airplanes.*

#### 1. Introduction

#### 2. System Description

##### 2.a. Intended Function

##### 2.b. Cockpit or Flight Deck Layout.

##### 2.c. Underlying Principles for Automation Logic



### PLANO DE CERTIFICAÇÃO (HFCP)

*PSACE100 - 2001-004 on Guidance for Reviewing Certification Plans to Address Human Factors for Certification of Part 23 Small Airplanes.*

#### 3. Concept of Operation Considerations

##### 3a. Pilot Characteristics

##### 3.b. Operational Considerations

##### 3.c. System Operation Procedures

##### 3.d. Training requirements.

#### 4. Certification Requirements



### *Displays - Design Philosophy - AC 25-11A*

*The applicant **should establish, document, and follow a design philosophy** for the display system that supports the intended functions (§ 25.1301). The documented design philosophy may be included as part of a system description, certification plan, or other document that is submitted to the FAA during a certification project. The design philosophy should include a **high level description** of:*





*(1) **General philosophy of information presentation** – for example, is a “**quiet, dark**” flight deck philosophy used or is some other approach used?*

*(2) **Color philosophy** on the electronic displays – the meaning and intended interpretation of different colors – for example, does magenta always represent a constraint?*

*(3) Information **management** philosophy – for example, when should the pilot take an action to retrieve information or is it brought up **automatically**? What is the intended interpretation of the **location of the information**?*



(4) **Interactivity** philosophy - for example, when and why is pilot confirmation of actions requested? When is **feedback** provided?

(5) **Redundancy** management philosophy – for example, how are **single and multiple display failures** accommodated? How are power supply and data bus failures accommodated?





*The applicant should establish and document the following human performance elements when developing a display system:*

- ✓ *Flightcrew **workload**,*
- ✓ *Flightcrew **training time** to become sufficiently familiar with using the display, and*
- ✓ *The **potential** for flightcrew **error**.*

*A **high workload** or **excessive training time** may indicate a display design that is difficult to use, requires excessive concentration, or may be prone to flightcrew errors.*





- ✓ MEMORANDUM PSACE100-2001-004 ON GUIDANCE FOR REVIEWING CERTIFICATION PLANS TO ADDRESS HUMAN FACTORS FOR CERTIFICATION OF PART 23 SMALL AIRPLANES
- ✓ AC 23-23 (STANDARDIZATION GUIDE FOR INTEGRATED COCKPITS IN PART 23 AIRPLANES)
- ✓ GAMA 12 (RECOMMENDED PRACTICES AND GUIDELINES)



- ✓ FOR AN **INTEGRATED COCKPIT/FLIGHTDECK** IN A PART 23 CERTIFICATED AIRPLANE)
- ✓ GAMA PUBLICATION NO. 10, RECOMMENDED PRACTICES AND GUIDELINES FOR PART 23 COCKPIT/FLIGHT DECK **DESIGN**)
- ✓ AC 23.1311-1B (INSTALLATION OF ELECTRONIC DISPLAY IN PART 23 AIRPLANES)



- ✓ ARP 4102-7 (ELECTRONIC DISPLAY SYMBOLOGY FOR EADI/PFD)
- ✓ AC 23-8B (FLIGHT TEST GUIDE FOR CERTIFICATION OF PART 23 AIRPLANES)
- ✓ AC 25-11A (ELECTRONIC FLIGHT DECK DISPLAYS)
- ✓ AC 25-1322 -1X (FLIGHTCREW ALERTING)



# 6. Ensaaios em Voo



# Ensaaios em Voo



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

## Baseados em Propostas de Ensaaios

- ▶ Funcionalidade
- ▶ Mau funcionamento (avisos, reconfiguração dos sistema)
- ▶ Carga de trabalho (situações críticas)
- ▶ Tempos de retardo
- ▶ Adequabilidade de cores e simbologia
- ▶ Formas e sentido do movimento dos controles

# Ensaaios em Voo



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

- ▶ Visibilidade e Vibração
- ▶ Iluminação e Reflexos
- ▶ Adequabilidade do nível auditivo dos avisos
- ▶ Prioridade de modos
- ▶ Documentação – AFM/suplemento (limitações, procedimentos normais e de emergência e desempenho)





- 1. Evolução dos Sistemas Eletrônicos**
- 2. Fatores Fisiológicos Influentes no Projeto** (Visão, Tato, Audição, Comando por voz, Tempo de reação, Workload, Consciência Situacional)
- 3. Aspectos de HF em Manutenção**
- 4. Estruturação do Projeto de Modificação**
- 5. Certificação**
- 6. Ensaio em Voo**

# Objetivo



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



Fornecer à audiência os aspectos de *Human Factors* e Ensaio em Voo que devem ser considerados durante os processos de HST, quando da conversão de aeronaves para *glass cockpit*.

# Conclusão



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

- ✈ No projeto de conversão de aeronaves para *Glass Cockpit* devem ser considerados os aspectos de HF, baseados na documentação apresentada como referência.
- ✈ Deve haver um Plano de Certificação de HF.



# Errors & Accidents\Incidents



*Causes and consequences have no symmetry in their magnitude*



# Contato



**Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica**

 [luiz.munaretto@dcabr.org.br](mailto:luiz.munaretto@dcabr.org.br)

 (12) 3203-2134