

# Seminário Internacional de VANT - 2010

## SIVANT 2010

27 a 29 de outubro de 2010

São José dos Campos - SP



### Realização



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

### Apoio



### Patrocínio





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

# ***Safety Assessment de VANT***



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

# Luiz Alberto Nolasco Fonseca



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

- Masters Degree em *Air Transport Management*, *Swinburne University*, Melbourne, Austrália, 2004.
- Engenheiro Mecânico, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF, 1979.
- Experiência de mais de 25 anos na indústria aeronáutica nas áreas de Engenharia de Manutenção e Peças de Reposição, Custos de Manutenção, Confiabilidade, Documentação Técnica e Plano de Manutenção.
- Atuou como *Managing Director* da Embraer Austrália por mais de 7 anos.
- Atua como professor do curso de Aviação Civil da Universidade Anhembimorumbi, lecionando as disciplinas: Pesquisa Operacional, Logística, Administração Aeroportuária, Manutenção de Aeronaves, Planejamento Aeroportuário, e Economia do Transporte Aéreo.
- Atualmente é gerente de engenharia da DCA-BR, e desenvolve trabalhos nas áreas de Safety e Aeronavegabilidade Continuada.

# Objetivos



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



Caracterizar tendências e procedimentos seguidos pelas autoridades aeronáuticas em relação a análises de segurança de VANT.



Identificar e descrever processos, ferramentas e documentos envolvidos com *Safety Assessment* de VANT.

# Tópicos



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

1. Cenário Regulatório Atual
2. Safety Assessment
  - a. ELOS & TLS
3. Considerações Finais

# Referências



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



## REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL

RBAC nº 25

EMENDA nº 128

**Título:** REQUISITOS DE AERONAVEGABILIDADE:  
AVIÕES CATEGORIA TRANSPORTE



## REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL

RBAC nº 23

EMENDA nº 59

**Título:** REQUISITOS DE AERONAVEGABILIDADE:  
AVIÕES CATEGORIA NORMAL, UTILIDADE,  
ACROBÁTICA E TRANSPORTE REGIONAL.



## REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL

RBAC nº 29

EMENDA nº 51

**Título:** REQUISITOS DE AERONAVEGABILIDADE:  
AERONAVES DE ASAS ROTATIVAS  
CATEGORIA TRANSPORTE.

# Análises de Safety



**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".*



# Seções XX.1309



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

- Demonstração que existe uma **relação inversa** entre a probabilidade de uma condição de falha e suas consequências





# Seções XX.1309 (cont.)



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

- Definem que falhas catastróficas devem ser **extremamente improváveis** e que falhas hazardous devem ser improváveis



# Seções XX.1309 (cont.)



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

- ACs propõem objetivos de safety e os definem de forma **qualitativa** e **quantitativa** para falhas catastróficas e hazardous

**U.S. Department of Transportation  
Federal Aviation  
Administration**

## Advisory Circular

---

Subject: **SYSTEM SAFETY ANALYSIS AND ASSESSMENT FOR PART 23 AIRPLANES**      Date: 1/16/09      AC No: 23.1309-1D  
Initiated by: ACE-100

---

This advisory circular (AC) sets forth an acceptable means of showing compliance with Title 14 of the Code of Federal Regulations (14 CFR) § 23.1309(a) and (b) (Amendment 23-49) for equipment, systems, and installations in 14 CFR part 23 airplanes.

This AC is not mandatory and does not constitute a regulation. It is issued for guidance purposes and to outline a method of compliance with the rules. An applicant may elect to follow an alternative method, provided the FAA finds it to be an acceptable means of complying with the applicable requirements of 14 CFR. However, if the applicant uses the means described in the AC, they must follow it in all important respects.

s/ James E. Jackson  
Acting Manager, Small Airplane Directorate  
Aircraft Certification Service

# Cenário Atual da Indústria



**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".*

# Regulamentos e Regras



**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".*





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

# Padrões Internacionais



EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY  
AGENCE EUROPÉENNE DE LA SÉCURITÉ AÉRIENNE  
EUROPÄISCHE AGENTUR FÜR FLUGSICHERHEIT



Australian Government  
Civil Aviation Safety Authority



NATO  
|  
OTAN





U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION  
FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION

**ORDER  
8130.34**

National Policy

3/27/2008

**SUBJ:** Airworthiness Certification of Unmanned Aircraft Systems

This order establishes procedures for issuing a special airworthiness certificate in the experimental category for the purposes of research and development, market survey, or crew training to unmanned aircraft systems. The procedures in this order apply to Federal Aviation Administration (FAA) manufacturing aviation safety inspectors (ASI) and to FAA airworthiness ASIs.

## Safety checklist:

- Containment
- Lost Link
- Flight Termination



# CASA



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



## Civil Aviation Safety Regulations

Part 101

Unmanned aircraft and  
rockets

UAV operations should be as safe as manned aircraft insofar as they should not present or create a hazard to persons or property in the air or on the ground greater than that created by manned aircraft of equivalent class or category



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

# EASA



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

*A-NPA No 16-2005*

## **ADVANCE -NOTICE OF PROPOSED AMENDMENT (NPA) No 16/2005**

**Policy for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) certification.**



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

Directorate of Airspace Policy

**CAP 722**



## Unmanned Aircraft System Operations in UK Airspace – Guidance



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



## UAV Systems Airworthiness Requirements (USAR) for North Atlantic Treaty Organization (NATO) Military UAV Systems

*draft STANAG 4671*

Edition 1 – March 22<sup>nd</sup>, 2007





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

# Safety Assessment de VANT



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



# Abordagem



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

1. Identificação de Hazards Críticos
  - a. Avaliação e categorização dos efeitos adversos decorrentes das possíveis falhas funcionais
  - b. Estimativa dos riscos dos efeitos adversos
2. Identificação das estratégias de controle e mitigação dos riscos
  - a. Análises das implicações resultantes das restrições/requisitos para a operação



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

# Hazards Críticos

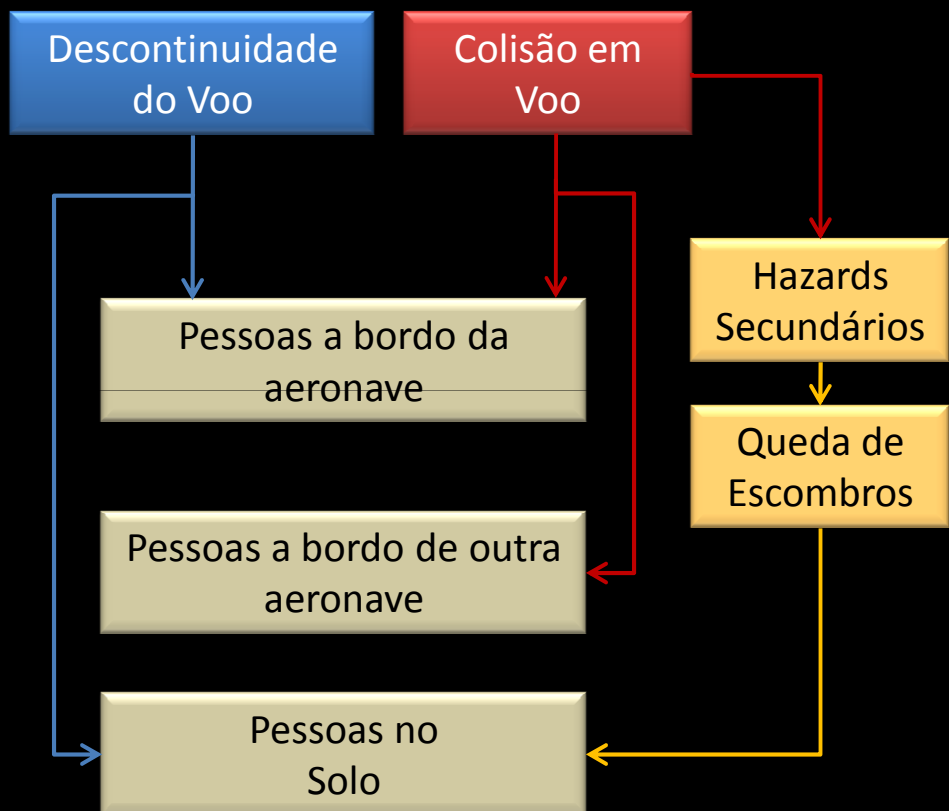


*"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".*

# Hazards Primários das Aeronaves Tripuladas



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



# Taxa Geral de Acidentes



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

Taxas de Acidentes	Acidentes / Hora de Voo
Acidentes	$5.60 \times 10^{-05}$
Acidentes que resultaram em fatalidades	$1.90 \times 10^{-05}$
Acidentes que resultaram em fatalidades no solo	$1.48 \times 10^{-07}$



Fonte: NTSB 1984-2004 Reece Clothier, Rodney Walker (QUT 2006)

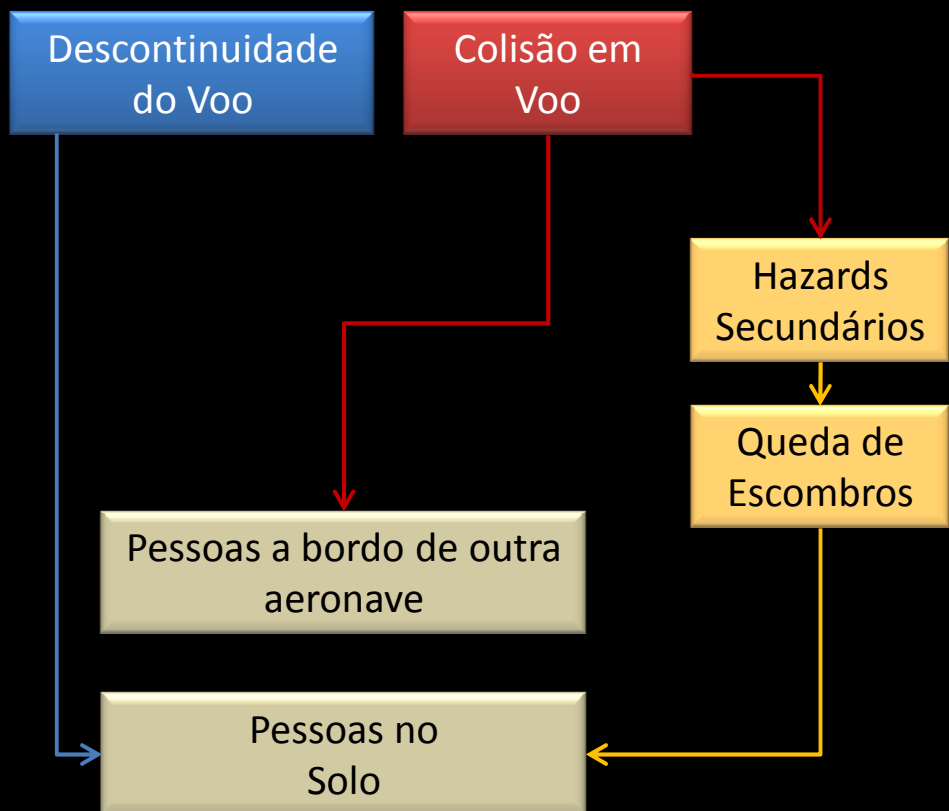
*"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".*



# Hazards Primários da Atividades de VANT



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



# Taxas de Fatalidades e Acidentes Causados por Colisão em Voo



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

Taxa de Acidentes	Número de Acidentes por hora de voo
Acidentes em voo	$4.10 \times 10^{-07}$
Acidentes Fatais	$2.32 \times 10^{-07}$
Acidentes em voo que resultaram em pelo menos uma fatalidade no solo	$4.40 \times 10^{-09}$
Taxa de Fatalidades	Número de fatalidades por hora de voo
Taxa a bordo	$8.08 \times 10^{-09}$
Taxa no solo	$2.22 \times 10^{-09}$

Fonte: Reece Clothier, Rodney Walker (QUT 2006)

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



# Padrão Colisões em Voo



**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".*

# Histórico de Colisões em Voo da Aviação Geral



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

Ano	Eventos MAC	Horas de Operação (milhões)	Taxa por 10 <sup>6</sup> Horas de Voo
1991	18	27.2	0.66
1992	11	24.8	0.44
1993	13	22.8	0.57
1994	11	22.2	0.5
1995	14	24.9	0.56
1996	18	24.9	0.72
1997	13	25.5	0.51
1998	14	26.8	0.52
1999	15	29.5	0.51
2000	19	30.8	0.62
2001	5	25.9	0.19
2002	7	25.9	0.27
Média	13.17	25.93	0.51

Fonte: Aircraft Owners and Pilots Association (AOPA) Air Safety Foundation

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

# Taxas de Fatalidades no Solo por Regulamento



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

Tipo	Fatalidades no solo por milhão de horas de voo		
	Análise NTSB <sup>(1)</sup>	Weibel <sup>(2)</sup> (10,17)	Marinha EUA <sup>(3)</sup> (6,15)
Aviação Geral	0.084	0.5	0.466
Táxi Aéreo e Commuter	0.0997	N/A	0.7 Aviação Comercial
Regular	0.0313	0.5	
Todos	0.076	N/A	1.0 <sup>(4)</sup>

(1) Base de dados do NTSB (1984 – 2004)

(2) Baseado nos dados das empresas aéreas regulares e da aviação geral extraídos da base de dados do NTSB (1983 – 2003)

(3) Base de dados do NTSB (1982 – 1998)

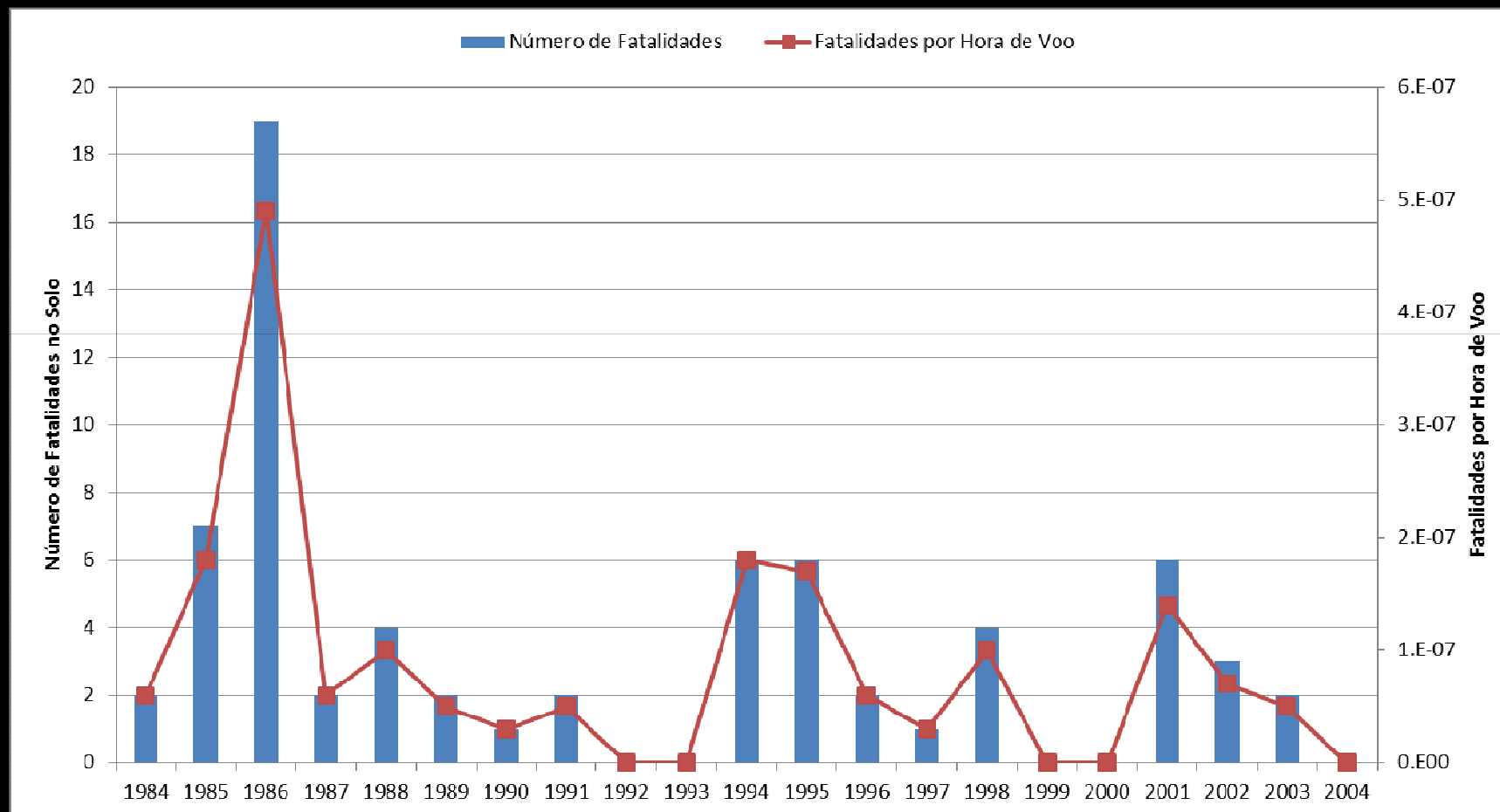
(4) Objetivo comum de safety

Fonte: Reece Clothier, Rodney Walker (QUT 2006)

# Fatalidades Involuntárias no Solo



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



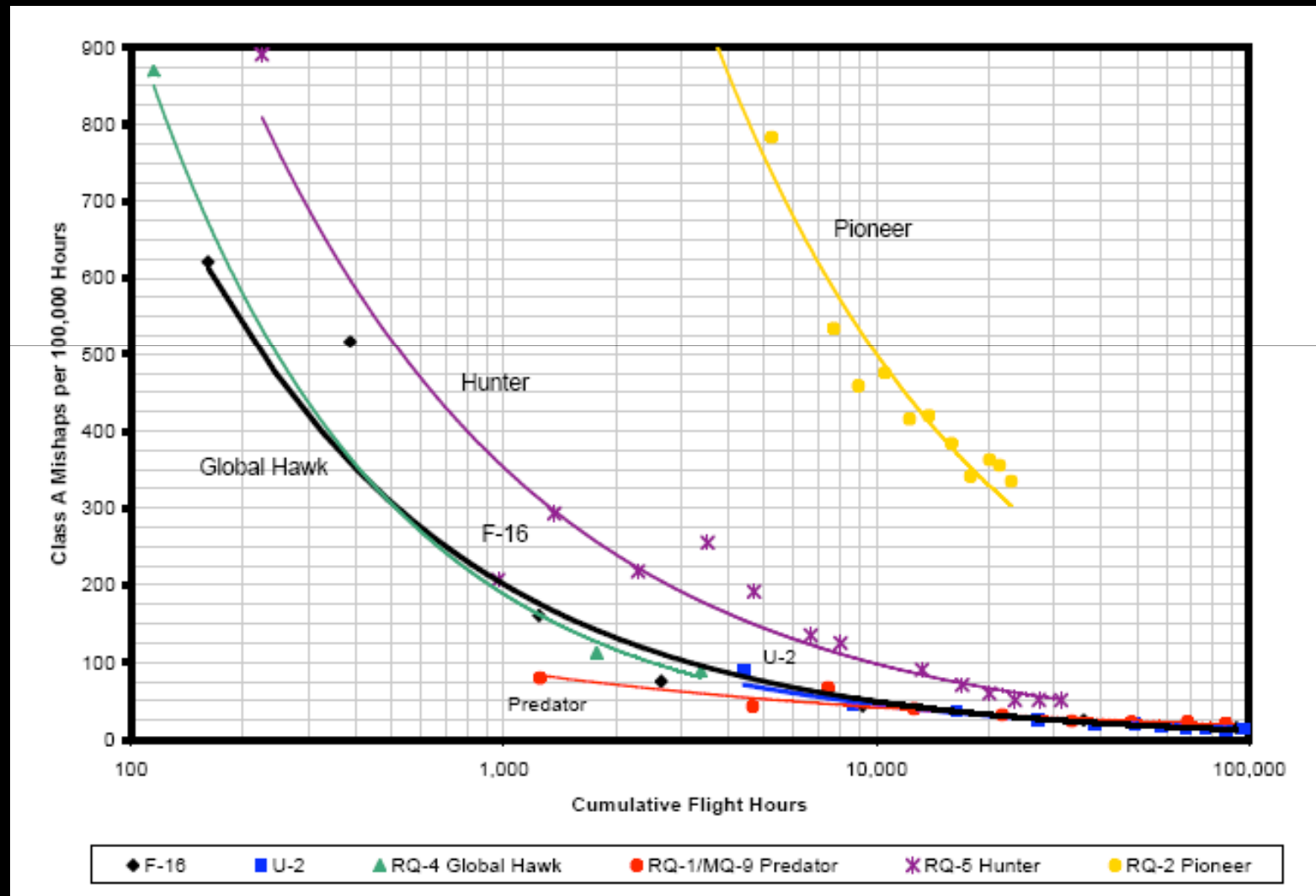
Fonte: Reece Clothier, Rodney Walker (QUT 2006)

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

# US Military Aircraft and UAV Mishap Rates, 1986-2001



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".

Fonte: US Secretary of Defense



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

# ELOS & TLS

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



# ELOS – Nível Equivalente de *Safety*



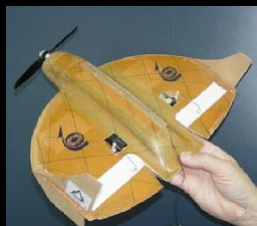
Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

- Atualmente não existe nenhum padrão universalmente aceito descrevendo os requisitos de Equivalent Level of Safety (ELOS) para VANT.
- Expectativas de casualidades são comumente utilizadas como medidas de risco e desta forma podem ser consideradas como uma métrica para descrever os requisitos de ELOS.
- Uma expectativa limite de  $1 \times 10^{-06}$  por hora de voo já foi proposta como ponto de partida para ELOS de VANT
- QUT propôs outro critério de expectativa de  $7.6 \times 10^{-08}$  por hora de voo que foi calculado com base em uma revisão dos registros de acidentes com fatalidades involuntárias no solo a partir de aviões convencionais.

# Classificação de VANTs

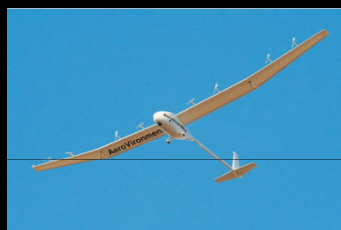


Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



Micro

Mini



Short Range



Tactical



High Altitude

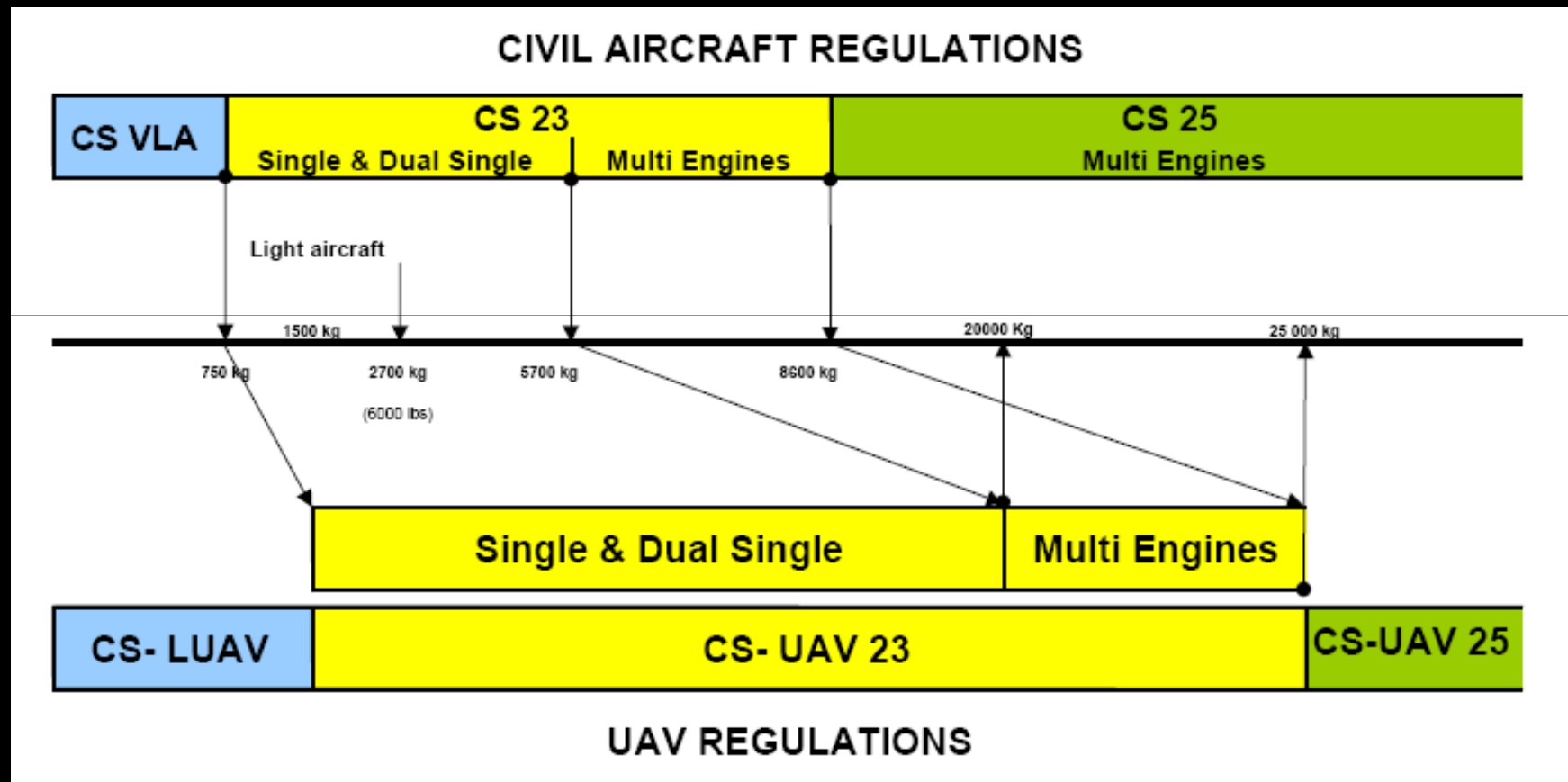
Fonte: MIT, R. Weibel & R. John Hansman

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

# Peso do VANT x Regulamentos



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



# Energia Cinética



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

- Dois cenários de impacto:
  - a. *Descida não premeditada*
  - b. *Perda de Controle*





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

# TLS

## Nível de Segurança Pretendido



# Abordagem para a definição dos objetivos de safety de um VANT



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

Performance da Segurança da Atividade da Aviação com Tripulantes

Definição de Hazards  
Comuns



Análises Históricas de  
Hazards

ELOS - Mecanismo de Comparação entre VANTs e Aeronaves  
Tripuladas



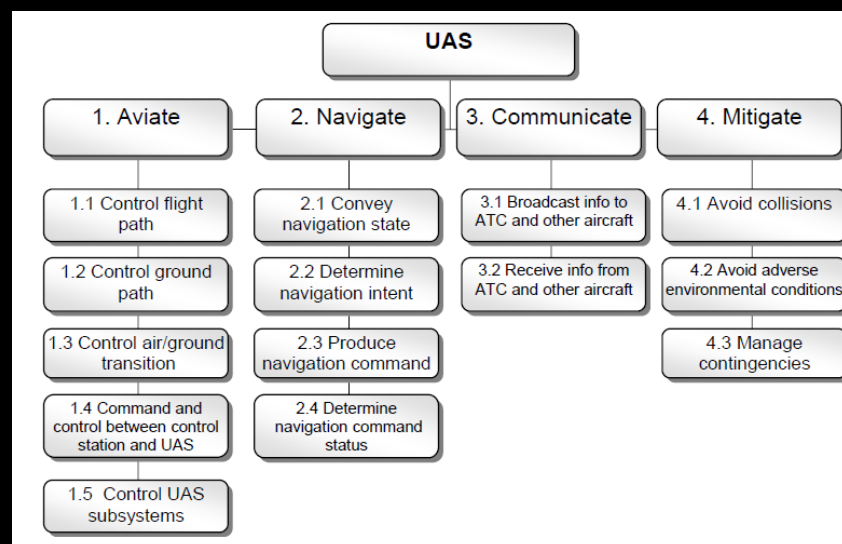
Definição dos Objetivos de Segurança de Alto Nível para Diferentes  
Categorias de VANTs

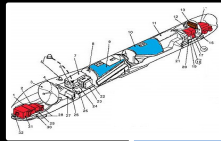
# Definição do Nível de Segurança Pretendido



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

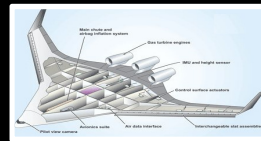
- **Análise da Segurança Operacional (OSA)**
  - 1º Estágio - Definição do ambiente operacional (OED)
    - Lista detalhada das funções
    - Hardware e software
    - Fatores humanos e ambientais que influenciam safety
  - 2º Estágio – Safety Analysis (SSA)





### Concept Development

- UAS Functions
- UAS Architectures
- UAS Requirements



### Preliminary Design

- Sys Functions
- Sys Architectures
- Sys Requirements



### Detailed Design

- Detailed Functions
- Detailed Architectures
- Detailed Requirements



### Design Validation & Verification

- Tests
- Analyses

#### UAS FHA

- Functions
- Hazards
- Effects
- Classifications

#### System FHA

- Functions
- Hazards
- Effects
- Classifications

# 2º Estágio OSA

### UAS FTAs

- Qualitative
- System Budgets
- Intersystem Dependencies

### PSSAs

System FTAs

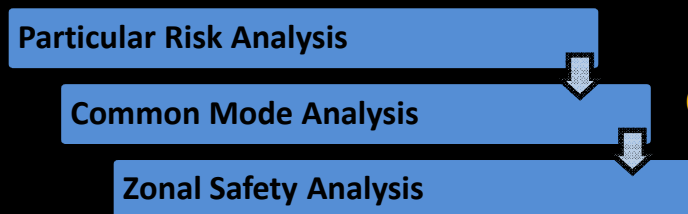
- Qualitative
- Subsystem Budgets

### SSAs

System FMEAS/FMES

### System FTAs

- Quantitative
- Failure Rates



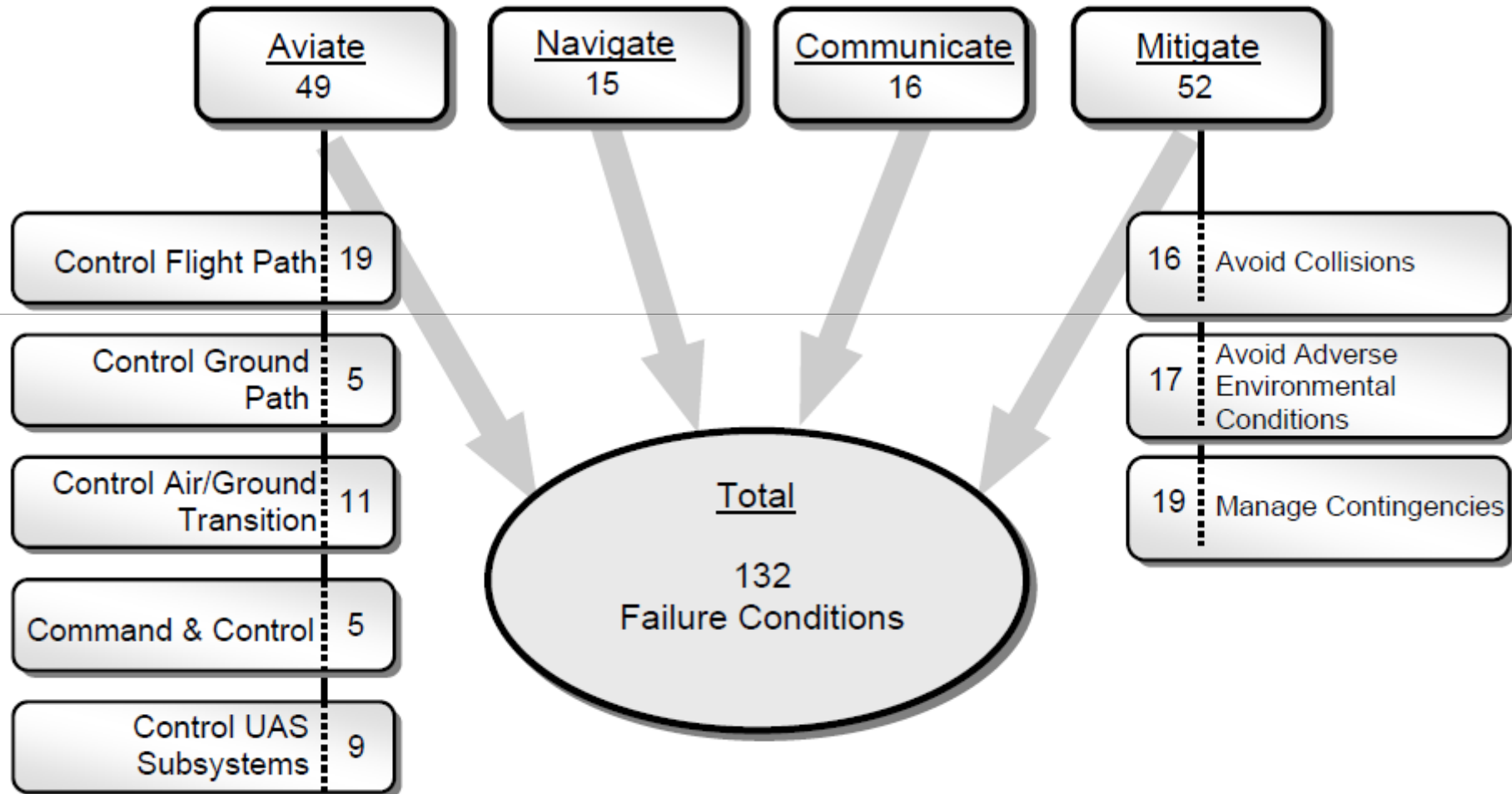
### CCAs

Fonte: SAE ARP 4761

# FHA



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica



# Padrões de Análise de Safety



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

- FAA System Safety Handbook
- AMJ 25.1309/FAA AC 23.1309
- RTCA DO-160 – Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment
- RTCA DO-178 Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification
- SAE ARP 4761 – Guidelines and Methods for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Airborne Systems and Equipment
- SAE ARP 926 – Fault/Failure Analysis Procedure

# Considerações Finais



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

- O ambiente operacional é fator determinante na abordagem de *safety assessment* de VANT
  - O risco da operação em áreas congestionadas poderá resultar no desenvolvimento de regulamentos mais restritivos em termos de confiabilidade (ex.: ETOPS)
- O peso do VANT deverá ser utilizado como diferenciador de requisitos de certificação
  - O risco aumenta com o peso do VANT
  - O risco não aumenta significativamente para VANTs “pequenos” (abaixo de 150kg)
- Os projetos de VANT deverão considerar tecnologias para limitar a energia de impacto (no solo ou em voo) e a possibilidade de colisões em voo.



# Obrigado!



Organização Brasileira  
para o Desenvolvimento  
da Certificação Aeronáutica

**“Eu aprendi que o perigo é relativamente pequeno, mas que a inexperiência pode funcionar como uma lupa.”**

**Charles Lindbergh**

**luiz.nolasco @ dcabr.org.br**

