CENÁRIO ATUAL E FUTURO A RESPEITO DE UTILIZAÇÃO DE VANTS NO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO E OS NÍVEIS DE SEGURANÇA ESPERADOS

Cristiane Paschoali de Oliveira
Paulo Sérgio Cugnasca
Universidade de São Paulo
Escola Politécnica

RESUMO
A presença de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) nas atividades civis vem crescendo a cada dia, com finalidades cada vez mais diversas. Os sobrevôos desses veículos sobre áreas povoadas e cidades torna-se inevitável em algumas dessas utilizações. Assim, estudos para descobrir e demarcar os níveis de confiabilidade e segurança exigidos para que as operações destes veículos não coloque em risco a vida humana e as propriedades tornam-se necessários. O presente estudo tem por objetivo a adaptação de um modelo norte-americano para estes cálculos à realidade brasileira.

ABSTRACT
The presence of Unmanned Air Vehicles (UAVs) in civil activities are continuously growing with diverse purposes. These vehicles may flight over populated areas and cities depending on of the particular application. As a consequence, studies to assess the levels of reliability and safety required in the operation of these kinds of vehicles to avoid risks to human life become necessary. This paper aims to present a study of the adaptation of a North American model for these assessment considering the Brazilian reality.

1. INTRODUÇÃO
A utilização dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), ou *Unmanned Aerial Vehicles* (*UAVs*), no espaço aéreo mundial já é uma realidade. Vários estudos têm sido feitos no sentido de se criar regulamentações, padrões e normas que façam uma integração transparente dos VANTs com as aeronaves tripuladas que já ocupam o espaço aéreo.

Nos Estados Unidos existe um consórcio entre os fabricantes de VANTs, a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e o Departamento de Defesa Norte-Americano (DoD), chamado *Access Five*, cujo objetivo é desenvolver rotinas de operação para vôos de VANTs em altitudes elevadas e longa autonomia, assim como para o desenvolvimento de padrões nessa emergente área. Na Europa há o USICO (*UAV Safety Issues for Civil Operations*). O Reino Unido publicou um material de aconselhamento para operação de VANTs no espaço aéreo civil e a Austrália promulgou regulamentações permitindo a certificação de várias classes de VANTs (CASA, 2006).

No Brasil já existem esforços na direção da utilização de VANTs, seja na aviação civil, seja em ambiente militar. Assim como no cenário internacional, as primeiras utilizações de Veículos Aéreos Não Tripulados nasceram nas atividades militares. Houve, no início da década de 80, o desenvolvimento do projeto Acauã que visava a confecção de um alvo aéreo manobrável para auxílio no projeto do míssil Piranha. O projeto foi paralisado em 1988 por falta de recursos orçamentários. No momento existe, no ambiente militar, o Projeto VANT (d'Oliveira, 2005) e, no ambiente civil, o Projeto Arara (Vasconcelos, 2006), entre outros.

Tomando como uma realidade a caminhada do Brasil rumo à utilização de VANTs, tanto civil como militarmente, há a necessidade de estudos acerca dos níveis de confiabilidade e segurança destas aeronaves, de tal forma que elas se integrem com as aeronaves tripuladas e com os sistemas de navegação e controle existentes atualmente, demonstrando, no mínimo, os mesmos índices de segurança e confiabilidade já verificados.

2. CENÁRIO ATUAL DOS VANTS NO BRASIL
O Brasil tem em seu histórico alguns projetos militares com utilização de VANTs, como o projeto Acauã, cujo protótipo pode ser visto na Figura 1 (d'Oliveira, 2005), iniciado na década de 80 e descontinuado por falta de recursos orçamentários. Tal projeto deu origem ao projeto AAM (Alvo Aéreo Manobrável), que perdurou até o ano de 1990 e foi utilizado em alguns ensaios do míssil Piranha. Atualmente existe outro projeto militar em andamento, o de Projeto VANT. Este projeto integra o Exército, a Marinha e a Aeronáutica, além de outras instituições, como a FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), a Fundação Casimiro Montenegro Filho e a Avibras, sendo coordenado pelo CTA (Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial). Seu objetivo é o "*domínio*

de tecnologia sensíveis utilizadas em VANTs, através do desenvolvimento do Sistema de Navegação e Controle (SNC), permitindo sua utilização, com pequenos ajustes, em diferentes tipos de plataformas, com ênfase no emprego de VANT em missões de reconhecimento, tanto militares quanto civis" (d'Oliveira, 2005).



Figura 1: Protótipo do projeto Acauã em seu 1° vôo no CTA, em dezembro de 1985 (d'Oliveira, 2005)

O Projeto VANT tem seu cronograma apresentado na Figura 2, sendo que já está em andamento desde 2005 e seus objetivos mais específicos para cada uma das Forças Armadas são: VANT de enlace de comunicações e VANT de reconhecimento, para a Aeronáutica; Alvo Aéreo de baixo custo, para o Exército; e VANT de Reconhecimento (embarcado) e Alvo Aéreo de alto desempenhom, para a Marinha.

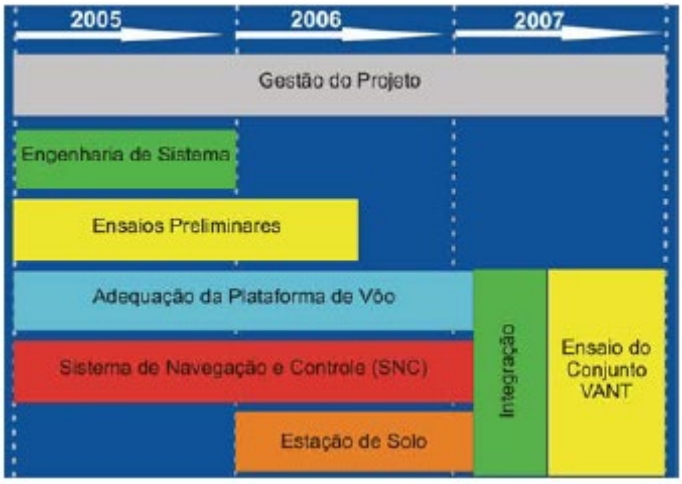


Figura 2: Cronograma do projeto VANT (d'Oliveira, 2005)

Na área civil também existem projetos em andamento, entre eles o projeto Arara (Aeronaves de Reconhecimento Assistidas por Rádio e Autônomas) (Vasconcelos, 2006). Esse projeto envolve pesquisadores e técnicos da USP-São Carlos (Universidade de São Paulo), da AGX Tecnologia e da EMBRAPA Instrumentação Agropecuária. Os VANTs deste projeto são utilizados para monitoramento agrícola e ecológico. O monitoramento é realizado por meio da coleta de imagens de vídeo e de fotografias. Uma destas imagens coletadas pode ser visualizada na Figura 3, apresentando a foto de uma plantação de citrus obtida por um VANT a 600 metros de altitude. Além de coletar imagens no espectro de luz visível, estes VANTs possuem câmeras acopladas que também permitem obter imagens na região do infravermelho distante, podendo, desta forma, detectar focos de incêndio e a presença de animais.

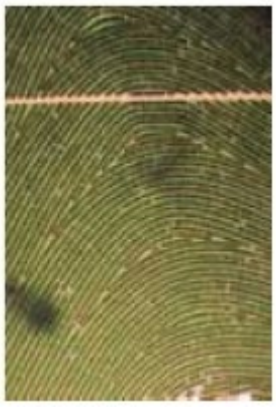


Figura 3: Imagem de uma plantação de citrus, tirada a 600 metros de altitude por um VANT (Vasconcelos, 2006) – Crédito: USP/Embrapa

Outro projeto na área civil é o Aurora (*Autonomous Unmanned Remote Monitoring Robotic Airship*), envolvendo o CenPRA (Centro de Pesquisas Renato Archer), FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), USP de São Carlos, EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A.), entre várias outras instituições nacionais e internacionais. O objetivo é o desenvolvimento de um VANT, no caso um dirigível, para operar a baixas altitudes e baixas velocidades, proporcionando uma aquisição precisa e seletiva de informações. O projeto continua em desenvolvimento (Vasconcelos, 2003; Bueno, 2005).

Um dos grandes desafios para a utilização dos VANTs é a construção de veículos autônomos que possam tomar decisões baseadas em dados coletados e processados em tempo real, decisões estas que cheguem próximas àquelas tomadas pelos seres humanos em situações de risco e emergenciais, mas que não levem a erros.

Não existe, no momento, legislação aprovada no Brasil para operação de VANTs. Há a proposta de uma RBHA (Regulamentos Brasileiros de Homologação Aeronáutica) de número 100, que contém normas para a operação de Veículos Aéreos Não Tripulados. Este documento prevê a classificação dos VANTs em três tipos (DAC, 2004):
a) Tipo 1: peso máximo de decolagem igual ou inferior a 20 kg, operado por controle remoto.
b) Tipo 2: peso máximo de decolagem superior a 20 kg, operado por controle remoto.
c) Tipo 3: qualquer peso máximo de decolagem, operado por controle autônomo.

O documento apresenta regras para vôo dos VANTs do Tipo 1 e Tipo 2, não autorizando a operação no espaço aéreo brasileiro dos VANTs classificados como Tipo 3. A proposta da RBHA 100 foi retirada do DAC (Departamento de Aviação Civil), agora Anac (Agência Nacional de Aviação Civil), por não atender às normas da ICAO (*International Civil Aviation Organization*). Sem regras estabelecidas, o vôo de VANTs civis no Brasil, no presente momento, é autorizado com análise caso-a-caso, sempre em espaço aéreo condicionado.

3. POSSÍVEIS CENÁRIOS FUTUROS

No ambiente militar, são inegáveis os avanços na utilização de VANTs, por vários motivos a destacar. VANTs não possuem um piloto, o que permite que estas aeronaves possam realizar missões que exigiriam uma cautela considerável para não expor a vida humana a riscos. Assim sendo, sua utilização em missões de reconhecimento, espionagem e ataques são adequadas, só para citar alguns exemplos, e apresentam uma forte tendência de crescimento.

No ambiente civil, as aplicações possíveis oferecem um leque muito grande de possibilidades, entre elas (Weibel e Hansman, 2005):

- Sensoriamento remoto: monitoramento de linhas de energia, mapeamento cartográfico, meteorologia, geologia, agricultura.
- Resposta a desastres: monitoramento de enchentes, gerenciamento de incêndios florestais.
- Vigilância: monitoramento do tráfico, patrulha marítima e costeira, patrulha de fronteiras.

- Busca e resgate.
- Transporte de carga.
- Transmissão de comunicação: Internet, telefonia celular.
- Entretenimento: cinematografia, propaganda.
- Transmissão: televisão e rádio.

4. NÍVEIS DE CONFIABILIDADE ESPERADOS

Uma das grandes preocupações quando se pensa na utilização de VANTs é como integrá-los, o mais transparentemente possível, à operação com os sistemas e aeronaves tripuladas já existentes. E isto sem diminuir os níveis de segurança alcançados sem os VANTs. A falta de regulamentação e padronização é uma barreira muito grande para se atingir este objetivo.

Visando o início de estudos que levassem a alguns parâmetros de operação para os VANTs civis, o MIT-ICAT *(Massachusetts Institute of Technology – International Center for Air Transportation*) realizou um estudo cujo foco era estabelecer considerações a respeito de segurança para a operação de VANTs no espaço aéreo norte-americano (Weibel e Hansman, 2005). Deste estudo foi retirada a metodologia, definida e detalhada na seqüência, para os cálculos de confiabilidade esperada que serão realizados para o cenário brasileiro na seção de Estudo de Caso. Como não há um acúmulo suficiente de horas de vôo de VANTs civis para serem utilizadas nos comparativos quanto aos níveis de segurança verificados e os esperados, são utilizados dados de estudos a respeito de confiabilidade e segurança em aeronaves civis tripuladas.

Existe um relatório detalhado do Departamento de Defesa dos Estados Unidos com considerações a respeito de confiabilidade, segurança, disponibilidade e uma série de outros indicativos dos seus VANTs militares. Estes cálculos se baseiam na análise da base de dados coletada com o acúmulo de 100 mil horas de vôo destes VANTs, de 1986 até 2002, em 22.000 vôos. Como os objetivos e modo de operação de VANTs civis e militares diferem muito, estes dados não são utilizados como comparativo no estudo de caso presente neste trabalho.

Para a análise de riscos dos vôos de VANTs utilizam-se as graduações identificadas na Tabela 1. A classificação dos níveis de severidade está demonstrada na Tabela 2. Na Tabela 3 está uma definição qualitativa da probabilidade das ocorrências. Estas três tabelas se baseiam em definições da FAA (*Federal Aviation Administration*) em seu *System Safety Handbook* (FAA, 2005). Tais definições são aprovadas pelo FAA SEC (*System Engineering Council*) para serem usadas durante todas as fases de aquisição do ciclo de vida de um sistema.

Tabela 1: Tabela de causa-consequência no gerenciamento de risco

Severidade / Probabilidade	Sem Efeito na Segurança	Pequena	Grande	Perigoso	Catastrófico
Provável	Baixo Risco	Médio Risco	Alto Risco	Alto Risco	Alto Risco
Remoto	Baixo Risco	Baixo Risco	Médio Risco	Alto Risco	Alto Risco
Extremamente Remoto	Baixo Risco	Baixo Risco	Baixo Risco	Médio Risco	Alto Risco
Extremamente Improvável	Baixo Risco	Baixo Risco	Baixo Risco	Baixo Risco	Médio Risco

Tabela 2: Definições de severidade do *System Safety Handbook* da FAA

Nível de Severidade	Definição
Catastrófico	Resulta em múltiplas fatalidades e/ou perda do sistema
Perigoso	Reduz a capacidade do sistema ou a habilidade do operador para lidar com condições adversas, tais como: – Grande redução na segurança ou capacidade funcional – Desgaste físico da tripulação e/ou aumento excessivo da carga de trabalho de tal maneira que os operadores não consigam desempenhar as tarefas requeridas com exatidão ou completamente Danos sérios ou fatais para um pequeno número dos ocupantes da aeronave (exceto os operadores) Danos fatais ao pessoal de solo e/ou público em geral
Grande	Reduz a capacidade do sistema ou do operador de lidar com condições de operação adversas, tais como: – Significante redução na margem de segurança ou capacidade funcional – Aumento significativo da carga de trabalho do operador – Condições que prejudiquem a eficiência do operador ou aumente significativamente o seu desconforto
	– Desgaste físico aos ocupantes da aeronave (exceto os operadores) incluindo danos – Graves doenças ocupacionais e/ou graves danos ambientais e/ou graves danos à propriedade
Pequeno	Sem redução significativa da segurança do sistema. As ações requeridas pelo operador estão dentro de suas capacidades. Inclui: – Leve redução na margem de segurança e capacidades funcionais – Leve aumento na carga de trabalho tal como mudanças no plano de vôo – Algum desconforto físico aos ocupantes da aeronave (exceto operadores) – Pequenas doenças ocupacionais e/ou pequeno dano ambiental e/ou pequeno dano à propriedade
Sem efeito na segurança	Não tem efeito na segurança

Tabela 3: Definição qualitativa da probabilidade de ocorrência

Probabilidade	Definição
Provável	Previsto para ocorrer uma ou mais vezes durante toda a vida operacional do sistema ou de um item
Remoto	Improvável que ocorra a cada item do sistema durante toda sua vida. Pode ocorrer algumas vezes na vida inteira de um sistema ou frota.
Extremamente remoto	Não está previsto que ocorra durante a vida total de cada item do sistema. Pode ocorrer poucas vezes na vida inteira do sistema ou frota.
Extremamente improvável	Tão improvável que não está previsto que ocorra durante toda a vida operacional de um sistema ou frota.

Uma diferença significativa entre a operação de veículos tripulados e não tripulados pode ser notada com a análise da Tabela 2. Como nos VANTs não há tripulação e, até o momento, também não há passageiros, os danos relacionados a eles não existem. A ocorrência mais perigosa possível é o dano ao público em geral, assim como a outras aeronaves. A destruição de um VANT não significa, em um primeiro momento, um risco de segurança e, tampouco, é catastrófico, devido à sua natureza.

O fundamental para o gerenciamento do risco é se certificar de que os perigos estão sob controle ou que então foram mitigados para níveis aceitáveis. O objetivo é garantir que os eventos de conseqüências mais graves irão ocorrer com uma freqüência muito pequena, ou que serão eliminados definitivamente.

Para o início do estudo para se chegar aos níveis esperados de segurança, uma árvore de eventos é elaborada para o evento "impacto com o solo", que pode ser vista na Figura 4. Este, juntamente com a colisão em vôo com alguma outra aeronave, é o evento mais grave esperado. O presente estudo se aterá somente a análise do impacto de um VANT com o solo.



Figura 4: Árvore de eventos para impacto de um VANT com o solo (Weibel e Hansman, 2005)

As falhas em um VANT ocorrem a uma taxa média denominada MTBF (*Mean Time Between Failures*), ou Tempo Médio Entre Falhas, indicando a confiabilidade medida do sistema. O número esperado de falhas por hora é o inverso do termo. As falhas são associadas com qualquer tipo de ação que possa ocasionar um acidente, incluindo falhas de software e mecânicas, erros humanos, ou a combinação de eventos que possam levar a um impacto do veículo com o solo.

O impacto do VANT com o solo expõe a população em geral ao risco, mas não necessariamente resulta em fatalidades. O impacto com o solo vai expor ao perigo uma área correspondente ao alcance dos destroços, estimada pelo termo Aexp (em metros quadrados). O número de pessoas que será exposta ao perigo é o produto da área de alcance pela densidade populacional da região, medida por ρ, que corresponde ao número de habitantes por metro quadrado. Outro aspecto importante é a probabilidade de um VANT, ou seus destroços, poderem penetrar em abrigos (casas, carros, prédios, etc.). Este cálculo é efetuado levando em consideração a massa do VANT e as velocidades que podem ser atingidas por eles, e está representado no modelo pelo termo Ppen. Outro fator relevante é a mitigação, indicada por Pmit, das conseqüências de um impacto com o solo. Para os cálculos do estudo, será considerado que não houve nenhuma mitigação, para que se chegue ao pior caso possível, ou seja, nada foi feito para amenizar as conseqüências do impacto de um VANT com o solo.

Utilizando-se todos estes fatores, os pesquisadores do MIT chegaram à Equação 1 (Weibel e Hansman, 2005), que será utilizada no modelo para os cálculos de níveis de segurança esperados. Um ponto importante é qual o nível de segurança que deve ser colocado como parâmetro para os cálculos, o Nível de Segurança Esperado (NSE). Como não existe nenhuma regulamentação e nem recomendações para VANTs neste sentido, foi utilizado o valor $1x10^{-7}$ fatalidades por hora de operação, que corresponde aos níveis recomendados pela FAA para eventos de segurança perigosos.

$$NSE = \frac{1}{MTBF} \times A\exp \times \rho \times Ppen \times (1 - Pmit) \qquad (1)$$

5. ESTUDO DE CASO

Como não existe uma classificação formal dos VANTs no Brasil, será utilizada a mesma classificação do estudo realizado pelo MIT, em que são consideradas seis categorias de VANTs, apresentadas na Tabela 4 (Weibel e Hansman, 2005).

Tabela 4: Classes de VANT para análise de impacto com o solo (Weibel e Hansman, 2005)

Veículo representante	Peso aproximado (kg)	A_{exp} (m^2)	P_{pen} estimado
Pesado	273.289	715,353408	100%
HALE[1]	11.612	83,612736	90%
MALE[2]	1.020	33,445094	60%
Tático	159	2,787091	25%
Mini	4,35	1,300643	10%
Micro	0,06	0,024155	5%

Os dados das densidades demográficas utilizados estão no *site* do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) sendo, provavelmente, referentes ao ano de 2000 (IBGE, 2006). Para o estudo de caso foi selecionada a Região Sudeste. A representação das densidades demográficas pode ser verificada na Figura 5.

Para cada uma das faixas de densidade populacional foi aplicada a Equação 1, os resultados tabulados e geradas faixas de MTBF correspondes para cada categoria de VANTs. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 5, Tabela 6, Tabela 7, Tabela 8, Tabela 9 e Tabela 10, expressando as faixas de MTBF (em horas entre fatalidades) necessárias para se obter o Nível de Segurança Esperado (NSE) em cada região de legenda do mapa.

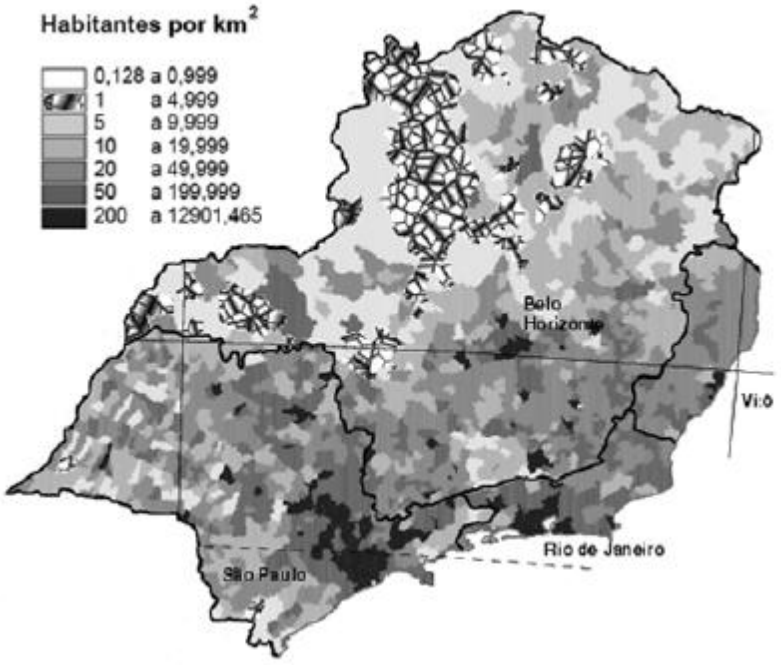


Figura 5: Densidade demográfica da Região Sudeste (IBGE, 2006)

[1] *High Altitude, Long Endurance*
[2] *Medium Altitude, Long Endurance*

Tabela 5: Confiabilidade requerida por um VANT Micro para alcançar o Nível Esperado de Segurança de 10^{-7} fatalidades/hora

Micro	
Densidade Demográfica	**Faixa de MTBF**
0,128 a 0,999	0,0015 a 0,0118
1 a 4,999	0,0124 a 0,0601
5 a 9,999	0,0607 a 0,1205
10 a 19,999	0,1211 a 0,2412
20 a 49,999	0,2419 a 0,6036
50 a 199,999	0,6042 a 2,4152
Acima de 200	Acima de 2,4158

Tabela 6: Confiabilidade requerida por um VANT Mini para alcançar o Nível Esperado de Segurança de 10^{-7} fatalidades/hora

Mini	
Densidade Demográfica	**Faixa de MTBF**
0,128 a 0,999	0,166 a 1,272
1 a 4,999	1,337 a 6,474
5 a 9,999	6,539 a 12,978
10 a 19,999	13,043 a 25,984
20 a 49,999	26,049 a 65,003
50 a 199,999	65,068 a 260,099
Acima de 200	Acima de 260,165

Tabela 7: Confiabilidade requerida por um VANT Tático para alcançar o Nível Esperado de Segurança de 10^{-7} fatalidades/hora

Tático	
Densidade Demográfica	**Faixa de MTBF**
0,128 a 0,999	0,892 a 6,814
1 a 4,999	7,163 a 34,685
5 a 9,999	35,034 a 69,524
10 a 19,999	69,872 a 139,201
20 a 49,999	139,549 a 348,233
50 a 199,999	348,581 a 1393,392
Acima de 200	Acima de 1393,740

Tabela 8: Confiabilidade requerida por um VANT MALE para alcançar o Nível Esperado de Segurança de 10^{-7} fatalidades/hora

MALE	
Densidade Demográfica	**Faixa de MTBF**
0,128 a 0,999	25,686 a 196,256
1 a 4,999	206,289 a 998,938
5 a 9,999	1008,971 a 2002,291
10 a 19,999	2012,324 a 4008,996
20 a 49,999	4019,030 a 10029,113
50 a 199,999	10039,147 a 40129,698
Acima de 200	Acima de 40139,731

Tabela 9: Confiabilidade requerida por um VANT HALE para alcançar o Nível Esperado de Segurança de 10^{-7} fatalidades/hora

HALE	
Densidade Demográfica	**Faixa de MTBF**
0,128 a 0,999	96,322 a 735,959
1 a 4,999	773,585 a 3746,018
5 a 9,999	3783,643 a 7508,591
10 a 19,999	7546,216 a 15033,737
20 a 49,999	15071,363 a 37609,176
50 a 199,999	37646,801 a 150486,369
Acima de 200	Acima de 150523,995

Tabela 10: Confiabilidade requerida por um VANT Pesado para alcançar o Nível Esperado Segurança de 10^{-7} fatalidades/hora

Pesado	
Densidade Demográfica	**Faixa de MTBF**
0,128 a 0,999	915,652 a 6996,156
1 a 4,999	7353,833 a 35610,292
5 a 9,999	35967,969 a 71377,963
10 a 19,999	71735,639 a 142913,304
20 a 49,999	143270,981 a 357519,326
50 a 199,999	357877,003 a 1430549,438
Acima de 200	Acima de 1430907,110

Esses cálculos devem ser considerados como um ponto de partida para os próximos estudos. O principal propósito é ter um parâmetro inicial, ou seja, números que possam alavancar pesquisas e cálculos cada vez mais complexos e completos.

Os VANTs classificados como Micro, cujo peso é bastante reduzido, quase não apresentam riscos para a população, podendo ter MTBFs baixos e mesmo assim mantendo a confiabilidade esperada de 10^{-7}. Contudo, a utilização dessa classe de VANTs tem uma utilização bastante restrita, pois sua capacidade de carga útil é quase insignificante. Conforme o tamanho e peso do VANT aumenta e, conseqüentemente, suas aplicações, os MTBFs necessários crescem consideravelmente. VANTs de carga, não considerando ainda os de passageiros, exigem níveis altos de MTBF, ainda mais com as densidades demográficas de regiões como a Sudeste. São números que podem servir de parâmetro inicial para os fabricantes de VANTs e órgãos responsáveis pelas regulamentações.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo não pretende ser conclusivo nem exaustivo. Trata-se do início das investigações para estudos mais completos e precisos sobre a segurança e a confiabilidade operacionais dos Veículos Aéreos Não Tripulados que deverão ser vistos, muito em breve, operando no espaço aéreo brasileiro e internacional.

É fundamental que se investigue e se assegure que os VANTs são tão ou até mais seguros do que as aeronaves que hoje voam pelos espaço aéreo brasileiro. Disso depende a aceitação por parte da população e dos governos. Caso as pessoas não se sintam seguras e confortáveis com aeronaves sem piloto sobrevoando suas casas e até mesmo transportando-as em vôos de passageiros, sua utilização pode não alcançar todo o potencial de utilizações possíveis, ficando restritas às missões militares e algumas poucas utilizações civis, sempre muito controladas e aquém das potenciais aplicações.

Os MTBFs alcançados com o estudo mostram que, para a utilização de VANTs de pequeno porte, não são necessárias grandes ações para que os níveis de confiabilidade alcançados cheguem ao nível requerido. Possivelmente sua utilização possa vir a ocorrer de forma mais rápida dentro do cenário nacional. Quanto aos VANTs de maior porte, com possíveis utilizações em transporte de carga, por exemplo, estes exigem medidas sérias e uma elaboração cuidadosa do projeto, levando-se em conta todos os aspectos e níveis de confiabilidade, desde o *hardware* empregado até o *software* implementado, com análises criteriosas de árvores de falhas e de eventos e um planejamento de integração entre todos seus componentes, buscando-se chegar à níveis menores ainda de falha do que os recomendados.

Cabe às conclusões alcançadas nos estudos e pesquisas mostrar que todo o potencial dos VANTs pode ser explorado, sem necessariamente colocar em risco a vida humana e os bens e propriedades, tanto públicos quanto privados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bueno, S. S. (2005) Robótica Aérea. Revista Eletrônica de Jornalismo Científico Comciência. Ed. 70. SBPC, BR. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/2005/10/10.shtml>. Acessado em: 10 jul. 2006.

CASA (2006) Civil Aviation Safety Authority. Improvements and amendments to CASR Part 101 – *Unmanned aircraft and rocket operations*. Disponível em: <http://rrp.casa.gov.au/casr/101.asp>. Acessado em: 12 jul. 2006.

DAC (2004) Notificação de Proposta de Regra RBHA 100. Disponível em: <http://www.dac.gov.br/RBHA/novorbha.asp>. Acessado em: 3 jul. 2006.

d'Oliveira, F. A. (2005) CTA e o Projeto VANT. 1º Seminário Internacional de VANT. São José dos Campos, SP, BR. Disponível em: <http://www.aviacaocivil.ifi.cta.br/svant/Apresetacoes/02_CTA_e_o_Projeto_VANT_ CTA_IAE.pdf>. Acessado em: 29 jun. 2006.

FAA (2005) Principles of System Safety *In*: *FAA System Safety Handbook*. Disponível em: <http://www.faa.gov/library/manuals/aviation/risk_management/ss_handbook/media/Chap3_1200.PDF>. Acessado em: 09 jul. 2006.

IBGE (2006) Brasil em Síntese – Densidade Demográfica. Mapa apresentando a densidade demográfica do país. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/brasil_em_sintese/download/demografia.pdf>. Acessado em: 26 jun. 2006.

Vasconcelos, Y. (2003) Inteligente e Sem Piloto. *Revista Pesquisa FAPESP*. Ed. 84. São Paulo, SP, BR. Disponível em: <http://www.revistapesquisa.fapesp.br/index.php?lang=pt&s=114,4,2065&aq=s>. Acessado em: 10 jul. 2006.

Vasconcelos, Y. (2006) Ajuda do Céu. *Revista Pesquisa FAPEST*. Ed. 123. São Paulo, SP, BR. Disponível em: <http://www.revistapesquisa.fapesp.br/index.php?s=156,4,2963&aq=s>. Acessado em: 10 jul. 2006.

Weibel, R. E. e R. J. Hansman (2005) *Safety Considerations for Operation of Unmanned Aerial Vehicles in The National Airspace System*. Massachusetts Institute Of Technology. Cambridge, MA, USA.

Cristiane Paschoali de Oliveira (cristiane.oliveira@poli.usp.br)
Paulo Sérgio Cugnasca (paulo.cugnasca@poli.usp.br)
Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo
Av. Prof. Luciano Gualberto, Trav. 3, N. 158 – São Paulo-SP, Brasil