

## Solução eletrônica e visual para manual de procedimento padrão de voo

Paulo Manoel Razaboni<sup>1,3</sup>, Cyntia Cristina de Paula<sup>2</sup>, Luís Gustavo dos Santos<sup>2</sup>

1 Supervisor de Segurança de Voo

2 Engenheira de Suporte ao Cliente

3 [paulo.razaboni@embraer.com.br](mailto:paulo.razaboni@embraer.com.br)

---

**RESUMO:** O transporte aéreo é considerado um dos meios de locomoção mais seguros. Entretanto, embora as taxas de acidentes tenham decrescido consistentemente ao longo dos últimos anos, os números absolutos tendem a crescer devido ao aumento da frota. Os fabricantes aeronáuticos e operadores demonstram elevado interesse em obter maior segurança e constantemente buscam melhorias nos processos. Entre estes, está a padronização de procedimentos operacionais e treinamento da tripulação, na forma de um manual que descreve textualmente informações para a operação segura e eficiente de aeronaves. Assim, objetiva-se reduzir a carga de trabalho da tripulação, mantendo um alto nível de segurança operacional. Para garantir a eficiência na execução desses procedimentos, a tripulação executa um programa básico de treinamento composto por recursos de leitura, instruções em sala de aula e sessões de simulador, e representa considerável investimento devido ao uso de simuladores de voo. O presente artigo apresenta uma proposta inovadora para complementar o treinamento e elevar consideravelmente o nível de seu aproveitamento pelos pilotos. Sabendo-se que nossa memória visual é mais efetiva que a memória textual, um time de inovação da EMBRAER desenvolveu um sistema que permite aos pilotos assistir aos procedimentos utilizando animações geradas em ambiente 3-D. Tais animações têm influência positiva na qualidade do treinamento, aumentando conhecimento, habilidade e atitude da tripulação na tomada de decisão, em situações normais ou de emergência. A solução proposta oferece aos pilotos o manual de procedimento padrão em forma eletrônica e visual, permitindo familiarização com o ambiente real de voo. Incorpora a sincronização da trajetória de voo com chamadas da tripulação, colaborando com o correto gerenciamento de cabine. Esta solução eletrônica tem o benefício de permitir rever os procedimentos de qualquer lugar, a qualquer momento, seja antes da execução em ambiente simulado ou mesmo momentos antes de executar o voo real, resultando em aumento significativo da qualidade, a um custo reduzido.

**Palavras chave:** Animação, Inovação, Prevenção, Treinamento.

## Electronic and Visual Solution for Flight Standard Procedure Manuals

**ABSTRACT:** Air transport is considered one of the safest means of transportation. However, although accident rates have consistently declined over the past few years, absolute numbers tend to grow because of the increased fleet. Aviation manufacturers and operators demonstrate a strong interest in obtaining greater safety, and constantly seek improvements in processes. Among these is the standardization of operational procedures and training of the crew, in the form of a manual describing information in a textual manner for the safe and efficient operation of aircraft. Thus, the objective is to reduce the workload of the crew, maintaining a high level of operational safety. To ensure efficiency in performing these procedures, the crew performs a basic training program comprised of reading resources, classroom instruction and simulator sessions. The program represents considerable investment due to the use of flight simulators. This article presents an innovative proposal to complement training and considerably raise the level of its benefits for the pilots. Knowing that visual memory is more effective than textual memory, an EMBRAER innovation team has developed a system that allows pilots to watch the procedures using animations generated in a 3-D environment. Such animations have a positive influence on the quality of the training, increasing knowledge, skill and attitude on the part of the crew in decision making in normal or emergency situations. The proposed solution provides the pilots with the standard procedure manual in electronic and visual form, allowing familiarization with the actual flight environment. It incorporates flight path synchronization with crew calls, collaborating with correct cabin management. This electronic solution has the benefit of allowing the crew to review procedures of any location, at any time, either before operating in a simulated environment or even moments before the actual flight, with a significant increase in quality at reduced costs.

Key words: Animation. Innovation. Prevention. Training

**Citação:** Razaboni, PM, Paula, CC, Santos, LG. (2016) Solução eletrônica e visual para manual de procedimento padrão de voo. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 7, No. 1, pp. 111-115.

### 1 BIOGRAFIA

#### Paulo Manoel Razaboni

Atua como supervisor do time de Programas de Segurança de Voo, no escritório central da Embraer, com

abrangência para a América do Sul. Engenheiro Eletricista pela USP, cursou MBA em Gestão da Produção pela Universidade Federal de São Carlos e Gestão Empresarial Competitiva pelo INPG. É membro credenciado Fator Material do SIPAER (Sistema de Investigação e Prevenção

de Acidentes Aeronáuticos), com especialização em segurança de voo pela Embraer. Ministra cursos na área de segurança de voo, engenharia e projeto. Desenvolveu especificamente o aplicativo para geração de animações em navegador geográfico tridimensional utilizado neste trabalho.

### **Cyntia Cristina de Paula**

Atua no time de Suporte a Operações de Voo da aviação comercial. Engenheira Industrial e Mestre em Ciências pelo ITA, especialista em desenvolvimento de software de desempenho de aeronaves, com foco em elaboração de requisitos e validação junto aos clientes. Trabalha no desenvolvimento de serviços que buscam otimizar a operação de empresas aéreas e reduzir o consumo de combustível. É representante do time no grupo de Excelência Empresarial Embraer.

### **Luís Gustavo dos Santos**

Engenheiro Mecânico pela USP, com MBA em Gestão de Negócios e mestrando em Gestão de Projetos de P&D. Desenvolvedor de negócio e gerente de produto para novas soluções de serviços e suporte via Internet (eSolutions), relacionados com manutenção de aeronaves e operações de voo. Conduziu o desenvolvimento de serviços tais como: AHEAD-PRO (Monitoramento de saúde de aeronaves) e eSRM (registro de danos e reparos estruturais). Participou do desenvolvimento do ePERF (sistema iPad para redução da carga de trabalho de pilotos) e no FlyBack (sistema descrito neste artigo). Anteriormente, foi supervisor no desenvolvimento dos programas de manutenção programada da aviação comercial.

## **2 INTRODUÇÃO**

Fabricantes desenvolvem e entregam aos seus operadores manuais relacionados à operação das aeronaves. Alguns desses manuais descrevem sistemas, e outros, como Standard Operating Procedures (SOP), fornecem informações e orientações para o funcionamento eficiente da aeronave. O SOP de aeronaves comerciais é otimizado para a operação relacionada com o transporte de passageiros em um ambiente de linha aérea. A filosofia utilizada na elaboração e edição deste manual baseia-se na redução da carga de trabalho da tripulação, com objetivo de garantir o mais alto nível de segurança possível.

O SOP tem o objetivo de orientar a equipe sobre como executar as tarefas necessárias para corrigir uma situação ou condição da aeronave de forma coordenada e segura. Esse manual apresenta procedimentos, listando a sequência de execução das tarefas pela tripulação, dividida em Pilot Flying (PF) e Pilot Monitoring (PM). De acordo com o SOP EMBRAER, “PF” é o tripulante que controla a direção e tração, não necessariamente é o comandante, e o “PM”

monitora os parâmetros do voo, como por exemplo, fonia, reportando informações discrepantes e mensagens de EICAS (Engine-Indicating and Crew-Alerting System).

O SOP descreve “procedimentos operacionais padrão”, os quais representam um conjunto de procedimentos que servem para criar uma base comum para todos os tripulantes, visando à familiarização com a aeronave, independente da experiência e capacidade técnica de cada um.

Os procedimentos indicam os anúncios, chamados de “callouts” para PF e PM, os quais devem ser seguidos para garantia de execução adequada do procedimento. O SOP é consultado pela tripulação em reuniões prévias, conhecidas como “briefing”, de sessões de simulador ou mesmo antes de executar a manobra em ambiente real.

Em uma operação padronizada, outro piloto qualificado no equipamento poderia substituir um membro ativo da tripulação durante o voo, mantendo a operação suave e segura.

## **3 OBJETIVO**

O objetivo do presente trabalho é oferecer uma alternativa eletrônica para o SOP, utilizando um produto de inovação desenvolvido pela EMBRAER conhecido como Flyback, que é uma solução que permite engenheiros e pilotos criar um procedimento de voo em ambiente tridimensional, ao mesmo tempo incluindo diversos elementos extras, como por exemplo, um completo painel de instrumentos customizado, ou mesmo aural da aeronave ou “callouts” de tripulação.

O resultado final oferece uma alternativa inovadora para complementar o estudo do SOP, considerando a apresentação do relevo, “callouts” e até mesmo sobreposição de cartas de navegação. Essa proposta traz grande valor, considerando-se o fato que a memória visual é mais efetiva que a memória textual.

## **4 METODOLOGIA**

Foi criada uma prova de conceito tendo-se como referência os procedimentos descritos no SOP da Embraer. Os procedimentos selecionados foram: decolagem, decolagem com falha de motor na velocidade de decisão (V1), aproximação e arremetida.

O presente artigo descreve a prova de conceito de um procedimento de decolagem com falha de motor na V1 no aeroporto de Santos Dumont no Rio de Janeiro. (SDU/SBRJ).

No SOP, apresenta-se a descrição do procedimento, conforme representado nas figuras 1 e 2.

PROCEDURES AND TECHNIQUES TAKEOFF		STANDARD OPERATING PROCEDURES	
<b>ENGINE FAILURE AT OR ABOVE V1 ACTIONS AND CALLOUTS</b>			
<b>ENGINE FAILURE AT OR ABOVE V1 - ACTIONS AND CALLOUTS</b>			
	<b>PF</b>	<b>PM</b>	
Before V <sub>R</sub>	<p>"ENGINE ___ FAILURE". (pilot first noticing the engine failure).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Controls airplane using rudder.</li> </ul> <p>"CHECK THRUST".</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cancels aural warnings.</li> <li>Verifies maximum thrust on operating engine.</li> </ul> <p>"THRUST CHECKED"<sup>(1)</sup>.</p>	
	At V <sub>R</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rotate to Appropriate pitch.</li> </ul>	<p>"ROTATE".</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verifies positive rate of climb.</li> </ul> <p>"POSITIVE RATE".</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Positions gear lever UP.</li> </ul>
After lift-off	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confirms positive rate of climb.</li> </ul> <p>"GEAR UP".</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitors speed and attitude.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Climbs at V<sub>2</sub> to V<sub>2</sub> + 10 kt.</li> <li>Controls the airplane using rudder and yaw trim in the amount necessary to keep the aileron control in neutral position to avoid roll spoilers to be deployed.</li> </ul>		

<sup>(1)</sup> If TOx-RSV is not achieved PM shall move thrust levers to MAX position.

Page 4      3-15-10      REVISION 18      SOPM-1706

Fig. 1 – Procedimento de decolagem com falha de motor

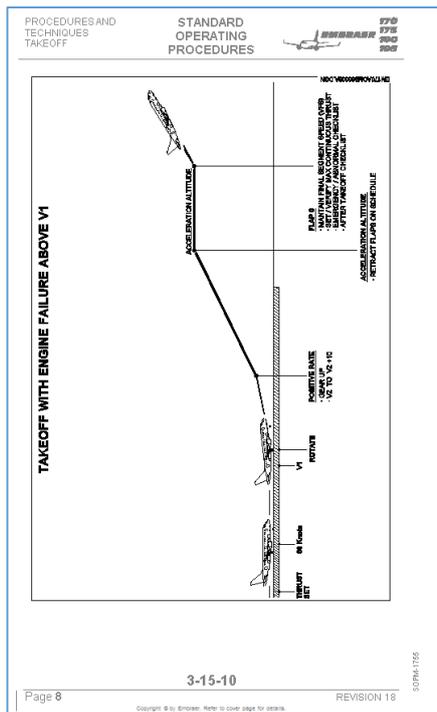


Fig. 2 – Esquema do procedimento de decolagem com falha de motor

Para estudo do procedimento, a tripulação também consulta a carta de navegação e, baseando-se nessas informações, criou-se um "As Is" conforme apresentado na figura 03.

A metodologia atual de estudo da tripulação no evento proposto baseia-se no material apresentado anteriormente, ou seja, leitura da carta com o procedimento, seguida de sua descrição e a sincronização com a sequência de execução de tarefas do PF e PM, conforme descrito no SOP.

PROCEDURES AND TECHNIQUES TAKEOFF		STANDARD OPERATING PROCEDURES	
<b>ENGINE FAILURE AT OR ABOVE V1 ACTIONS AND CALLOUTS</b>			
<b>ENGINE FAILURE AT OR ABOVE V1 - ACTIONS AND CALLOUTS</b>			
	<b>PF</b>	<b>PM</b>	
Before V <sub>R</sub>	<p>"ENGINE ___ FAILURE". (pilot first noticing the engine failure).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Controls airplane using rudder.</li> </ul> <p>"CHECK THRUST".</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cancels aural warnings.</li> <li>Verifies maximum thrust on operating engine.</li> </ul> <p>"THRUST CHECKED"<sup>(1)</sup>.</p>	
	At V <sub>R</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rotate to Appropriate pitch.</li> </ul>	<p>"ROTATE".</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verifies positive rate of climb.</li> </ul> <p>"POSITIVE RATE".</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Positions gear lever UP.</li> </ul>
After lift-off	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confirms positive rate of climb.</li> </ul> <p>"GEAR UP".</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitors speed and attitude.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Climbs at V<sub>2</sub> to V<sub>2</sub> + 10 kt.</li> <li>Controls the airplane using rudder and yaw trim in the amount necessary to keep the aileron control in neutral position to avoid roll spoilers to be deployed.</li> </ul>		

<sup>(1)</sup> If TOx-RSV is not achieved PM shall move thrust levers to MAX position.

Page 4      3-15-10      REVISION 17

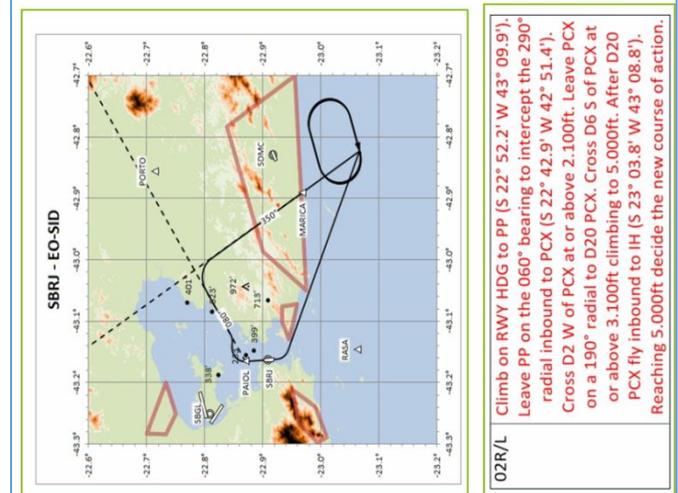


Fig. 3 – "As Is" para procedimento proposto

A metodologia atual de estudo da tripulação no evento proposto baseia-se no material apresentado anteriormente, ou seja, leitura da carta com o procedimento, seguida de sua descrição e a sincronização com a sequência de execução de tarefas do PF e PM, conforme descrito no SOP.

A alternativa inovadora apresentada como "To Be" é a representação complementar de todos esses elementos em uma única animação, criada através da solução Flyback desenvolvida pela EMBRAER. A figura 4 apresenta imagens da animação proposta.



Fig. 4 – "To Be" para procedimento proposto

### 4.1 APLICAÇÕES

A solução Flyback é capaz de animar um procedimento de voo, apresentando não só a trajetória da aeronave, mas também acrescentando terreno, referências visuais e elementos do ambiente, dando assim uma visão mais realista e detalhada.

Outras características como, por exemplo, efeitos sonoros, informações METAR, Nav aids, obstáculos, cartas de navegação, desempenho real da aeronave, malha do EGPWS (Enhanced Ground Proximity Warning System), incidência do sol, entre outras, podem ser acrescentadas na animação aumentando assim a experiência de visualização.

O resultado é uma animação suave, com modelos de aeronaves customizados, tornando a solução final poderosa e natural. Um conjunto abrangente de instrumento é fornecido na mesma janela de animação, o que permite em tempo real a avaliação dos parâmetros relevantes. Os procedimentos podem ser visualizados através de exibições fixas ou móveis, vista externa ou interna, representando a visão do piloto.

Com o uso dessa ferramenta, obteve-se uma animação que reúne todas as informações relevantes para entendimento do procedimento proposto por parte da tripulação, permitindo que o mesmo possa atingir a todos os interessados dentro de uma empresa aérea de uma só vez, contribuindo para padronização de procedimentos, eficiência operacional e aumento de segurança de voo.

As figuras 5 e 6 apresentam exemplos da sincronização do procedimento com os “callouts” referenciados no SOP, visões externa e interna.



Fig. 5 –Trajetória da aeronave sincronizada com “callouts” do SOP; visão externa.



Fig. 6 –Trajetória da aeronave sincronizada com “callouts” do SOP; visão interna.

A figura 7 representa a sincronização com a carta referente ao procedimento.



Fig.7 –Trajetória da aeronave sincronizada com a carta referente ao procedimento.

### 5 CONCLUSÃO

O grau de sofisticação tecnológica das aeronaves modernas afeta diretamente o nível de coordenação da tripulação, quando comparado a aeronaves antigas. Algumas tarefas em novas aeronaves são realizadas por sistemas automáticos que aliviam a tripulação do excesso de trabalho na cabine de comando, porém requerem da tripulação do voo maior atenção na análise das tarefas, além de maior habilidade de monitoramento.

Conclui-se que inovar no treinamento da tripulação, provendo uma representação real de operações cotidianas e situações de emergência através de uma animação, aumenta a sinergia dos pilotos e melhora a percepção situacional de cabine, contribuindo de forma muito positiva para a segurança na tomada de decisão.

A criação das animações de procedimentos de voo através da solução Flyback da EMBRAER oferece às empresas aéreas uma alternativa complementar ao programa de treinamento básico oferecido atualmente, adicionado recursos visuais e permitindo à tripulação obter um completo entendimento, não só do procedimento e coordenação de tarefas, mas também alia isso tudo à familiarização ambiental.

Considerando a importância dos requisitos de treinamento em empresas aéreas, a proposta de criação de um SOP eletrônico através do Flyback, utilizando dados de desempenho de engenharia ou gravados em voo real, permite complementar e simplificar o programa de treinamento atual.

Utilizando-se da mesma metodologia proposta, é viável criar outros procedimentos normais ou de emergência. As animações podem ficar disponíveis nas empresas aéreas para todos os interessados, demonstrando ser uma solução economicamente viável e atrativa, uma vez que essas podem ser consultadas de qualquer lugar e a qualquer momento, demonstrando seu valor em termos de KSA (Knowledge “conhecimento”, Skill “habilidade”, Attitude “atitude”) do piloto e aumento da consciência situacional e da segurança de voo.

## **AGRADECIMENTOS**

À Embraer, na figura dos gestores e colegas, incluindo o grande incentivo recebido pelo programa interno Innova (na alocação de tempo e recursos para desenvolvimento).

Às nossas famílias, pela compreensão quanto à fase em que a ideia foi desenvolvida em períodos extraordinários de trabalho.

## **REFERÊNCIAS**

EMBRAER, SOP - Revision 18 of the SOPM-1755-001 - Standard Operating Procedures Manual em 04 de maio de 2015.

Google Earth. Em: <https://www.google.com/earth/>, acessado em 12 de maio de 2016.