

# APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO 6 SIGMA NA MELHORIA DA LOGÍSTICA DE SUPRIMENTO DE MATERIAL AERONÁUTICO DE APLICAÇÃO EMERGENCIAL NA MANUTENÇÃO DA FROTA DA FORÇA AÉREA BRASILEIRA

Arthur Guimarães Alves\*

Leila Scanfone †

Daniel Coelho Mota‡

## RESUMO

Este trabalho aborda a aplicação da metodologia 6 SIGMA na melhoria de processo da logística de suprimento de material aeronáutico de aplicação emergencial para a manutenção de aeronaves da frota da Força Aérea Brasileira. Tal abordagem se justifica no impacto causado pela falta de material aeronáutico para aplicação na manutenção das aeronaves sobre a disponibilidade da frota da FAB, indicador este fundamental para o cumprimento de sua missão. O objetivo deste trabalho é apresentar a aplicação de ferramentas da metodologia 6 Sigma em um projeto de melhoria do processo de gerenciamento de emergências de material aeronáutico na FAB. Para tanto, optou-se pela realização de uma pesquisa descritiva qualitativa baseada em um estudo de caso. A pesquisa apontou a aplicabilidade e a eficiência das ferramentas ao processo de gerenciamento de emergências, ao explicitar a interação construtiva entre os *stakeholders* e a redução no tempo entre pedido e remessa de materiais emergenciais.

**Palavras-chave:** 6 SIGMA. Ciclo DMAIC. Melhoria de Processo. Disponibilidade de Aeronaves.

## 1 INTRODUÇÃO

No que pesem os esforços envidados no sentido da melhoria contínua no planejamento das atividades de manutenção, bem como do desenvolvimento de modelos de previsão de falha e da manutenção preditiva em sistemas e subsistemas de aeronaves, os casos de manutenção não programada, que demandam o uso de material aeronáutico não disponível em estoque, se mostram como uma fraqueza de elevado impacto no gerenciamento da logística de suprimento do setor aeronáutico.

---

\* Arthur Guimarães Alves. Engenheiro Metalúrgico formado pela Universidade Federal Fluminense (2010). Black Belt especialista em Lean Six SIGMA pela empresa Dinâmica Treinamentos. Atualmente, atua como chefe da Seção *Procurement*, na Divisão de Supervisão e Controle do Centro Logístico da Aeronáutica. guimaraesaga@fab.mil.br.

† Leila Scanfone. Doutora em Administração. Professora do Grupo Educacional UNIS. E-mail: scanfone@uol.com.br

‡ Graduado em Engenharia Mecânica-Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (2008) e Mestrado (MSc) em Pesquisa Operacional Militar (Military Operational Research) pela Cranfield University (2014). E-mail: dcmota08@gmail.com.

Este cenário é ainda mais desafiador no caso da Força Aérea Brasileira (FAB), dadas às dimensões do Brasil e à estrutura descentralizada de operação da Força.

Além disso, a procura de fornecedores, a aquisição, a armazenagem e a distribuição de materiais de aplicação em manutenção programada podem se tornar fatores geradores de necessidades emergenciais, quando apenas uma destas funções que compõem a logística de suprimento mostrar-se ineficaz.

O objetivo deste trabalho é apresentar a aplicação de ferramentas da metodologia 6 Sigma em um projeto de melhoria do processo de gerenciamento de emergências de material aeronáutico na FAB.

A escolha pelas ferramentas do 6 SIGMA se justifica pela oportunidade de compreensão e reestruturação do processo de gerenciamento de emergências de material aeronáutico, pela viabilização da interação entre os *stakeholders*, pela necessária melhoria do processo e pela reconhecida eficácia desta metodologia na obtenção de resultados em projetos de melhoria de processos.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.2 METODOLOGIA 6 SIGMA**

De acordo com Pyzdek e Keller (2010), o programa 6 SIGMA consiste na implementação rigorosa, focada e altamente eficaz de princípios e técnicas de qualidade comprovados. Incorporando elementos do trabalho de muitos pioneiros da qualidade, 6 SIGMA conta com métodos experimentados que têm sido usados há décadas.

Segundo Breyfogle (2003), com a aplicação do 6 SIGMA, busca-se evitar as decisões tomadas de forma arbitrária, sendo esta metodologia uma abordagem baseada em fatos e dados.

Técnicas Seis Sigma podem ajudar a solucionar muitos dos problemas que afetam o custo e o desempenho de forma geral. No entanto, a alta gerência precisa fazer as perguntas certas para que essas questões sejam efetivamente abordadas no projeto de melhoria.

Segundo Snee (2004), o 6 SIGMA apresenta-se como uma oportunidade de os tomadores de decisão inserirem em seus negócios um pensamento estatístico sobre a tomada de decisão.

Considerando as características do presente trabalho, no que pese as Forças Armadas não terem fins lucrativos como a indústria, a metodologia 6 SIGMA encontra aderência com os projetos de melhoria de processos da administração pública de maneira geral, tanto no exterior como no Brasil, conforme observado por diversos autores, dentre os quais Maleyeff (2007) e Oliveira (2009). Além disso, especificamente no ramo Aeronáutico, o Programa *Lean 6 SIGMA*, uma fusão das ferramentas do programa de manufatura Enxuta com o 6 SIGMA, encontra extensa aplicação, conforme relatado por uma grande gama de autores, ao exemplo de Al Muhareb (2014) e Panagopoulos (2016).

Cabe ressaltar ainda que, dada a importância e impacto das ferramentas no resultado das empresas que aderem ao programa 6 SIGMA, os profissionais capacitados para liderar os projetos de melhoria contínua usando o ciclo DMAIC, muitas das vezes, trabalham de forma dedicada ao programa, conforme observado por Andrieta (2007). Ainda dentro do programa 6 SIGMA, segundo Werkema (2004), pode-se aplicar o ciclo DMADV, no qual as fases finais se referem ao Projeto (*Design*) e Verificação ou Simulação (*Verify*), para desenvolvimento de novos processos ou produtos. Entretanto, para a proposta do presente trabalho, será dado enfoque ao ciclo DMAIC.

### 2.2.1 Ciclo DMAIC

Segundo Jeroen (2012, p. 605), o ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implantar Melhorias e Controlar) pode ser descrito com o seguinte *roadmap*:

1. Definir: seleção de problemas e análise de benefícios.
  - D1 - Identifique e mapeie processos relevantes.
  - D2 - Identifique as partes interessadas (*stakeholders*).
  - D3 - Determine e priorize as necessidades e requisitos do cliente (objetivos iniciais).
  - D4 - Identifique variáveis críticas para a qualidade (*Critical to Quality - CTQs*).
  - D5 - Torne o projeto em um business case.
2. Medir: tradução do problema em uma forma mensurável e medição da corrente situação; definição refinada de objetivos.
  - M1 - Selecione uma ou mais variáveis críticas para a qualidade.
  - M2 - Determinar definições operacionais para *CTQs* e requisitos.
  - M3 - Valide os sistemas de medição das *CTQs*.

M4 - Avalie a capacidade atual do processo.

M5 - Defina/reavalie objetivos iniciais.

3. Analisar: identificação de fatores de influência e causas que determinam o comportamento das *CTQs*.

A1 - Identifique possíveis fatores de influência.

A2 - Selecione os poucos fatores de influência vitais, os quais podem ser variados no processo (*Xs*).

4. Implantar Melhorias: concepção e implementação de ajustes no processo para melhorar o desempenho das *CTQs*.

I1 - Quantificar relações entre *Xs* e *CTQs*

I2 - Ações de redesign para modificar o processo ou configurações de fatores de influência, de forma que as *CTQs* sejam otimizadas.

I3 - Realize teste piloto de ações de melhoria. Pode-se aplicar simulação nesta etapa, conforme identificado por Sen (2015).

5. Controlar: verificação empírica dos resultados do projeto e ajuste do processo sistema de gestão e controle, para que as melhorias sejam sustentáveis.

C1 - Determinar a nova capacidade do processo.

C2 - Implementar planos de controle. (JEROEN, 2012, p. 605)

## **2.2.2 Principais ferramentas aplicadas no DMAIC**

### *2.2.2.1 Fase de Definição (Define)*

Segundo Werkema (2004), dentre as principais ferramentas da fase de Definição, podemos citar: Mapa de Raciocínio, Project Charter, Métricas do 6 SIGMA, Cartas de Controle, Gráfico Sequencial, Análise de Séries Temporais, Análises Econômicas, Voz do Cliente (VOC) e SIPOC, o qual foi aplicado diretamente no presente trabalho e será destacado na sequência.

O SIPOC se trata de um diagrama com a representação de Fornecedores (*Suppliers*), Entradas ou insumos dos Processos (*Inputs*), Processos (*Processes*), Saídas dos Processos (*Outputs*) e Clientes (*Customers*), que demandam a melhoria nas saídas dos processos. Este diagrama permite facilitar a visualização do escopo de trabalho.

Nesta fase, ainda, é comum o uso de mapeamento de processos “*as is*”, para auxiliar na delimitação de escopo e para posterior evolução, na fase de análise e melhoria, para a formatação de um processo melhorado.

#### 2.2.2.2 Fase de Medição (*Measure*)

Segundo Werkema (2004), a fase de medição é usada para focalizar e refinar o entendimento sobre os problemas no processo em melhoria. Para isso, podem ser usadas, basicamente, as seguintes ferramentas: Análise do Sistema de Medição, Plano de coleta de Dados, Coleta e Estratificação de Dados, Diagrama de Pareto, Histograma, *Boxplot*, Índices de Capacidade e Análise Multivariada.

Especificamente sobre a coleta e estratificação de dados, considerando que foi aplicado no presente projeto, ressalta-se sua importância para o entendimento do impacto de grupos específicos das variáveis (entradas) no resultado final (saídas) de um processo.

#### 2.2.2.3 Fase de Análise (*Analyze*)

Segundo Werkema (2004), a fase de análise é usada para determinar as causas fundamentais dos problemas prioritários identificados na fase de Definição e Medição. Nesta etapa, são passíveis de aplicação as seguintes ferramentas: Matriz de Causa e Efeito, Diagrama de Afinidades, Diagrama de Relações, Matriz de Priorização, Análise de Regressão, Testes de Hipóteses, Análise de Variância (ANOVA), Planejamento de Experimentos, Análises de Tempos de Falha, Testes de Vida acelerados, Análise de Modos de Falha e Efeito (FMEA), Mapa de Processos “*to be*” e outros.

Dentre as ferramentas supracitadas, cabe destacar a ampla utilização da Matriz de Causa e Efeito e do FMEA.

Segundo Werkema (2004), a Matriz de Causa e Efeito, ou Diagrama de Matriz, consiste no arranjo dos elementos que constituem um evento ou problema de interesse nas linhas ou colunas de uma matriz, de forma que a existência ou força das relações entre os elementos de entrada (*inputs*) e seu efeito nas saídas (*outputs*) sejam representadas em forma numérica ou em símbolos. Neste caso, os membros da equipe do projeto 6 SIGMA em desenvolvimento pontuam o impacto da variação de cada entrada na variação da saída, deixando claras as áreas nas quais os problemas que afetam o resultado estão concentrados.

Segundo McDermott (2009), FMEA se trata de um método sistemático para identificar e prevenir problemas em produtos e processos antes que eles ocorram. Na aplicação dentro do 6 SIGMA, Werkema (2004) relata que FMEA tem como objetivo

identificar, hierarquizar e prevenir as falhas potenciais de um produto ou processo. Suas principais utilizações são: Identificação de variáveis críticas que podem afetar a qualidade da saída de um processo; avaliação de riscos associados a falhas; auxílio para elaboração de suposições sobre o tipo de relacionamento entre variáveis de um processo; e avaliação de prioridade para elaboração de plano de ações com contramedidas às causas dos modos de falha ou indicação da necessidade de aprofundamento acerca de determinado modo de falha, o que, no caso, apontaria para coleta de dados adicionais.

#### *2.2.2.3 Fase de Implantação de Melhorias (Improve)*

Nesta fase, devem ser estruturadas as ações para mitigação ou eliminação das causas fundamentais dos problemas prioritários identificados nas fases anteriores. Werkema (2004) lista as seguintes ferramentas com potencial aplicação nesta fase: Matriz de Priorização, Stakeholder Analysis, Simulação, Operação Evolutiva (EVOP), Planos de Ação 5W2H, Diagrama de Árvore, PERT/CPM, Diagrama de Gantt, Diagrama do Processo Decisório (PDPC), Mudança de Layout e outros.

Ressalta-se a ampla aplicação dos Planos de Ação 5W2H e da Mudança de Layout.

Os planos 5W2H detêm o objetivo de definir, para a estratégia de ação elaborada, os seguintes itens: o que será feito (*What*); quando será feito (*When*); quem o fará (*Who*); onde será feito (*Where*); por que será feito (*Why*); como será feito (*How*); e quanto custará o que será feito (*How much*).

Por sua vez, a Mudança de *Layout* representa uma ferramenta na fase de implantação de melhoria, a qual é usada para melhoria do fluxo de informação entre os envolvidos em determinada atividade, reduzindo, assim, o desperdício de tempo e recursos na tramitação de informações, bem como conferindo sinergia à equipe envolvida em determinado processo ou atividade.

#### *2.2.2.3 Fase de Implantação de Controle (Control)*

Segundo Montgomery (2009), os objetivos da fase de controle consistem em implantar um plano de controle para o processo em melhoria, de modo a garantir que os ganhos obtidos com a aplicação do 6 SIGMA se mantenham ao longo do tempo.

Para Werkema (2004), são aplicáveis à fase de controle as seguintes ferramentas: Procedimentos Padrão, Poka Yoke (*Mistake-Proofing*), Relatórios de Anomalias, OCAP (*Out of Control Plan*). Montgomery (2009) aponta, ainda, o uso do Controle Estatístico do Processo e dos Planos de Monitoramento como ferramentas aplicadas a esta etapa.

### **3 MATERIAL E MÉTODO**

Segundo Araújo (2008), o estudo de caso trata-se de uma abordagem metodológica de investigação aplicável quando procura-se compreender, explorar ou descrever acontecimentos e contextos complexos, nos quais estão simultaneamente envolvidas diversas variáveis.

Tomando essa característica por base, a escolha do presente caso para pesquisa tem a finalidade de demonstrar o uso da metodologia 6 SIGMA em um cenário real, o que irá auxiliar na exploração dos diversos fatores envolvidos para o delineamento do problema e aplicação de ferramentas de melhoria de processos.

Com isso, buscou-se aprofundar o conhecimento sobre as ferramentas da metodologia 6 SIGMA, por meio de sua aplicação na melhoria do processo de solução de emergências de materiais aeronáuticos aplicados nos diversos modelos de aeronaves da FAB. Neste projeto 6 SIGMA de melhoria de processo, o objetivo central foi reduzir o tempo entre a identificação da necessidade de um item aeronáutico de consumo, que indisponibiliza determinada aeronave, até a entrega deste material para a montagem e disponibilização do vetor. O projeto encontra-se em fase final de implantação, tendo sido aplicadas ferramentas de todas as fases do ciclo DMAIC.

### **4 CONTEXTUALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO**

#### **4.1 ESTRUTURA DE MANUTENÇÃO DE AERONAVES DA FROTA DA FAB**

Para cumprir a sua missão constitucional síntese de “manter a soberania no espaço aéreo e integrar o território nacional com vistas à defesa da Pátria” (BRASIL, 2016, p. ?), o Comando da Aeronáutica (COMAER) opera com a seguinte estrutura organizacional: órgão de direção-geral, órgãos de assessoramento superior, órgãos de assistência direta e

imediate ao Comandante da Aeronáutica, órgãos de direção setorial, organizações militares da Aeronáutica e entidade vinculada (BRASIL, 2009).

Com o fito de auxiliar no entendimento do funcionamento da estrutura de manutenção de aeronaves e equipamentos de apoio ao solo da Frota da FAB, de maneira a identificar os *stakeholders* envolvidos no gerenciamento das emergências de material aeronáutico, buscou-se descrever, sucintamente, o inter-relacionamento de dois dos órgãos de direção setorial do COMAER: o Comando-Geral de Apoio, ao qual compete planejar, gerenciar e controlar as atividades relacionadas com o apoio logístico de material, patrimonial, da tecnologia da informação e de serviços correlatos (BRASIL, 2009); e o Comando de Preparo (COMPREP), ao qual compete preparar, para o emprego, os meios da Força Aérea sob sua responsabilidade (BRASIL, 2017), sendo este o maior cliente do COMGAP e o responsável por voar parcela considerável das horas disponíveis para cumprimento de missões na FAB.

#### **4.1.1 Organizações envolvidas na aquisição e distribuição de material aeronáutico**

Conforme observado por Ascef (2013), no âmbito do COMGAP, encontram-se Organizações responsáveis por executar os processos de aquisição de materiais e serviços identificados e especificados pelos Parques de Material Aeronáutico e Bélico (PAMA e PAMB), no caso, o Centro Logístico da Aeronáutica (CELOG), a Comissão Aeronáutica Brasileira em Washington-DC (CABW) e Comissão Aeronáutica Brasileira na Europa (CABE), ambas subordinadas ao CELOG. Há, ainda, o Centro de Aquisições Especiais (CAE) que, apesar de não ser Organização subordinada ao COMGAP, executa processos de aquisição de interesse dos PAMA, PAMB e de outras Organizações Militares do COMAER.

O Centro de Transporte Logístico da Aeronáutica (CTLA), situado no Rio de Janeiro – RJ, atua nas atividades de desembarço alfandegário e transporte. Se trata de organização militar subordinada ao CELOG.

#### 4.1.2 Classificação de emergências de Material Aeronáutico no Sistema Integrado de Logística de Materiais e Serviços da FAB

Ascef (2013) apresentou o Sistema Integrado de Logística de Materiais e Serviços - SILOMS como sendo um sistema que gerencia e controla as atividades da logística da Força Aérea, com mais de 15.000 usuários em todo o país e no exterior.

Quando ocorrem necessidades emergenciais de material aeronáutico, as mesmas são registradas no SILOMS, observando a classificação prevista no MCA 67-1, Manual de Suprimento, publicação interna do COMAER (BRASIL, 2008), conforme siglas e descrições da Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação de emergências de material aeronáutico na FAB.

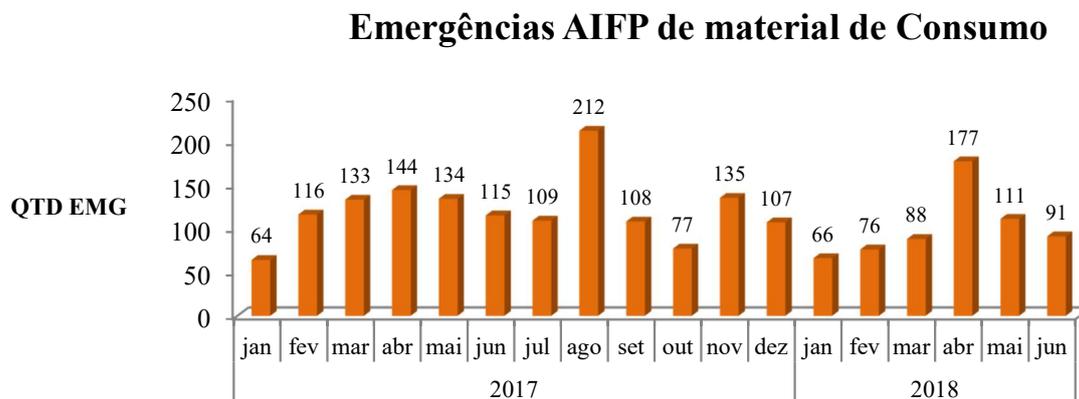
<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Indisponibiliza a Aeronave para voo?</b>	<b>Afeta a Operacionalidade?</b>
<b>AIFP</b>	Aeronave Indisponível por Falta de Peças	Sim	Totalmente
<b>IPLR</b>	Item paralisando a linha de Revisão da Aeronave	Sim	Totalmente
<b>ANCE</b>	Aeronave Não Completamente Equipada	Não	Parcialmente
<b>EIFP</b>	Equipamento Indisponível por falta de peças	Não	Ocasionalmente
<b>ENCE</b>	Equipamento não completamente equipado	Não	Ocasionalmente
<b>INV</b>	Inviabilidade de cumprimento de uma ordem de serviço de reparo por falta de <i>spare parts</i>	Ocasionalmente	Ocasionalmente

Fonte: o autor.

As emergências de material podem ser registradas por Unidades Aéreas, Grupamentos e Esquadrões de Logística (GLOG), os quais apoiam as unidades aéreas, ou pelos Parques de Material Aeronáutico e Bélico (PAMA e PAMB). O fluxo de processamento das emergências de material será apresentado de maneira mais aprofundada durante o desenvolvimento do presente estudo.

Do cenário inicial de aplicação de ferramentas, pode-se apresentar o seguinte gráfico, com a ocorrência de emergências do tipo AIFP de materiais de consumo que indisponibilizaram aeronaves em 2017 e 2018.

Gráfico 1- Emergências de material de consumo, tipo AIFP.



Fonte: Dados do SILOMS, 2018.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

Neste Projeto 6 SIGMA de melhoria de processo, o objetivo central foi reduzir o tempo para solução de emergências de materiais aeronáuticos.

Dentre os agentes da mudança, membros da equipe multidisciplinar do projeto 6 SIGMA estudado, há um especialista em Lean Six SIGMA, do efetivo do CELOG, bem como militares de Parques de Material Aeronáutico e da Diretoria de Material Aeronáutico e Bélico, detentores de vasta experiência nos processos de planejamento, controle, aquisição e distribuição de itens aeronáuticos na FAB.

O projeto caracterizou-se pela interação sinérgica dos stakeholders durante a aplicação das ferramentas infra apresentadas, usando a técnica de *brainstorming*.

Quanto à importância do projeto, ressalta-se que o mesmo encontra respaldo na necessidade de se manter a disponibilidade de aeronaves da frota da FAB nos níveis necessários para o pleno cumprimento de sua missão institucional. Logo, a redução no tempo de solução de emergências de material aeronáutico apresenta-se como uma estratégia para conferir a prontidão operacional necessária para a manutenção da soberania do espaço aéreo brasileiro.

## 5 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DO 6 SIGMA

### 5.1 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA FASE DE DEFINIÇÃO (*DEFINE*)

#### 5.1.1 SIPOC

Na elaboração da Matriz SIPOC, foram reunidos os especialistas, membros da equipe do projeto, e elencados todos os Clientes, que demandam a redução no tempo de solução de emergências, processos envolvidos com as emergências de material aeronáutico de consumo, entradas destes processos e fornecedores, responsáveis por prover as entradas dos processos que compõem o macroprocesso de solução de emergências.

Figura 1- Matriz SIPOC para o processo de solução de emergências de material de consumo.

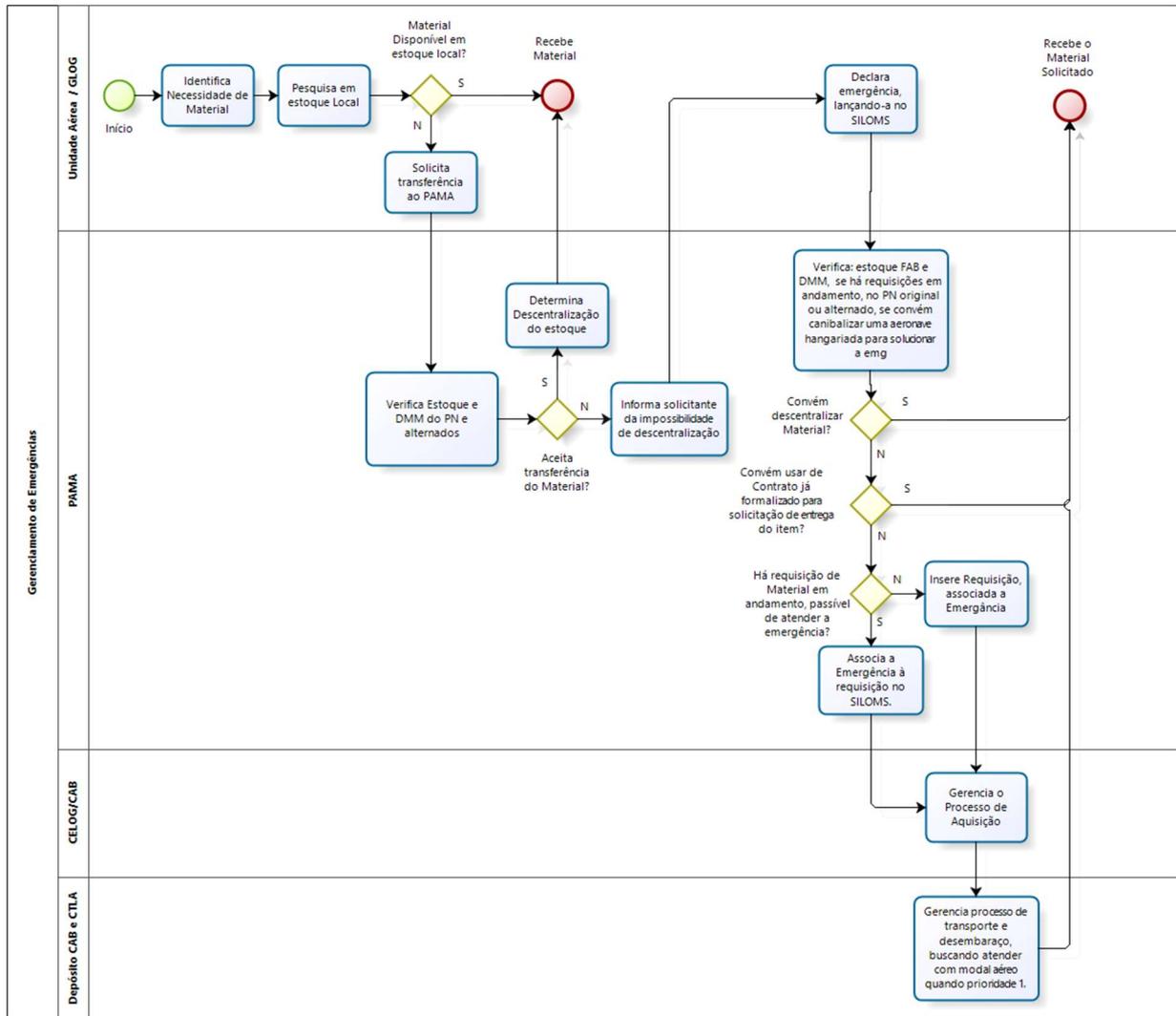
Fornecedores	Inputs	Processo	Outputs	Clientes
PAMA Unidades Aéreas GLOG ELOG CTLA Receita Federal DIRMAB CABW CABE CAE	Dados de Estoque FAB Quantidade em emergência vs. Quantidade por aeronave Dados de implantação (Categoria, Fabricante) Compatibilidade (superador/alternado) Atendimento de Pedido de transferência Atendimento de pedidos de apressamento Dados da requisição (Valor de referência, prazo de entrega) Participação de empresas no certame Histórico de aquisição Prioridade da Requisição Consumo no SILOMS (Demanda Média Mensal – DMM) Local de Entrega Quantidade para compra Cadastro de fornecedores Priorização do Recurso Orçamentário Prazo de Entrega do fornecedor Modal de transporte Prioridade no módulo transporte Identificação física do material/prioridade Enquadramento nos canais pela aduana (vermelho/amarelo/verde) Documentação de desembarco Distribuição	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">Inserção e análise de emergências</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">Compra do material</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">Desembarço e Transporte</div>	Tempo para solução de emergências	PAMA Unidades Aéreas GLOG ELOG COMGAP DIRMAB

Fonte: o autor.

#### 5.1.2 Mapa do Macroprocesso de solução de emergências de material de consumo

De posse da Matriz SIPOC, o líder do Projeto elaborou o Mapa do Macroprocesso de solução das emergências de material de consumo, o qual é apresentado na figura 2.

Figura 2 - Mapa do macroprocesso de solução emergências de material de consumo.



Fonte: o autor.

### 5.1.3 Matriz de Causa e Efeito – MCE

Com o objetivo de identificar os níveis de correlação das variáveis de entrada dos processos no tempo de solução de emergências, foi empregada a ferramenta Matriz de Causa e Efeito. Nesta etapa, os especialistas pontuaram, baseados em sua experiência profissional, o nível de correlação de cada entrada dos processos envolvidos com a saída “tempo de solução de emergências”. Da priorização, obtemos a seguinte figura, na qual constam as entradas dos processos, ordenadas do maior para o menor nível de correlação com a saída “tempo para solução de emergências”.

Figura 3- Matriz de Causa e Efeito.

Entradas	Pontuação - nível de correlação com a saída					Análise da Divergência de Opiniões	
	Especialista 1	Especialista 2	Especialista 3	Especialista 4	Média	Desvio Padrão	% da média
Cadastro de fornecedores	9	9	9	9	9,0	0,00	0%
Priorização do Recurso Orçamentário	9	9	9	9	9,0	0,00	0%
Prioridade no módulo transporte	9	9	9	9	9,0	0,00	0%
Dados de implantação (Categoria, CFF)	7	9	9	9	8,5	1,00	12%
Compatibilidade (superador/alternado)	9	7	7	9	8,0	1,15	14%
Modal de transporte	9	7	7	9	8,0	1,15	14%
Prioridade da Requisição	9	5	7	9	7,5	1,91	26%
Dados da requisição	9	5	7	9	7,5	1,91	26%
Participação de empresas no certame	7	7	7	9	7,5	1,00	13%
Identificação física do material	9	7	5	9	7,5	1,91	26%
Distribuição	9	7	9	5	7,5	1,91	26%
Dados de Estoque FAB	9	7	5	5	6,5	1,91	29%
Quantidade em Emergência	9	7	5	5	6,5	1,91	29%
Quantidade para compra	9	3	7	7	6,5	2,52	39%
Histórico de aquisição	5	5	5	9	6	2,00	33%
Prazo de Entrega do fornecedor	7	7	5	3	5,5	1,91	35%
Atendimento de pedidos de apressamento	7	5	7	3	5,5	1,91	35%
Consumo no SILOMS	5	7	5	3	5	1,63	33%
Local de Entrega	7	5	5	3	5	1,63	33%
Documentação de desembaraço	5	3	7	5	5	1,63	33%
Enquadramento nos canais pela aduana	5	3	3	3	3,5	1,00	29%

Fonte: o autor.

## 5.2 FASE DE MEDIÇÃO (MEASURE)

Considerando que a fase de definição contempla ferramentas subjetivas, que buscam dimensionar a percepção dos especialistas acerca dos fatores envolvidos no macroprocesso em melhoria, nas fases de medição e demais etapas subsequentes, será possível confrontar a expectativa de impacto com os valores de fato observados na realidade.

A principal fonte de dados da Logística da FAB é o sistema integrado denominado SILOMS. Todas as unidades da FAB que trabalham com material aeronáutico acessam telas específicas do SILOMS para execução sistêmica de seus trabalhos. O estoque de material, movimentos entre estoques, solicitações de itens, declarações de necessidade emergencial, informação de demanda média mensal, histórico de consumo, todos são armazenados e passíveis de coleta no banco de dados do SILOMS.

Durante a fase de coleta de dados, observou-se que as principais limitações do SILOMS estão ligadas ao fato do usuário, por motivos diversos, não inserir no sistema informações que representem a realidade de seu estoque ou sua necessidade. Estes aspectos limitantes foram tratados no FMEA e geraram ações específicas na fase de implantação de melhoria.

### 5.2.1 Tempos e movimentos do processo as is

Com a finalidade de verificar o efeito das ações de melhoria, foram coletados dados dos tempos para solução de emergências no cenário mais crítico, no caso, quando a falta do material indisponibiliza uma aeronave, ou seja, emergência do tipo AIFP, não havendo o material em estoque na FAB, o que faz necessária aquisição emergencial do item.

Neste cenário, são apresentados os dados coletados no processo antes da implantação das melhorias, estratificados apenas para a classe de emergência de maior impacto na disponibilidade da frota, o AIFP, cuja solução foi iniciar um processo de aquisição via Comissão Aeronáutica Brasileira em Washington, conforme a Figura 4.

Figura 4. Coleta de dados processo as is.

	2017 (AIFP, Consumo, Requisição CABW como providência)		
	Média (dias)	Tamanho da amostra	DesvPad (dias)
<b>Emergência Aguardando Providência PAMA</b>	12	20	4
<b>Requisição em cotação</b>	15	9	2
<b>Aprovação Técnica das Propostas + Aprovação Mapa + Empenho + Entrega DepCABW</b>	104*	N/D	N/D
<b>Transporte e Desembarço</b>	23	24	21

**Total 154 dias**

\* Valor obtido indiretamente, subtraindo tempo total para solução da emergência dos demais tempos medidos

Fonte: o autor.

A Figura 4 demonstra as médias dos tempos, em dias, para diferentes etapas do processo de solução de emergências tipo AIFP, as quais demandaram a aquisição de materiais de Consumo via CABW. O desvio padrão elevado (cerca de 90% da média) para o tempo de Transporte e desembarço se deve a ocorrências de itens AIFP que não

foram transportados via modal aéreo, tendo sido encaminhados para o Brasil via modal marítimo, com tempo médio de transporte e desembarço de 80 dias.

### 5.3 FASE DE ANÁLISE (*ANALYZE*)

#### 5.3.1 Análise do Modo de Falha e Efeito – FMEA

Nesta etapa do projeto de melhoria, considerando a aplicação das ferramentas SIPOC, Mapa de Processos e MCE, os especialistas envolvidos apresentam um entendimento maior sobre a relação de causa e efeito entre as variáveis e as saídas. Este aspecto é de fundamental importância para a efetividade da análise dos modos de falha do processo, bem como dos efeitos causados por estas falhas. Para o entendimento dos modos de falha, suas causas, efeitos e sugestões de melhoria, foi aplicada a ferramenta FMEA vertical.

No *template* desta ferramenta, todos os processos, modos de falha, suas causas, efeitos, modos de controle atuais e sugestões de melhoria são apresentados de forma empilhada.

Posteriormente, os especialistas pontuam a frequência com que os processos são expostos à causa da falha, a capacidade de se detectar a exposição do processo à causa, e a severidade do efeito deletério para o resultado. O produto dos fatores Frequência, Detecção e Severidade é chamado de Número de Risco e Prioridade, ou RPN (*Risk Priority Number*). O RPN é usado para priorização das ações oriundas do FMEA, as quais são tratadas, posteriormente, em um plano de ações 5W2H na fase de Implantação de Melhorias.

Figura 5. Aplicação do FMEA vertical para uma causa de falha o Processo de Inserção e Análise de Emergências

<b>1º PROCESSO: Inserção e Análise de Emergências no SILOMS</b>		
<b>MODO DE FALHA 1: Dados de estoque não considerados</b>		
<b>CAUSA 1:</b> Vínculo de alternância do PN em emergência não lançado devidamente no SILOMS	FREQUÊNCIA=>	7
<b>EFEITO 1:</b> Não é identificado que há o item em estoque, atrasando a solução da emergência.	DETECÇÃO=>	7
<b>QUAL O CONTROLE ATUAL DA FALHA?</b> A causa de falha é identificada, eventualmente, na análise para tomada de providência pelo PAMA.	SEVERIDADE=>	10
<b>COMO MELHORAR ESTE CONTROLE?</b> 1) Treinamento: identificação de material, alternância e superadores. Foco GLOG, Reciclagem nos PAMA e CELOG. 2) Verificação, pelo CELOG, da possibilidade de atendimento da emergência com PN alternado ou superador. 3) Interação entre gerentes dos projetos e CELOG, a fim de que, identificada a disponibilidade de estoque, seja atendido o pedido de transferência, por ordem da DIRMAB. 4) Solicitar ao CECAT a depuração nos dados de implantação, focada em itens que apresentam aquisição e emergências recorrentes.	<b>RPN=&gt;</b>	<b>420</b>

Fonte: o autor.

#### 4.4 FASE DE IMPLANTAÇÃO DE MELHORIAS (*IMPROVE*)

##### 4.4.1 Planos de Ações 5W2H

Nesta etapa do processo, as ações identificadas por meio do FMEA foram separadas por modo de falha, sendo criados planos de ação no formato 5W2H (*What, Where, Who, When Why, How e How much*).

O fragmento do FMEA, apresentado na figura 5, referente ao modo de falha “Dados de estoque não considerados”, gerou o plano de ações 5W2H apresentado na figura 6.

Figura 6 - Plano de ações 5W2H para modo de falha “Dados de estoque não considerados”.

### Plano de Ação 5W2H

Data da revisão do plano: 22/07/2015      Responsável: 1 Ten Guimarães      Objetivo: Redução no tempo de solução de emergências  
 Modo de Falha: Dados de estoque não considerados      Supervisor: Cel Sakuragui      Indicador: Tempo para solução de emergências (dias)

O que	Como	Quem	Quando		Onde	Por que	Quanto	% Completo	Situação Atual	Status	RPN da Causa
			Início	Fim							
Verificação, pelo CELOG, de possíveis alternados/superadores que estejam em estoque e que possam atender à demanda emergencial, nos casos em que a	Incluir tarefa na rotina dos graduados do setor de Emergências de material aeronáutico	Ten Guimarães	08/01/2018	12/01/2018	CELOG	Caso haja material alternado/superador em estoque FAB, a emergência é mais rapidamente solucionada provendo o material, em estoque, ao solicitante.	R\$ -	100,00%	Concluído	Aprovado pelo Chefe de Divisão	420
Interação entre gerentes dos projetos e CELOG, a fim de que, identificada a disponibilidade de estoque, seja atendido o pedido de transferência, por ordem da DIRMAB.	Apresentar setor de emergências aos gerentes de projetos da DIRMAB.	Ten Guimarães	05/06/2018	31/08/2018	CELOG/DIRMAB /COMGAP	Nesta etapa do processo, a ação permite que a solicitação de transferência de material, caso seja identificado alternado/superador em estoque, aconteça por ordem da DIRMAB.	R\$ -	50,00%	Em andamento	Aprovado pelo Chefe de Divisão	420
Depuração nos dados de implantação, focada em itens que apresentam aquisição e emergências recorrentes.	1) Solicitar formalmente a depuração ao CECAT. Priorizar itens com NSN, inicialmente. 2) Executar a depuração dos PN indicados pelo CELOG.	1) 1 Ten Guimarães 2) Mj Gomes	08/01/2018	31/12/2018	1) CELOG ; 2) CECAT	Permitir a adequada identificação de alternados e superadores em estoque.	R\$ -	50,00%	Em andamento	Aprovado pelo Chefe de Divisão	420
Treinamento: identificação de material, alternância e superadores. Foco GLOG, Reciclagem nos PAMA e CELOG.	Preparar e Executar treinamento para GLOG, ELOG, PAMA e CELOG, com objetivo apresentar ferramentas de pesquisa no SILOMS, em catálogos, manuais e na internet, para identificação de PN alternado ou superador.	SO Pego	08/01/2018	31/12/2018	CELOG (online)	Evita a emergência, permitindo o uso de material em estoque na FAB, reduzindo o tempo entre a identificação da necessidade de material e a entrega do mesmo.	R\$ -	10,00%	Em andamento	Aguardando Aprovação	420

Fonte: o autor.

#### 4.4.2 Mudança de Layout do setor de emergências no CELOG

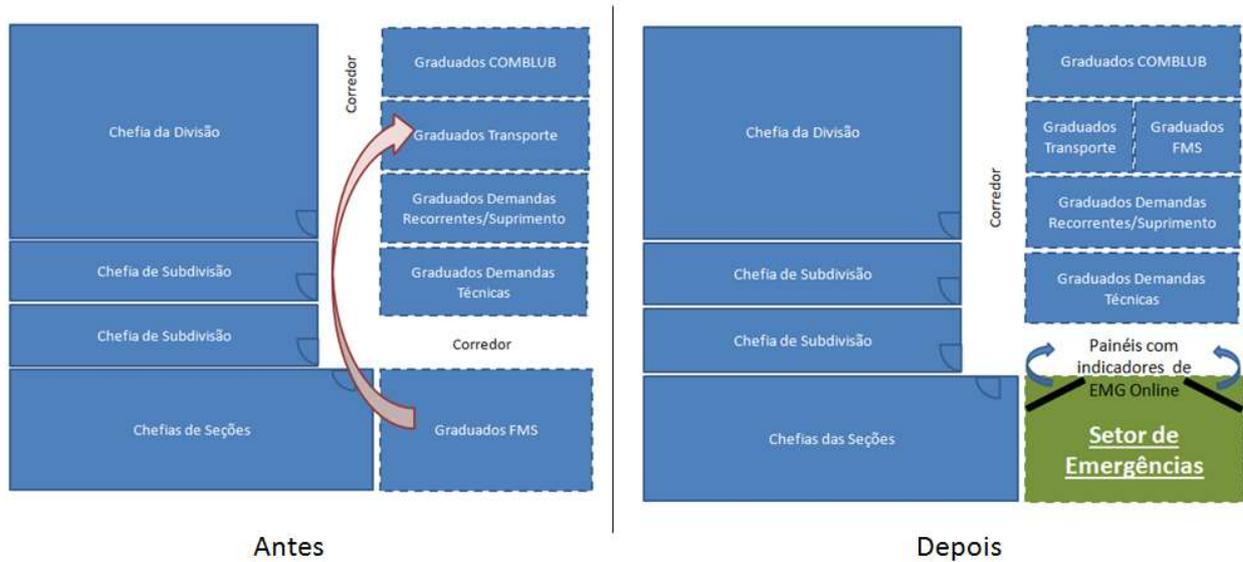
Pela natureza da atividade do CELOG, anteriormente ao projeto ora apresentado, aquele Centro já desenvolvia atividades isoladas para apressamento de aquisições emergenciais.

Entretanto, para executar as ações necessárias à identificação sistêmica das emergências, sua priorização e demais tarefas inerentes ao apressamento do atendimento, se mostrou necessário dedicar pessoal exclusivamente para esta finalidade.

Neste diapasão, no início de 2018, o CELOG iniciou um processo de estruturação, em termos de espaço físico, recursos humanos e de TI, de maneira a cumprir com as atividades necessárias para o devido gerenciamento de emergências.

Para isto, foi realizada a mudança no layout da Divisão de Supervisão e Controle do CELOG, na qual se encontra incluído o Setor de Emergências. A mudança é apresentada na figura 7.

Figura 7 - Mudança de Layout na Criação do Setor de Emergências.



Fonte: o autor.

O setor de emergências é responsável por diversas atividades inerentes ao apressamento da entrega de materiais que estão indisponibilizando a frota da FAB, dentre os quais se destacam os apresentados na Figura 8.

Figura 8 - Atividades do setor de emergências do CELOG.

Modos de Falha	Contramedida do Setor de Emergências	Frequência
Emergências sem Providência tomada pelos Parques	Solicita ao PAMA indicar a solução no SILOMS	Semanal
Requisições de materiais emergenciais com o parâmetro de prioridade compatível a materiais não emergenciais	Verifica prioridades definidas pelo PAMA e faz os ajustes necessários para garantir o envio via modal aéreo	Diária
Potenciais fornecedores de itens emergenciais não participarem em processos de aquisição.	Atua como <i>Procurement</i> para identificação, cadastro e obtenção de cotações de fornecedores.	Diária
Requisições em mapa aprovado sem recurso alocado	Interage com PAMA, DIRMAB, para alocação de recursos.	Semanal
Requisições empenhadas com DPE atrasado	Solicitação de apressamento junto à CAB	Diário
Atraso na Tramitação do material: transporte, desembarço e recebimento sistêmico de itens em emergência.	No caso de requisições para entrega no PAMASP: realiza o desembarço e transporte do item. Para demais requisições: atua junto aos elos do transporte e desembarço para apressamento do recebimento do material.	Diário

Fonte: o autor.

### 5.5 FASE DE CONTROLE (*CONTROL*)

O setor de emergências opera em uma rotina de controle e contramedida imediata, ou acionada pelos indicadores de disponibilidade da frota e emergências, online, acessíveis pelo SILOMS 11G e Sistemas de Indicadores Gerenciais do SILOMS. Há,

ainda, as ações que podem ser motivadas pelos gerentes de Projetos do efetivo da DIRMAB. Este formato é aderente com a ferramenta.

Como Plano de Monitoramento, é gerado um relatório específico de emergências, em que é possível priorizar as matrículas em AIFP ou com pequenas quantidades de materiais em emergência, situações estas que, se solucionadas, permitem impacto mais imediato na disponibilidade da frota da FAB. Um exemplo de priorização de Aeronaves em um projeto da FAB é apresentado na figura 9.

Figura 9 – Plano de Monitoramento para um projeto da FAB.

Projeto		A2	
Matrícula\Tipo de EMG\ Status\Providência	Quantidade de EMERGÊNCIAS	Ação	
<b>Matrícula X</b>	1		
AIFP	1		
Providência tomada	1		
LSL158069A2	1	Providências para apressamento da Requisição	
<b>Matrícula Y</b>	2		
AIFP	2		
Aguardando solução	1	Solicitar providência ao PAMA	
Providência tomada	1		
LSL197016A2	1	Providências para apressamento da Requisição	
<b>Matrícula Z</b>	2		
IPLR	2		
Aguardando solução	2	Solicitar providência ao PAMA	
<b>Matrícula A</b>	2		
IPLR	2		
Aguardando solução	2	Solicitar providência ao PAMA	
<b>Matrícula B</b>	4		
AIFP	4		
Providência tomada	1		
O.S.	1	Atendimento via Ordem de Serviço de Reparo no PAMA	
Aguardando solução	3	Solicitar providência ao PAMA	
<b>Matrícula C</b>	10		
IPLR	10		
Providência tomada	2		
LSL159001A2	1		
O.S.	1		
Aguardando solução	8		
<b>Total geral</b>	<b>21</b>		

Fonte: o autor.

As matrículas do projeto são ordenadas da menor para a maior quantidade de emergências, apresentando o tipo/status das emergências e outras informações necessárias para tomada de decisões, a fim de direcionar os esforços no sentido das ações que resultarão na maximização da disponibilidade logística das aeronaves.

Encontram-se, em fase de implantação, indicadores globais para tempo de solução de emergência; e específicos, para controle do tempo para transporte e desembarço e tempo para aquisição de itens emergenciais.

## 6 RESULTADOS PRELIMINARES

### 6.1 VISÃO GERAL

Sobre os tempos para solução de emergências tipo AIFP, de materiais de consumo, cuja providência foi uma requisição para aquisição do material via CABW, pode-se apresentar os seguintes dados de 2018, relacionados direta ou indiretamente com as ações tomadas no Projeto 6 Sigma.

Figura 10. Comparação entre resultados do processo as is e processo melhorado.

	2017 (AIFP, Consumo, Requisição CABW como providência)			2018 (AIFP, Consumo, Requisição CABW como providência)		
	Média (dias)	Tamanho da amostra	DesvPad (dias)	Média (dias)	Tamanho da amostra	DesvPad (dias)
<b>Emergência Aguardando Providência PAMA</b>	12	20	4	4	36	2
<b>Requisição em cotação</b>	15	9	2	12	19	1
<b>Aprovação Técnica das Propostas + Aprovação Mapa + Empenho + Entrega DepCABW</b>	104*	N/D	N/D	53*	N/D	N/D
<b>Transporte e Desembarço</b>	23	24	21	15	24	2

**Total**

**154 dias**

**84 dias**

\* Valor obtido indiretamente, subtraindo tempo total para solução da emergência dos demais tempos medidos

Fonte: o autor.

Em 7 meses de operação do setor de emergências, os resultados apontam para uma redução média de 8 dias no tempo para tomada de providência pelos PAMA para emergências do tipo AIFP (de 12 para 4 dias, aproximando o valor real do previsto no MCA 67-1 Manual de Suprimento). Foi tomado por referência o início das ações de acompanhamento/cobrança pelo CELOG junto aos setores de emergência dos PAMA.

Identificou-se que, com as ações relativas ao Desembarço de itens entregues em São Paulo, o tempo para desembarço com a equipe do CELOG é de, em média, 3 dias, contra 8 de média atualmente no CTLA. Após a implantação do setor de desembarço no CELOG, os itens em emergência para aplicação no Parque de Material Aeronáutico de São Paulo são enviados do depósito da CABW para o aeroporto de Guarulhos, sendo desembarçados na cidade média de 3 dias, e entregues diretamente no PAMASP, após a retirada da carga. A participação destes itens reduziu a média do tempo de transporte e desembarço em 6 dias (aproximadamente 28%).

Com isso, pode-se inferir que as ações tomadas até a presente data resultaram em uma redução direta de, em média, 16 dias, ou seja, aproximadamente 10% dos 154 dias da média de 2017 para os tempos de solução de emergências, especificamente nos casos em que a providência demanda a aquisição via requisição de material na CABW.

Considerando o fato de o cadastro de fornecedores no banco de dados da CABW ter sido a entrada identificada pelos especialistas como a de maior correlação com a saída “tempo para solução da emergência”, mais de 200 empresas ou foram ou cadastradas pelo setor de Emergências, no sistema de cotação eletrônica da CABW, ou tiveram seus cadastros atualizados no sistema, o que permite maior participação de potenciais fornecedores nas licitações modalidade convite, por daquela comissão. Houve inclusive uma redução no índice de recotações em 2018, o que impactou na média do tempo que as requisições permanecem em cotação, entretanto, não se pode atribuir uma relação de causa e efeito entre as ações deste projeto e a redução no índice de recotações.

Ademais, outra fração que apresentou redução substancial no tempo para conclusão foi a Aprovação de Mapa, emissão de Ordem de Compra e entrega do material no Depósito da CABW. Cumpre ressaltar, entretanto, que a principal ação relacionada a esta etapa do processo e que é tomada pelo setor de emergências, é a solicitação de apressamento da entrega do material, após emissão de Ordem de Compra. Como a entrega do material, ainda que com pedido de apressamento, depende da atuação do fornecedor, não se pode atribuir a redução no tempo desta etapa como produto exclusivo das ações oriundas do Projeto ora apresentado.

## 6.2 CASO DE SUCESSO: transdutor de pressão da aeronave C-95 Bandeirante

Para exemplificar casos de sucesso de maneira mais específica, pode-se ressaltar a aquisição de transdutores de pressão aplicados em aeronaves C-95 Bandeirante, fabricado EMBRAER, modelo EMB-110, cuja missão básica é o transporte de passageiros e cargas, incluindo transporte de órgãos.

Os transdutores, de fabricação norte-americana, apresentaram elevada incidência de falha durante o mês de maio de 2018, gerando necessidade de troca deste item em 13 aeronaves das 50 que compõem a frota dos Bandeirantes. Das 13 aeronaves em que este item precisava ser substituído, 3 encontravam-se indisponíveis para voo exclusivamente devido à falta do transdutor.

O item encontrava-se em processo de aquisição via CABW, entretanto, as empresas que estavam participando na cotação dos itens indicavam prazos superiores a 150 dias para entrega do material.

Face àquele cenário, o setor de emergências apresentado ao longo do presente trabalho, atuou na prospecção de potenciais fornecedores que pudessem deter o material em estoque, contatando empresas no Brasil e no Exterior. Como resultado, foi identificado potencial fornecedor que, após negociação também realizada pelo setor de emergências, apresentou proposta de entrega imediata de 5 unidades do transdutor, cotando o menor prazo e menor valor. Depois de concluído o processo de aquisição, o material foi entregue no depósito da CABW dentro de 7 dias.

O militar do setor de emergências, responsável por acompanhar a tramitação de itens emergenciais, coordenou seu transporte, juntamente com a seção de material da CABW, viabilizando o aproveitamento de missão de aeronave da FAB que retornaria dos Estados Unidos para o Brasil no dia seguinte ao da entrega dos transdutores no Depósito.

Com isso, após desembaraço alfandegário dos materiais, foi possível disponibilizar 5 transdutores ao Parque de Material Aeronáutico de Lagoa Santa (PAMALS), central de manutenção do C-95, no prazo de 30 dias, contados da identificação das emergências. Considerando o prazo de 150 dias ofertados pelas empresas que participavam no processo de cotação na CABW antes da atuação do setor de emergências, estima-se que, nas vias normais de aquisição e distribuição, os materiais seriam recebidos no PAMALS apenas no final de dezembro de 2018. Das 5 unidades do transdutor, 3 foram aplicadas de imediato na manutenção das aeronaves, disponibilizando-as para o voo, o que permitiu um incremento de 7% na disponibilidade da frota do C-95 no mês de agosto de 2018.

As demais necessidades do transdutor também foram gerenciadas pelo setor de emergências, tendo sido sanadas no final do mês de agosto de 2018.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo deste trabalho é o de apresentar a aplicação de ferramentas da metodologia 6 Sigma em um projeto de melhoria do processo de gerenciamento de emergências de material aeronáutico na FAB.

O uso da técnica de *brainstorming* durante a aplicação das ferramentas da fase de Definição permitiu que os procedimentos executados pelos responsáveis por atividades específicas fossem percebidos e criticados por clientes e fornecedores internos. Este cenário resultou em ganho conhecimento para equipe como um todo e permitiu que as ações delineadas durante o projeto não afetassem negativamente nenhum dos *stakeholders*.

Dentre as dificuldades observadas durante a aplicação da metodologia, ressalta-se o fato de que os especialistas nos subprocessos envolvidos no macroprocesso de solução de emergências apresentam resistências às mudanças. Pode-se inferir que esta dificuldade de quebrar paradigmas tenha relação com o longo intervalo de tempo que os militares convivem com o processo da maneira como é visto hoje. Adicionalmente, ressalta-se que os stakeholders foram representados por militares de diferentes postos e patentes o que se apresenta como um desafio para a aplicação das ferramentas, requerendo parcimônia e diligência do líder do projeto, que deve conduzir a aplicação do método esclarecendo, em ambiente totalmente hierarquizado, a importância do conceito de *brainstorming* para o sucesso do projeto. Neste aspecto, o apoio da alta direção nos projetos 6 Sigma realizados em ambientes hierarquizados, se mostra como mandatório para a aplicação bem-sucedida do método.

De qualquer maneira, tais dificuldades não se mostraram como impeditivas para a implantação das melhorias identificadas com a aplicação do método.

Considerando o fato de que, antes da implantação das melhorias do Projeto 6 Sigma ora apresentado, as emergências de material aeronáutico eram gerenciadas exclusivamente pelos Parques de Material Aeronáutico de São Paulo, Lagoa Santa e Galeão, a implantação de um setor de emergências no CELOG conferiu uma visão conjunta das emergências. Esta característica oportuniza uma solução sinérgica para óbices logísticos comuns entre os PAMA.

Além disso, o fato de o CELOG atuar conjuntamente com a CABW na aquisição de itens e com o CTLA no transporte e desembarço, estando estas unidades subordinadas ao CELOG, possibilita soluções mais completas para a logística de aquisição, transporte e desembarço de materiais emergenciais.

Finalmente, o aspecto identificado como fundamental para o sucesso da aplicação da metodologia 6 SIGMA é o apoio da alta direção. Sem o suporte da Alta Direção não

teria sido possível, por exemplo, criar uma seção específica no CELOG para tratar da logística de materiais emergências para a manutenção da frota da FAB.

## **APPLICATION OF SIGMA 6 TOOLS IN THE IMPROVEMENT OF THE LOGISTICS OF EMERGENCY MATERIAL FOR APPLICATION IN THE MAINTENANCE OF THE BRAZILIAN AIR FORCE FLEET**

### **ABSTRACT**

This work deals with the Project to improve the logistics process for the supply of aeronautical material of emergency application for the maintenance of aircraft of the Brazilian Air Force fleet. Such an approach is justified in the impact caused by the lack of aeronautical material for application in aircraft maintenance on the availability of the FAB fleet, an indicator that is fundamental to the fulfillment of its mission. The objective of this work is to improve the process of management of emergencies of aeronautical material in the FAB, through the application of 6 Sigma methodology tools. Thus, the case study was the format chose to present the application of the 6 Sigma tools. The study has shown the applicability and efficiency of the 6 Sigma tools in improving the management of emergencies of aeronautical material, while it permitted the constructive interaction between the stakeholders and the reduction in the time between the request of the material by the operator and delivery of this material.

**Keywords:** 6 SIGMA. DMAIC cycle. Process Improvement. Aircraft Availability.

### **REFERÊNCIAS**

AL MUHAREB ; GRAHAM-JONES. Using Lean Six-Sigma in the Improvement of Service Quality at Aviation Industry: Case Study at the Departure Area in KKIA. **International Journal of Environmental and Ecological Engineering**. 2014. Disponível em: <<https://waset.org/publication/Using-Lean-Six-Sigma-in-the-Improvement-of-Service-Quality-at-Aviation-Industry:-Case-Study-at-the-departure-Area-in-KKIA/9997202>>. Acesso em: 28 jan. 2018.

ANDRIETTA, João Marcos; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Aplicação do Programa Seis Sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo *survey* exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 203-219, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v14n2/01.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

ARAÚJO, Cidália. Estudo de Caso. **Métodos de Investigação em Educação**. Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho, 2008. Disponível em <[http://grupo4te.com.sapo.pt/estudo\\_caso.pdf](http://grupo4te.com.sapo.pt/estudo_caso.pdf)>. Acesso em: 09 de julho. 2017

ASCEF, Rogers. Análise da estrutura da rede de suprimento e distribuição do sistema de material aeronáutico da Força Aérea Brasileira. **Sustainable Business International Journal**, mar. 2013. Disponível em: <<http://www.sbijournal.uff.br/index.php/sbijournal/article/view/41/39>>. Acesso em: 28

jan.2018.

BALLOU, Ronald. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**, 4. ed. Porto Alegre; Bookman, 2001.

\_\_\_\_\_. The evolution and future of Logistics and Supply Chain Management. **European Business Review**, 2007. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/235318339\\_The\\_Evolution\\_and\\_Future\\_of\\_Logistics\\_and\\_Supply\\_Chain\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/235318339_The_Evolution_and_Future_of_Logistics_and_Supply_Chain_Management)>. Acesso: em 30 abr. 2018.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **DCA 2-1 – Doutrina de Logística da Aeronáutica**. Brasília, DF, 2003.

\_\_\_\_\_. Comando da Aeronáutica. **MCA 67-1 – Manual de Suprimento**. Rio de Janeiro, RJ, 2003.

\_\_\_\_\_. Comando da Aeronáutica. **Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2016 – 2041**. Brasília, DF, 2016.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 6.834, de 30 de abril de 2009. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2019. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6834.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6834.htm)>. Acesso em: 30 abr. 2018.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 9077, de 8 de junho de 2017. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2017. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/decreto/D9077.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9077.htm)>. Acesso em: 30 abr. 2018.

BREYFOGLE, F.W. **Implementing Six SIGMA: smarter solutions using statistical methods**, 2 ed. Austin: John Wiley & Sons, Inc, 2010.

COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS. **Glossary and Terms**. *CSCMP* 2013. Disponível em: <[https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921](https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921)>. Acesso em: 29 abr. 2018.

JEROEN, D. Mast; JORA J. Lokkerbol An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. **Int. Journal of Production Economics**. v. 139, 2012 Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527312002277>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

MALEYEFF, John. Improving Service Delivery in Government with Lean Six Sigma. **IBM Center for the Business of Government** – Washigton-DC, 2007. Disponível em: <<http://asq.org/gov/improving-service-delivery-in-in-government-with-lean-six-sigma.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2018.

MCDERMOTT, Robin E. ; MIKULAK, Raymond J. ; BEAUREGARD, Michael R. **The basics of FMEA**. 2. ed. Estados Unidos: Taylor and Francis Group, 2009.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introduction to Statistical Quality Control**. 6. ed. Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc, 2009.

OLIVEIRA, A.S.L. Karina. **Qualidade em obras públicas: um estudo comparativo das metodologias seis sigma, ISSO 9000 e PBQP-H no RN**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/14928/1/KarinaASLO.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

PANAGOPOULUS, Ilias; ATKIN, Chris, SIKORA, IVAN. Lean Six Sigma in aviation Safety: an implementation guide for measuring aviation system's safety performance. **Journal of Safety Studies**. v. 2, n. 2, 2016 Disponível em: <<http://www.macrothink.org/journal/index.php/jss/article/viewFile/10438/8397>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

PYZDEK, T.; KELLER, P. A. **The Six Sigma handbook: a complete guide for green belts, black belts and managers at all levels**, 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2010.

SEN, G. Güngör; ÖZZEYTIN, Görkem; BATUR, Irfan. Implementation of simulation in six-sigmamethodology: an application in a manufacturing firm. **Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology**. v.19 n.1, 2015. Disponível em: <[https://www.tmt.unze.ba/zbornik/TMT2015Journal/022\\_Journal\\_TMT\\_2015.pdf](https://www.tmt.unze.ba/zbornik/TMT2015Journal/022_Journal_TMT_2015.pdf)>. Acesso em: 30 abr. 2018.

SNEE, Ron. Six SIGMA: the evolution of 100 years of business improvement methodology. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v.1, n. 1. 2004. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/245526469\\_Six\\_Sigma\\_The\\_evolution\\_of\\_100\\_years\\_of\\_business\\_improvement\\_methodology](https://www.researchgate.net/publication/245526469_Six_Sigma_The_evolution_of_100_years_of_business_improvement_methodology)>. Acesso em: 30 abr. 2018.

VIEIRA, Darli Rodrigues; LOURES, Paula Lavorato. Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) Fundamentals and Strategies: An Aeronautical Industry Overview. **International Journal of Computer Applications**, v. 135, 12 fev. 2016. Disponível em: <<https://www.ijcaonline.org/research/volume135/number12/vieira-2016-ijca-908563.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Criando a cultura seis sigma**. 3. ed. Nova Lima: Werkema Editora, 2004.