



ISSN 2175-6295 Rio de Janeiro- Brasil, 12 e 13 de agosto de 2010

O CÁLCULO DA QUANTIDADE DE GIRO DE SUPRIMENTOS REPARÁVEIS PARA FROTAS DE AERONAVES DE ASA ROTATIVA.

OSCAR DE ALMEIDA MACHADO

Universidade Estadual Paulista – UNESP/FEG
Av Dr Ariberto Pereira da Cunha, 333, Pedregulho, Guaratinguetá-SP.
oscarmachado@ig.com.br

UBIRAJARA ROCHA FERREIRA

Universidade Estadual Paulista – UNESP/FEG
Av Dr Ariberto Pereira da Cunha, 333, Pedregulho, Guaratinguetá-SP.
ferreir@feg.unesp.br

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo principal encontrar um modelo matemático que se ajuste para calcular a quantidade de giro ideal de suprimentos reparáveis em frotas de aeronaves de asa rotativa. Isto se justifica pelo crescente aumento da frota de helicópteros em todo o mundo, o que consequentemente aumenta a demanda pela manutenção de itens reparáveis e a necessidade de *lead-time* e estoque cada vez menores. Verificou-se que os modelos observados na literatura apresentam algumas deficiências, podendo não se adequar corretamente ao problema apresentado. Em face disso, optou-se solucionar o problema por simulações, onde se determinou a falta do item, mensalmente, durante um período de 24 meses. Estes resultados foram submetidos a testes de aderência não-paramétricos, com o objetivo de se avaliar em qual distribuição amostral melhor se enquadrariam. Por fim, concluiu-se que a melhor distribuição para se modelar o problema foi a Normal, e que para se aplicar tal modelo deve-se possuir uma base de dados confiável e um *lead-time* bastante curto, para que a quantidade de giro seja reduzida e o estoque imobilizado tenda a zero.

Palavras Chaves: Suprimento Reparável, Quantidade de Giro, Distribuições Amostrais.

ABSTRACT

This paper aims to find a mathematical model to the best fitting to calculate the ideal repairable supply turnover quantity in the rotating-wings aircrafts fleets. The helicopter fleet increases growth around the world and consequently, maintenance demand for repairable items and the needs of reduce the lead-time and stocks justify this. In the literature, were observed that the models presents some deficiencies, cannot be fitting at this presented problem. Because this, the choice was to solve the problem using simulations, which the item lack variable were determined, monthly, during a period of 24 months. These results were submitted to non-parametric adherence tests, to verify which sample distribution had the best fit. At last, were concluded that the best distribution to modeling the problem was the Normal

distribution and for to apply this model, it must be have a data base reliable and a very short lead-time, for the turnover quantity must be reduced and the immobilized stocks tends to zero.

Keywords: Repairable supply, Turnover quantity, Sample distributions.

1INTRODUÇÃO

Atualmente, tanto no Brasil como no mundo, está ocorrendo uma grande expansão da frota de aeronaves de asa rotativa (helicópteros). Empresas do ramo de taxi aéreo têm, cada vez mais investido no aumento de sua frota para atender a crescente demanda de executivos que necessitam de transporte rápido e que podem efetuar pousos em áreas restritas tais como terraços de edifícios, casas de praia, campos de futebol, etc.

De acordo com o relatório de acompanhamento setorial aeronáutico editado em outubro de 2008 pela ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial) e pela Unicamp (Universidade de Campinas), a capacidade de pouso e decolagem vertical fez com que o helicóptero se tornasse um veículo adequado para deslocamento em regiões de difícil acesso como montanhas e florestas, além de ser ideal para operações embarcadas e de resgate. Em suma, o helicóptero não precisa necessariamente de um aeroporto para pousar, que é uma grande vantagem sobre as aeronaves de asa fixa (aviões).

Ainda de acordo com a ABDI (2008), os helicópteros também são utilizados pelas forças públicas em atividades policiais e de resgate. As características dos helicópteros somadas aos avanços tecnológicos fizeram com que as aeronaves de asas rotativas fossem utilizadas de forma crescente pelas forças militares, não apenas em operações de transporte e resgate, mas também como plataformas anti-submarinas e de ataque ao solo.

Em face disto, verifica-se que órgãos públicos como a Receita Federal, Polícia Federal, Polícias Militares dos Estados e as Forças Armadas estão investindo na ampliação de suas frotas. Recentemente o Ministério da Defesa (2009), anunciou a compra de mais 50 aeronaves de asas rotativas modelo EC-725, da empresa francesa Eurocopter para equipar o Exército, a Marinha e a Aeronáutica.

Para se ter uma idéia da magnitude da expansão da frota brasileira de helicópteros, basta mencionar que esta cresceu 45% nos últimos 10 anos (1999-2008), segundo dados do relatório setorial aeronáutico. Atualmente (2008), a frota brasileira de helicópteros é de 1.378 aeronaves, destas cerca de 17% são de uso militar.

No nível mundial, o Brasil possui a sétima maior frota de helicópteros civis, contando com 967 unidades (2005), segundo dados da ABRAPHE (Associação Brasileira de Pilotos de Helicópteros). No entanto, estima-se que caso o ritmo atual de crescimento seja mantido, a frota brasileira irá ultrapassar a japonesa, a australiana e a britânica, em um futuro próximo, passando a ocupar a quarta colocação. Cabe ressaltar que a cidade de São Paulo possui a segunda maior frota de helicópteros do mundo, superando Tóquio e ficando atrás apenas de Nova York (ABDI, 2008).

Segundo a ABDI (2008), este crescimento robusto da demanda civil por helicópteros se deve a diversos fatores. O principal deles é a aceleração do crescimento econômico, que permitiu uma maior lucratividade às empresas, as demandantes finais dos serviços de helicópteros executivos. O crescimento econômico também se reflete numa maior arrecadação tributária, permitindo aos governos federais e estaduais expandir seus serviços de polícia e resgate.

Ainda de acordo com a ABDI (2008), outro fator que acelerou a demanda brasileira por helicópteros foi a valorização cambial, até então existente, que proporcionou uma contínua queda no preço das aeronaves em moeda local. Além disso, os crescentes congestionamentos dos grandes centros urbanos também impulsionaram a demanda por helicópteros no Brasil.

Outro fator importante que tem incentivado o aumento da frota no Brasil é a descoberta de novos pólos petrolíferos na bacia de Campos no estado do Rio de Janeiro. Cada vez mais cresce a demanda por transporte da cidade de Macaé às plataformas de petróleo.

Em função desta expansão da frota, tem ocorrido um aumento de demanda pelos serviços de manutenção em tais aparelhos. Esses serviços são, em geral, muito complexos e de alto custo, necessitando de um planejamento constante com o intuito de se minimizar custos e se voar com a máxima segurança. Um desses serviços é a manutenção de componentes reparáveis, os quais apresentam um valor agregado muito elevado e que são passíveis de reparo ou outra intervenção qualquer.

Para se suprir a demanda destes componentes, uma empresa que possua sua própria frota, ou que execute a manutenção de aeronaves, deve possuir um bom estoque de itens reparáveis, a fim de conseguir um ótimo nível de serviço, permitindo que a frota fique indisponível o menor tempo possível.

Entretanto, tal estoque possui um custo de imobilização elevado, carecendo de um gerenciamento bastante eficaz e complexo. É nesse contexto que a Estatística se constitui em uma ferramenta bastante poderosa, para se calcular a quantidade de giro de cada item reparável que se deve possuir sem o risco de super ou subdimensionar estoques.

O presente tema se insere de forma adequada no cenário da Logística Internacional, ao passo que a maioria dos componentes reparáveis de um helicóptero são fabricados e mantidos por empresas estrangeiras, geralmente situadas na Europa ou nos Estados Unidos.

Mesmo a minoria destes itens, os quais algumas empresas brasileiras conseguem efetuar o reparo no Brasil, na maioria das vezes dependem de suprimento importado do fabricante. Com isso, os valores de *lead-time* de entrega destes componentes aumentam, o que dificulta a tarefa de conseguir um estoque menor e uma cadeia de suprimento altamente eficiente e responsiva.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para se compreender e esquematizar o problema ora apresentado são necessárias algumas definições relativas aos termos empregados na manutenção de componentes aeronáuticos, bem como se analisar alguns modelos já utilizados para se gerenciar a cadeia dos componentes reparáveis.

2.1 DEFINIÇÃO DE SUPRIMENTO REPARÁVEL E SUAS CARACTERÍSTICAS

Combinando-se as definições apresentadas por Wanke (2005) e pelas Normas Administrativas Relativas ao Suprimento de Aviação do Exército (2009), pode-se definir suprimento reparável como sendo todo componente, conjunto ou equipamento passível de alguma intervenção a qual seja viável técnica e economicamente.

Para exemplificar, pode-se dizer que uma turbina (motor) é considerada um item reparável, pois a mesma está sujeita a diversas intervenções que variam desde uma simples inspeção, passando por uma modificação evolutiva e chegando até mesmo numa revisão geral, que é o total recondicionamento do material. Verifica-se ainda que tais intervenções são na maioria das vezes, econômica e tecnicamente viáveis, não necessitando se adquirir um motor novo toda vez que o mesmo apresentar defeito.

Para Vianna (2008), a possibilidade de recuperação permite redução de custos e prazos de reposição menores, logo o recondicionamento é recomendável para materiais de valores significativos, quando viável econômica e tecnicamente.

Verifica-se em geral, que os suprimentos reparáveis são itens de valor elevado, com baixa movimentação anual e de difícil aquisição. Além disso, possuem problemas de

obtenção, por serem em sua maioria importados, havendo apenas um fornecedor, além de serem de difícil fabricação.

Possuem um alto custo de armazenagem e transporte, já que necessitam de acondicionamento especial. São itens de utilização de difícil previsão e equipamentos vitais para a disponibilidade da aeronave. Em geral, possuem uma grande incerteza na demanda.

Quanto ao tamanho físico, pode-se dizer que os mesmos ocupam um grande volume, embora itens menores como instrumentos aviônicos do painel sejam relativamente pequenos se comparados a motores, caixas de transmissão, pás dos rotores, etc.

2.2 O CONCEITO DE TAXA DE FALHAS E TAXA DE REMOÇÃO

Segundo Duarte e Gondim (2005) e Pinto e Xavier (2007), a taxa de falhas é uma razão matemática entre o número de falhas de um determinado componente e o número total de horas de operação da unidade. Pode também ser expresso pela razão entre o número de falhas e o número de unidades testadas multiplicado pelo número total de horas de teste:

$$\text{Taxa de Falha } (\lambda) = \frac{N^{\circ} \text{ de Falhas}}{N^{\circ} \text{ Total de Horas de Operação do componente}} ; \text{ ou} \quad (1)$$

$$\text{Taxa de Falha } (\lambda) = \frac{N^{\circ} \text{ de Falhas}}{(\text{Unidades Testadas}) \times (N^{\circ} \text{ de Horas de Teste})} . \quad (2)$$

Cabe ressaltar que tal conceito, no caso dos itens reparáveis, não deve ser confundido com a taxa de remoções, levando-se em consideração que um item não é removido somente quando apresenta falha (manutenção corretiva), mas para se realizar qualquer intervenção.

Desta maneira, pode-se introduzir um novo conceito que é a taxa de remoção, que pode ser definida como sendo a razão entre o número de remoções de um determinado componente e seu intervalo de operação, podendo este ser calendárico (expresso em tempo), em horas de vôo ou ciclos de operação:

$$\text{Taxa de Remoção (R)} = \frac{N^{\circ} \text{ de remoções}}{\text{Intervalo de Operação}} . \quad (3)$$

Verifica-se assim, que a taxa de remoção contempla todas as intervenções sofridas por um componente reparável, podendo ser entendida como a demanda de certo item em um intervalo de tempo.

2.3 A DEFINIÇÃO DE TEMPO DE REPARO

Pinto e Xavier (2007) definem que o tempo médio para reparo (TMPR), ou *Mean Time To Repair* (MTTR) é o tempo total que foi gasto no reparo do equipamento, acrescido de todas as esperas que retardam a colocação do equipamento novamente em operação.

Para efeito de estudo deste trabalho, será adotada a definição de tempo para reparo como sendo o tempo total gasto por um determinado item para percorrer todas as etapas do ciclo de reparáveis desde a remoção da aeronave até a sua definitiva inclusão em estoque, estando pronto para ser fornecido. Em resumo, até o ponto no qual o item está em totais condições de ser recebido pelos solicitantes. O tempo médio para reparo seria então a média aritmética dos tempos de reparo de itens semelhantes.

2.4 A DIFERENÇA ENTRE QUANTIDADE DE GIRO E ESTOQUE

Quando um item reparável é removido da aeronave por um determinado motivo, sendo enviado para reparo, necessita-se de outro item em condições para repô-lo enquanto este estiver em reparo. No entanto, o tempo de reparo do item pode ser bastante aumentado e ocorrer uma demanda de mais itens no período para se suprir. Desta forma, apenas um único item para suprir tais necessidades durante o ciclo de reparo do item não seria o suficiente, necessitando-se de uma quantidade de giro adequada.

Desta forma, podemos definir quantidade de giro como sendo a quantidade de itens expressa em unidades necessária para se suprir as necessidades de uma determinada frota de aeronaves durante o ciclo de reparo dos itens. Como exemplo, podemos citar que um dado item possui um consumo mensal de 3 unidades, com um tempo de reparo de 2 meses. A quantidade de giro nesse caso será dada pelo produto entre o consumo e o tempo de reparo, ou seja, 6 itens. Presume-se então que em 2 meses, haverá necessidade de 6 itens para suprir a demanda da frota.

Cabe ressaltar que a quantidade de giro nada mais é do que uma quantidade de sobressalentes distribuída ao longo do ciclo de reparo podendo estar em processo ou não. Para fins de estudo, define-se estoque como sendo a parcela de itens pertencente à quantidade de giro, a qual não está em processo, ou seja, está em um almoxarifado aguardando seu fornecimento para uma atividade de manutenção.

Desta forma, podemos perceber que em virtude da política de uma cadeia de suprimento *just-in-time* mencionada por Christopher (2009) e Ballou (2006), o tamanho dos estoques deve tender a zero. No entanto, se deve dispor de uma quantidade de giro suficiente para se atender as necessidades. Cabe lembrar, que por ser um estoque em processo, a quantidade de giro possui um custo operacional e deve ser minimizada.

2.5 OS MODELOS MATEMÁTICOS EXISTENTES NA LITERATURA.

Autores consagrados no campo da administração como Ballou (2009) e Bowersox e Closs (2006), apresentam um modelo aplicável a estoques de suprimentos em geral, onde se apenas necessita conhecer a demanda do material e seu *lead-time*. Tal modelo é bastante simples e a quantidade de giro necessária se traduz pela fórmula (4):

$$Q = D \times LT ; \quad (4)$$

Onde:

Q é a quantidade de giro expressa em itens,
 D é a demanda em um período de tempo, expresso em dias, meses etc. e
 LT é o *lead-time* de entrega do material expresso na mesma unidade de tempo da demanda.

A aplicação de tal modelo é bastante simples e inicia-se com a coleta dos dados relativos à demanda, gerando uma média desta variável e seu desvio-padrão. Em seguida, coletam-se os dados relativos ao *lead-time*, gerando-se também uma média e um desvio-padrão desta segunda variável.

O terceiro passo, segundo os dois autores, é combinar estes quatro parâmetros obtidos das duas distribuições amostrais coletadas, em uma nova distribuição amostral, também denominada por Ballou (2009) de DDLT (Distribuição da Demanda Durante o *Lead-Time*).

A DDLT, assim como qualquer distribuição amostral, possui uma média que é dada pelo produto das médias da demanda e do *lead-time*. Já o desvio-padrão da DDLT é dado pela fórmula (5):

$$\sigma_c = \sqrt{\mu_{TR} \sigma_D^2 + \mu_D^2 \sigma_{TR}^2} \quad (5)$$

Onde:

σ_c é o desvio-padrão combinado da DDLT;
 μ_{TR} é o tempo de reparo médio do item;
 σ_D é o desvio-padrão da demanda do item;
 μ_D é a demanda média do item e;
 σ_{TR} é o desvio-padrão dos tempos de reparo do item.

No entanto, segundo Ballou (2009) e Bowersox e Closs (2006), tal modelo só é aplicável se as variáveis demanda e *lead-time* forem independentes, ou seja, uma não interfere

na outra. Então, para se provar a independência de ambas as variáveis teria-se que proceder a um teste não-paramétrico ou a uma correlação entre as mesmas antes de se aplicar tal modelo.

Como muitas vezes não se possui dados significativos para a aplicação de tais técnicas, bem como as mesmas tornam a resolução do problema mais complexa, verificou-se inicialmente que tal modelo não parecia ser o mais adequado ao caso em questão.

Outro modelo, apresentado por Igawa (2006), e muito empregado, utiliza uma distribuição de Poisson para se modelar o problema. Tal modelo consiste em se calcular a quantidade de falhas que irá ocorrer em um determinado intervalo de tempo coincidente com o *lead-time* do material, utilizando um determinado nível de probabilidade.

Entretanto, observa-se na vida cotidiana que o *lead-time* não é fixo, apresentando incertezas. Este é um ponto deficiente no modelo proposto por Igawa, e que não aparece no modelo apresentado por Ballou e Bowersox e Closs, uma vez que as incertezas da demanda e do *lead-time* são combinadas na DDLT e esta ainda é tratada por uma distribuição amostral, geralmente a Normal pela sua simplicidade.

3 A APLICAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO

Em função das deficiências apresentadas pelos modelos existentes na literatura, procurou-se solucionar o problema através de simulações de dados, onde as variáveis demanda e *lead-time* são combinadas em uma terceira variável denominada falta.

Para isso, o primeiro passo efetuado, foi coletar os dados relativos à demanda mensal nos anos de 2007 e 2008, organizando-os em uma coluna contendo os 24 resultados obtidos. Na coluna seguinte, anotou-se para os mesmos meses a quantidade de itens que retornaram do ciclo de reparo.

A variável falta foi então definida para o primeiro mês, como sendo a diferença entre a demanda e a quantidade de itens que retornaram de reparo neste primeiro mês. Para os meses subsequentes, tal variável era a referida diferença acrescida da falta do mês anterior. Matematicamente tem-se que:

$$\text{Onde: } f_n = f_{n-1} + D_n - R_n, \text{ para } f_1 = D_1 - R_1; \quad (6)$$

f_n : Falta no n-ésimo mês

D_n : Demanda do n-ésimo mês

R_n : Quantidade de itens que retornaram no n-ésimo mês

De posse deste novo conjunto de 24 dados constituintes da variável falta, procedeu-se a testes de aderência não-paramétricos no intuito de se verificar a qual distribuição amostral, a variável falta era mais aderente.

Para isso, utilizou-se o software *EasyFit* versão 5.2, o qual trabalha com três tipos de testes: Qui-quadrado, Kolmogorov-Smirnov e Anderson-Darling. Nos três testes, adotou-se o nível de significância de 5%. É importante salientar que tal software também ordena as distribuições em ordem decrescente de aderência, ou seja, da melhor aderência para a pior.

Com isso, foi possível se determinar qual a distribuição amostral que melhor se adequava a variável falta de determinado item. No critério de seleção das distribuições amostrais, foram escolhidas as distribuições mais usadas na Estatística, como Normal, Poisson, Gama e Weibull.

A distribuição Normal foi escolhida, pois ao se analisar os trabalhos de Ballou (2006), Bowersox e Closs (2009) e Martins e Alt (2009), verifica-se que os mesmos utilizam tal distribuição para modelar o problema devido principalmente à facilidade de cálculo e implementação. Segundo Bowersox e Closs (2009), “Existe uma razoável quantidade de tipos de distribuições de frequência para fins de controle de estoque, mas a mais simples é a distribuição normal”.

Entretanto, os próprios autores mencionaram em seus trabalhos que a distribuição Normal não seria a mais adequada para se modelar problemas relativos ao gerenciamento de estoque. Segundo Martins e Alt (2009), “Como as distribuições estatísticas que melhor aderem aos casos específicos são de difícil determinação, usa-se a distribuição normal para os casos mais comuns, embora se conheçam as deficiências daí decorrentes”.

Verificou-se então que alguns autores utilizam a distribuição Gama em seus trabalhos. Lustosa, Diallo e Neves (2008) mencionam em seu trabalho que autores consagrados como Yeh, Robison e Wanke desenvolveram uma metodologia de trabalho baseada na distribuição Gama que são mais aplicáveis a estoques de empresas fabricantes de material. Wanke (2005) cita ainda que, Yeh descarta a utilização da distribuição de Poisson, quando a relação entre a variância e a média não se situa entre 0,9 e 1,1. Tal afirmação baseia-se no fato que numa distribuição de Poisson a média é igual à variância.

No entanto, o próprio Wanke em um artigo anterior (2003), aproxima os estoques de peças de reposição de baixo giro, ou seja, cuja demanda anual se situa entre uma e trezentas unidades, por uma distribuição de Poisson. Wanke (2003) menciona ainda que a distribuição de Poisson possui propriedades interessantes que a tornam mais adequada para a gestão de estoques de peças de reposição. Lustosa, Diallo e Neves (2008) foram outros autores que usaram a distribuição de Poisson.

Já a distribuição de Weibull é usada principalmente na aplicação da manutenção preditiva em componentes por Duarte e Gondim (2005).

Em virtude de não existir um consenso geral sobre qual destas quatro distribuições deve-se usar para se modelar o problema, além dos trabalhos consultados não serem voltados exclusivamente para o gerenciamento do ciclo de reparáveis para aeronaves de asa rotativa, os testes de aderência para todas estas distribuições foram executados.

Após a distribuição ter sido escolhida, estabeleceu-se um nível aceitável de faltas, para se manter a disponibilidade operacional da frota. Os valores para se atender tal critério foram calculados, utilizando-se as funções POISSON, INVGAMA, INV.NORM E WEIBULLINV do Excel[®].

Cabe aqui ressaltar que quanto menor for o nível aceitável de faltas, maior será a quantidade de giro calculada. No caso do presente trabalho, adotou-se o nível aceitável de faltas como sendo de 5%, mas nada impede que a empresa adote outro valor conforme suas políticas gerenciais.

O valor que foi obtido nada mais é do que a quantidade de giro utilizada para se manter a disponibilidade da frota, com uma probabilidade de 5% de falta, ou seja, de cada 100 pedidos, espera-se que 5 não sejam atendidos por falta de material.

Para se resumir o presente método, verifica-se os seguintes passos-chaves:

- Coletar os dados relativos à demanda, mensalmente, em um período de tempo superior a 20 meses, assim como a quantidade dos itens que retornaram mensalmente no mesmo período;
- Determinar a variável falta segundo a equação (6);
- Submeter os dados obtidos da variável falta a um teste de aderência não-paramétrico para se determinar qual distribuição melhor adere aos dados;
- Determinar um nível de falta aceitável para se obter a disponibilidade operacional da frota;
- Calcular o valor acumulado da referida distribuição para tal nível escolhido (Esta é a quantidade de giro necessária para se manter a disponibilidade operacional).

É importante salientar que a quantidade de giro tem de ser revista periodicamente, em intervalos de tempo regulares, pois os processos do ciclo de reparáveis estão evoluindo constantemente, havendo uma dilatação ou encurtamento do *lead-time* e variações na demanda.

Após o método ter sido definido, foram selecionados, utilizando a técnica de *brainstorming* entre gerentes de uma empresa que realiza manutenção em sua própria frota,

15 (quinze) itens reparáveis considerados os maiores responsáveis pela indisponibilidade das aeronaves e aplicou-se o método acima para todos os itens. Após a coleta dos dados necessários e a determinação da variável falta, conduziram-se os testes de aderência com os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Quantidade de itens cuja variável falta aderiu às respectivas distribuições com um grau de 5% de significância.

	Normal	Gama	Poisson	Weibull
Qui-Quadrado	14 (93,3%)	14 (93,3%)	N/A	13 (86,7%)
Kolmogorov-Smirnov	14 (93,3%)	12 (80,0%)	05 (33,3%)	12 (80,0%)
Anderson-Darling	14 (93,3%)	07 (46,7%)	02 (13,3%)	08 (53,3%)

N/A – O programa *EasyFit* não conseguiu realizar o teste Qui-Quadrado para se verificar a aderência a uma distribuição de Poisson.

De acordo com os resultados apresentados, verificou-se que não existe uma distribuição mais adequada para itens reparáveis em geral, pois não houve 100% de aderência para qualquer uma das quatro distribuições. No entanto, pode-se verificar que a variável falta da grande maioria dos itens (93,3%) aderiu à distribuição Normal, indicando que esta é a melhor distribuição a ser utilizada para se modelar o problema em questão.

No entanto, as distribuições Gama e de Weibull também apresentaram uma boa aderência ao problema, sendo inclusive mais aderentes em alguns itens do que a distribuição Normal. Já a distribuição Poisson se mostra inadequada para se modelar o problema para a maioria dos itens, em função da baixa taxa de aderência observada (33,3% para Kolmogorov-Smirnov e 13,3% para Anderson-Darling).

Em função disto, há necessidade de se efetuar testes de aderência para verificar qual(is) distribuição(ões) melhor se ajusta(m) à variável falta de cada item, não se podendo generalizar o problema (Tabela2).

Tabela 2: Distribuições que melhor aderiram aos dados da variável falta:

Nr	MPN	Nomenclatura	Melhor(es) Aderência(s)
1	622-6323-001	RT ARC 182	NORMAL/GAMA/WEIBULL
2	4000504-0301	MECANISMO ANTENA	NORMAL
3	4001670-2511	TELA DO RADAR	NORMAL/GAMA/WEIBULL
4	3057-149-3	INDICADOR DE TORQUE HM-1	NORMAL/GAMA/WEIBULL
5	3057-3-136-5	INDICADOR DE TORQUE HA-1	NORMAL
6	5633-710-80-11	INDICADOR DELTA NG	GAMA
7	5351-6-1	TRANSMISSOR DE TORQUE	NORMAL
8	5637-560-00-10	INDICADOR T4	NORMAL/GAMA/WEIBULL
9	8816694000	MALETA VIBRAÇÃO MOTOR	NORMAL/GAMA/WEIBULL/POISSON
10	524-031	STARTER GENERATOR	NORMAL/GAMA/WEIBULL
11	SC 8033-1	SERVO ESQUERDO	NORMAL
12	2233248-2*	CDU FDR	NORMAL/GAMA/WEIBULL/POISSON
13	2241500-5*	MDAU FDR	NORMAL
14	SC7282	SERVO TRASEIRO	NORMAL
15	SC8034-1	SERVO DIREITO	NORMAL

Após os testes de aderência, calculou-se a quantidade de giro necessária para um nível de falta de 5%, com os resultados apresentados na Tabela 3, para os 15 itens objeto de estudo. Como se pode observar, as quantidades de giro encontradas utilizando as diferentes

distribuições estavam bastante próximas, principalmente entre as distribuições Normal e Gama, apresentando em 13 dos 15 casos uma diferença menor que 10% entre ambas. A distribuição de Weibull foi a que se diferenciou bastante das demais, apresentando um resultado elevado em 6 dos 13 itens calculados.

Tabela 3: Quantidades de giro obtidas através do cálculo de probabilidades nas distribuições amostrais:

Nr	MPN	Nomenclatura	Normal	Gama	Poisson	Weibull
1	622-6323-001	RT ARC 182	27	29	20	37
2	4000504-0301	MECANISMO ANTENA	19	20	15	19
3	4001670-2511	TELA DO RADAR	18	19	N/A	21
4	3057-149-3	INDICADOR DE TORQUE HM-1	20	21	15	28
5	3057-3-136-5	INDICADOR DE TORQUE HA-1	19	22	N/A	39
6	5633-710-80-11	INDICADOR DELTA NG	23	25	18	24
7	5351-6-1	TRANSMISSOR DE TORQUE	26	28	N/A	48
8	5637-560-00-10	INDICADOR T4	5	5	6	4
9	8816694000	MALETA VIBRAÇÃO MOTOR	10	11	9	12
10	524-031	STARTER GENERATOR	30	31	N/A	45
11	SC 8033-1	SERVO COMANDO ESQUERDO	7	7	6	N/A
12	2233248-2*	CDU FDR	13	13	12	17
13	2241500-5*	MDAU FDR	10	N/A	N/A	N/A
14	SC7282	SERVO COMANDO TRASEIRO	12	13	N/A	14
15	SC8034-1	SERVO COMANDO DIREITO	7	7	N/A	16

Obs 1: N/A significa distribuição não aderente em nenhum dos três testes.

Obs 2: Foi calculada a quantidade de giro para a referida distribuição quando pelo menos um dos três testes aceitou a hipótese de aderência.

Após isto, confrontaram-se os dados existentes na Tabela 2 com a Tabela 3, verificando-se qual a quantidade de giro ideal de acordo com a distribuição ideal. No caso de duas ou mais distribuições serem aderentes, escolhe-se a que fornece a menor quantidade de giro. Desta maneira, as quantidades de giro adotadas estão apresentadas na Tabela 4.

Após se determinar a quantidade de giro ideal, foram consideradas as necessidades de aquisição, de modo a se alcançar tal quantidade, bem como o montante de capital necessário para tal.

Verificou-se então que o montante a ser gasto para se obter a quantidade de giro para estes 15 itens seria de €2.830.872,00 (Dois Milhões Oitocentos e Trinta Mil e Oitocentos e Setenta e Dois Euros), o equivalente a R\$6.308.196,27 (Seis Milhões Trezentos e Oito Mil, Cento e Noventa e Seis Reais e Vinte e Sete Centavos), considerando o câmbio do dia 31/01/2010.

Desta forma, o setor de aquisições da referida empresa observou que as quantidades obtidas eram bastante altas e que a aquisição de mais componentes reparáveis para se alcançar a quantidade de giro determinada pelo método extrapolaria o orçamento, não sendo possível atender as necessidades como um todo.

Em função disto, foi realizada uma análise para se determinar a importância de cada item e o impacto que a falta dele traria para a disponibilidade da aeronave e das atividades manutenção, a fim de se priorizar a aquisição de tais itens.

Tabela 4: Quantidades de giro e distribuições adotadas:

Nr	MPN	Nomenclatura	Quantidade de Giro	Distribuição
1	622-6323-001	RT ARC 182	27	Normal
2	4000504-0301	MECANISMO ANTENA	19	Normal
3	4001670-2511	TELA DO RADAR	18	Normal
4	3057-149-3	INDICADOR DE TORQUE HM-1	20	Normal
5	3057-3-136-5	INDICADOR DE TORQUE HA-1	19	Normal
6	5633-710-80-11	INDICADOR DELTA NG	25	Gama
7	5351-6-1	TRANSMISSOR DE TORQUE	26	Normal
8	5637-560-00-10	INDICADOR T4	4	Weibull
9	8816694000	MALETA VIBRAÇÃO MOTOR	9	Poisson
10	524-031	STARTER GENERATOR	30	Normal
11	SC 8033-1	SERVO COMANDO ESQUERDO	7	Normal
12	2233248-2*	CDU FDR	12	Poisson
13	2241500-5*	MDAU FDR	10	Normal
14	SC7282	SERVO COMANDO TRASEIRO	12	Normal
15	SC8034-1	SERVO COMANDO DIREITO	7	Normal

A alta quantidade de giro obtida deveu-se em função de basicamente dois fatores: A existência de um longo tempo de reparo do item e a reincidência de panes em um mesmo componente. Desta maneira, a empresa decidiu envidar esforços para reduzir o tempo de reparo e melhorar a confiabilidade da manutenção.

Atualmente, a empresa tem tomado as seguintes medidas para se reduzir os tempos de reparo:

- Utilização de ferramentas de análise e melhoria de processos, no intuito de se eliminar tarefas que não agregam valor;
- Capacitação de suas oficinas internas para que a mesma realize as manutenções em determinados componentes sem necessidade de envio para oficinas externas;
- Redução do tempo de tomada de decisão *Make or Buy*, ou seja, se a empresa realiza a intervenção no componente em suas oficinas internas ou o envia para oficinas externas;
- Nacionalização de alguns suprimentos para reparo de componentes reparáveis;
- Melhoria dos processos alfandegários, com a utilização de novos regimes de exportação temporária;
- Utilização da Teoria das Restrições para se identificar gargalos na cadeia de suprimento reparável, explorá-los e elevá-los.

Para se melhorar a confiabilidade na manutenção, tem-se utilizado basicamente das seguintes medidas:

- Utilização da Análise do Modo e Efeito de Falha (*Fail Mode and Effect Analysis - FMEA*), no intuito de se descobrir as causas nas falhas de manutenção executadas em suas oficinas internas;
- Realização de cursos de reciclagem tanto do pessoal que opera os equipamentos da aeronave quanto dos que executam a manutenção dos mesmos em empresas externas;
- Recalibração e reparos em instrumentos e ferramentas;
- Utilização de ferramentas de análise e melhoria de processos, no intuito de se eliminar tarefas que não agregam valor.

4 CONCLUSÕES

Em face do exposto, pode-se concluir que não existe uma fórmula única para se modelar todos os itens reparáveis, pois cada um segue um padrão diferente de modelo, sendo necessária a execução de testes de aderência não-paramétricos para se determinar qual distribuição é melhor aderente.

No entanto, pode-se observar que para os itens estudados, a distribuição Normal se mostra mais aderente. Verificou-se ainda que a mesma fornece, na maioria das vezes, uma quantidade de giro menor que as demais, com valores bem próximos da distribuição Gama. Além disso, sua aplicação é bem mais simples, tornando-a bastante propícia para se modelar o problema em questão.

Com relação ao método ora apresentado, pode-se verificar que o mesmo possui uma fácil implementação, tendo sido necessária para execução de tal estudo apenas um computador com o software estatístico de teste de aderência EasyFit e o próprio Excel[®]. Porém, para uma aplicação generalizada para todo e qualquer item reparável de uma aeronave de asa rotativa, a qual possui mais de 300 itens reparáveis dependendo do modelo, o Excel[®] torna-se inviável, havendo a necessidade de se criar um software específico para o cálculo da quantidade de giro, acoplado ao software estatístico.

Um aspecto bastante positivo é que tal método não exige uma quantidade grande de dados, o que facilita sua implementação, podendo se utilizar os dados disponíveis no banco de dados rotineiro da empresa. No entanto, tal base de dados deve ser extremamente confiável.

Por fim, conclui-se que para a aplicação eficaz de tal método, é necessário que a empresa esteja com os processos da cadeia de reparáveis enxutos e bastante operacionais, com valores de *lead-time* curtos, para que se tenha uma quantidade de giro pequena e um estoque tendendo a zero. Caso contrário, o método irá fornecer uma quantidade elevada de itens e que fatalmente irá extrapolar o orçamento da empresa.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, UNIVERSIDADE DE CAMPINAS.** *Relatório de Acompanhamento Setorial: Indústria Aeronáutica – Segmento de Fabricação de Helicópteros*. Volume II. 2008. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/?q=system/files/Aeron%C3%A1utico+out.+2008.pdf>>. Acesso em 12 out 2009 17:23:00.
- BALLOU, R.H.** *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/ Logística Empresarial*. 5 ed. Trad Raul Rubenich. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BOWERSOX, D. J. e CLOSS, D.J.** *Logística Empresarial: O Processo de Integração da Cadeia de Suprimento*. Trad. Equipe do Centro de Estudos em Logística, Adalberto Ferreira das Neves. São Paulo: Atlas, 2009.
- BRASIL.** Ministério da Defesa. *Normas Administrativas Relativas ao Material de Aviação do Exército*. Brasília, 2009.
- _____. Ministério da Defesa. *Brasil e França anunciam parceria para aquisição mútua dos aviões Rafale (francês) e KC-390 (brasileiro)*. Reportagem de imprensa divulgada em 07 set 2009. Disponível em: <<https://www.defesa.gov.br/imprensa/index.php>>. Acesso em: 12 out. 2009. 21:00:00.
- CHRISTOPHER, M.** *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Criando Redes que Agregam Valor*. 2. ed. Trad Mauro de Campos Silva. São Paulo: Cengage Learning, 2009.
- DUARTE, M.A.V. e GONDIM, R.M.** *Aplicação da Estatística na Manutenção Preditiva*. FAMAT em Revista. Universidade Federal de Uberlândia v. 5, p. 211-223, set. 2005. Disponível em: <<http://www.famat.ufu.br/revista/revistaset2005/artigos/ArtigoRaquelMarcus.pdf>>. Acessado em: 22 jul. 2009 18:30:00.
- IGAWA, M.** *Otimização do Suprimento de Itens Reparáveis para Frotas de Aeronaves*. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- LUSTOSA, L.J., DIALLO, M. e NEVES, G.** *Previsão de Estoque de Peças Eletrônicas Sobressalentes*. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica. 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_069_490_12072.pdf>. Acesso em: 12 out. 2009 20:32:30.
- MARTINS, P.G. e ALT, P.R.C.** *Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais*. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2009.
- PINTO, A.K. e XAVIER, J.A.N.** *Manutenção: Função Estratégica*. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.
- VIANNA, J.J.** *Administração de Materiais: Um Enfoque Prático*. São Paulo: Atlas, 2008.
- WANKE, P.F.** *Gestão de Estoques de Peças de Reposição de Baixo Giro*. Revista Tecnológica. Rio de Janeiro: Centro em Estudos de Logística – UFRJ, n° 89, abr. 2003. Disponível em: <http://www.ilos.com.br/site/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=10&dir=DESC&order=date&Itemid=44&limit=99&limitstart=0>. Acesso em: 12 out. 2009. 20:54:00.
- _____. *Metodologia para Gestão de Estoques de Peças de Reposição: Um Estudo de Caso em Empresa Brasileira*. Revista Tecnológica. Rio de Janeiro: Centro em Estudos de Logística - UFRJ, n° 121, p. 60-65, dez. 2005. <<http://www.ilos.com.br/site/index.php?>

option=com_docman&task=cat_view&gid=10&dir=DESC&order=date&Itemid=44&limit=9
&limitstart=0>. Acesso em: 12 out. 2009. 20:57:00.