

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Taís Sartori Bassani**

**Proposição de um modelo para identificação e controle  
dos custos operacionais diretos do processo de  
manutenção de aeronaves**

**Porto Alegre**  
**2017**

**Taís Sartori Bassani**

**Proposição de um modelo para identificação e controle  
dos custos operacionais no processo de manutenção de  
aeronaves**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Prof. Francisco José  
Kliemann Neto, Dr..

Porto Alegre

2017

**Taís Sartori Bassani**

# **Proposição de um modelo para identificação e controle dos custos operacionais no processo de manutenção de aeronaves**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Acadêmica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

**Prof. Orientador Francisco José  
Kliemann Neto, Dr.**  
Orientador PPGE/UFGRS

---

**Prof. Flávio Sanson Fogliatto**  
Coordenador PPGE/UFGRS

**Banca Examinadora:**

Professora Joana Siqueira de Souza, Dr. (PPGE/UFGRS)

Professor Carlos Pérez Bergmann, Ph.D. (PPGE/UFGRS)

Professor Paulo Tadeu de Mello Lourenção, Dr. (ITA/EMBRAER)

Dedicatória

*"Aprender é a única coisa que a mente  
nunca se cansa, nunca tem medo e nunca  
se arrepende."*

Leonardo da Vinci

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr Francisco José Kliemann Neto pelos ensinamentos, confiança e infinita disponibilidade ao longo da construção dessa dissertação.

Aos meus pais que sempre foram os maiores incentivadores na superação de meus limites.

## RESUMO

O mercado pós-venda para o setor de aviação apresenta grande potencial em função do alto ciclo de vida da aeronave. O processo consumidor da maior parte dos recursos é o processo de manutenção de aeronaves, pois demanda disponibilidade de materiais para o atendimento ao cliente, somado à mão-de-obra das oficinas de reparo e o custo do reparo e compra desses materiais. À medida que o mercado consumidor é consolidado, a entrada de novos *players* tornou a competição acentuada. Fabricante de aeronaves e fornecedores, sempre com relacionamento de parcerias, encontraram-se competindo em um mercado comum e, com isso viu-se a importância de ter indicadores que possibilitassem a mensuração e o controle dos processos pós-venda a fim de fomentar a sua compreensão e sua melhoria contínua. Este trabalho tem como foco principal a construção de um modelo para identificação e controle dos custos operacionais diretos do processo de manutenção de aeronaves. O modelo foi aplicado no processo pós-venda de uma fabricante de aeronaves. Com isso, o ambiente operacional, seu processo e atividades foram analisados. Ainda, a fim de apoiar a gestão do processo utilizou-se o método de Custeio Baseado em Atividades (ABC), seguido pela identificação dos direcionadores primários e secundários que influenciam no custo operacional direto de manutenção. Após a aplicação do método, foi realizada uma análise de sensibilidade para apoiar melhorias no processo de manutenção de aeronaves. Dessa forma, a construção do modelo e a posterior análise de sensibilidade explicitaram os principais elementos que afetam o custo operacional direto de manutenção, a fim de direcionar ações de melhoria no processo e com isso, construir uma cultura de controle de custos. Observou-se que a parcela de maior peso é referente aos custos do processo de reparo e substituição de componentes. Além disso, viu-se que a parcela que se refere somente aos custos de reparo (C1) influencia de forma menos acentuada o custo operacional direto de manutenção quando comparada a influência do valor de confiabilidade do componente (MTBUR - *Mean Time Between Unscheduled Removal*). No entanto, ao comparar fornecedores de uma mesma tecnologia, conclui-se que o valor de MTBUR não é o principal direcionador que deve ser considerado. A aplicação e validação do modelo permitiu enxergar novas perspectivas do processo e com isso, direcionar e apoiar ações para sua melhoria de forma a alcançar mais clientes.

## ABSTRACT

Aftermarket for the aviation sector has greater potential due to the high life cycle of the aircraft. The process that drives the most part of the resources is aircraft maintenance, because it demands materials availability for customer service, in addition to the repair workforce and the cost of repairing and purchasing these materials. As the consumer market is consolidated, the entry of new players has made competition more accentuated. An aircraft manufacturer and its suppliers, always with a partnership relationship, suddenly found themselves competing in a common market and, therefore, the importance of having indicators that enable the measurement and control of aftermarket processes, especially those related to aircraft maintenance, raises in order to better understand and support its continuous improvement. The main focus of this research is to elaborate a model in order to identify and control the direct operational costs of the aircraft maintenance process. This model was applied in the aftermarket process of an aircraft OEM and brought the analysis of the operating environment, its process and activities. Also, in order to support process management, the Activity-Based Costing (ABC) costing method was used, followed by the identification of the primary and secondary drivers that influence the direct operating cost of maintenance. After that, a sensitivity analysis was performed to support improvements in the aircraft maintenance process. Therefore, the model followed by the sensitivity analysis identified the main elements that affect the direct operational cost of maintenance, driving improvement actions and building a control culture. It has been observed that the main cost driver refers to the repair process costs and its components replacement. In addition, it has been found that the repair costs (C1) has a less significant influence on the direct operating cost of maintenance when compared to the influence of the component reliability (MTBUR - Mean Time Between Unscheduled Removal) value. However, when comparing suppliers of the same technology, it is concluded that the MTBUR value is not the main driver that should be considered. Validating and applying the model brought new process perspectives supporting continuous improvement action for achieving more customers.

## ÍNDICE

1. Introdução .....	14
1.1 O mercado de pós-venda.....	14
1.2 Problemática .....	17
1.3 Objetivos do trabalho.....	21
1.4 Limites do trabalho .....	21
1.5 Estrutura do trabalho.....	22
2. Referencial Teorico.....	23
2.1 O Gerenciamento da cadeia de suprimentos.....	23
2.1.1 Objetivos estratégicos do gerenciamento da cadeia de suprimentos .....	26
2.1.2 Controle do desempenho da cadeia de suprimentos .....	28
2.1.3 A cadeia de suprimentos no mercado de aviação .....	31
2.2 O comportamento associado ao mercado pós-venda de aviação.....	35
2.2.1 A competitividade do mercado pós-venda.....	37
2.2.2 Fatores-chaves para a manutenção de aeronaves.....	40
2.3 Avaliação econômico-financeira do mercado pós-venda.....	43
2.3.1 Sistema de Custos .....	44
2.3.2 Direcionadores de custos no mercado pós-venda do setor de aviação .....	50
3 Metodologia.....	53
3.1 Métodos de pesquisa.....	53
3.2 Método de trabalho .....	54
3.2.1 Fase inicial: Compreensão do ambiente operacional.....	54
3.2.2 Fase I: cálculo dos custos primários. ....	56
3.2.3 Fase II: Cálculo do custo operacional direto de manutenção.....	59
3.2.4 Fase III: análise de sensibilidade e Identificação de melhorias.. ....	61
4. Resultados e Discussões .....	63
4.1 Fase I: compreensão do Ambiente Operacional: Estudo de Caso .....	63
4.2 Fase II: Mapeamento das etapas do processo de manutenção .....	64
4.2.1 Identificação das atividades e dos recursos .....	65
4.2.2 Definição de direcionadores e cálculo dos custos primários .....	66
4.2.2.1 Definição e Cálculo do Custo de Mão-de-Obra.....	66
4.2.2.2 Definição e Cálculo do Custo de Reparo.....	68
4.2.2.3 Preço de aquisição.....	71
4.2.2.4 Definição do Custo de Estoque.....	71
4.3 Cálculo do custo operacional direto de manutenção.....	71
4.3.1 Identificação, definição e atribuição dos direcionadores secundários .....	71

4.5 Identificação dos direcionadores secundários, definição e atribuição .....	71
4.6 Estudo de Caso: Definição dos produtos .....	72
4.6.1 Relação entre produtos e direcionadores de custos primários .....	73
4.6.1.1 Custo de Mão-de-Obra.....	73
4.6.1.2 Custo de Reparo.....	74
4.6.1.3 Custo de Estoque.....	75
4.7 Custo Operacional Direto de Manutenção .....	75
4.8 Análise de Sensibilidade .....	77
4.8.1 Análise de Sensibilidade Aplicada a Seleção de Fornecedores - Identificação de melhorias no processo.....	81
5. Conclusão.....	85
6. Pesquisas Futuras.....	87
Referências.....	88

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Segmentação do mercado pós-venda .....	16
Figura 2: Evolução das prioridades do setor aeronáutico .....	18
Figura 3: Gerenciamento do Ciclo de Vida de uma aeronave. ....	18
Figura 4: Custo direto de manutenção (DMC) por elemento .....	19
Figura 5: Segmentação dos componentes que representam peças e serviços terceirizados .....	20
Figura 6: Arranjo organizacional exemplificando as principais áreas compreendidas pela SCM.....	25
Figura 7: Objetivos estratégicos para o gerenciamento da cadeia de suprimentos.....	28
Figura 8: Interfaces e interações necessárias para mensuração do desempenho de cadeias de suprimentos .....	30
Figura 9: Transição da estrutura tradicional para uma estrutura modular e horizontal. .	32
Figura 10: Modelos de negócios pertencentes ao mercado pós-venda (a) atendimento a programas de fidelização, (b) oferta de novos serviços e (c) atendimento ao cliente através do fornecedor. ....	35
Figura 11: Pilares estratégicos utilizados nos modelos de negócios pós-venda. ....	37
Figura 12: Evolução do mercado pós-venda.....	39
Figura 13: Fluxo compreendido na manutenção de aeronaves, seus principais atores e fatores.....	41
Figura 14: Inter-relação entre os princípios de custeio na alocação de custos fixos e variáveis .....	47
Figura 15: Principais atividades que contribuem para o custo total do produto ao longo de seu ciclo de vida.....	48
Figura 16: Fluxograma utilizado na metodologia deste trabalho.....	55
Figura 17: Mapeamento do processo de manutenção de aeronaves e suas atividades.....	57
Figura 18: Arranjo de tabelas utilizado para o cálculo de C1, tabelas (c) e (d), e para o cálculo de C2, tabelas (a) e (b).....	58
Figura 19: Identificação dos direcionadores secundários ao longo do processo de manutenção .....	59
Figura 20: Conjunto de equações utilizadas para o cálculo do custo operacional direto de manutenção(c), sendo (a) custo do processo de reparo e substituição de materiais e (b) custo do processo de gerenciamento de estoque.....	61
Figura 21: Processo de manutenção de aeronaves.....	65
Figura 22: Pacotes de componentes por tipo de falha constatada, sendo (a) Vazamento; (b) Ruído; (c) Baixa pressão (c), (d) Alta pressão e (e) Fluxo interrompido. ....	70
Figura 23: Quantificação e classificação dos pacotes-padrão dos componentes, sendo (a) para as falhas relacionadas a Vazamento (b) Ruído(c) Baixa pressão (d) Alta pressão e (e) Fluxo interrompido.. ....	79
Figura 24: Influência do custo de reparo no custo operacional direto de manutenção..	79
Figura 25: Influência do MTBUR sobre o custo operacional direto de manutenção. ....	80
Figura 26: Influência do MTBUR, com variação de 15%, no custo de reparo e no custo operacional direto de manutenção (a) , Influência do MTBUR, com variação de 15%, no custo de reparo e no custo operacional direto de manutenção (b).. ....	81
Figura 27: (a) Influência do custo de estoque no custo operacional de manutenção, a partir da variação de MTBUR e (b) Influência do custo de estoque no custo operacional de manutenção, a partir da variação de C1... ..	81
Figura 28: Comparação dos custos operacionais incorridos em 12 meses e 25 anos entre fornecedor A e fornecedor B para o mesmo produto.....	82

Figura 29: Comparação dos custos operacionais incorridos em 12 meses e 25 anos entre fornecedor A e fornecedor B para o mesmo produto..... 84

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Avaliação econômica da venda direta X pós -venda .....	17
Tabela 2: Tabela comparativa entre os métodos de custeio.....	49
Tabela 3: Recursos consumidos por atividade.....	66
Tabela 4: Recursos consumidos pelas atividades em um período de 12 meses.....	67
Tabela 5: Custo direto de mão-de-obra (C2) conforme consumo por atividade.....	68
Tabela 6: ProdutosXRazão de Remoção.....	68
Tabela 7: Unidades de componentes de mandadas X Falhas constatadas.....	69
Tabela 8: Custo Unitário por Componente .....	70
Tabela 9: Efeito dos direcionadores secundários sobre o custo operacional direto de manutenção .....	72
Tabela 10: Direcionadores secundários por componente .....	73
Tabela 11: Consumo de hora/homem por atividade de acordo com o produto .....	73
Tabela 12: Custo por produto associado a atividades realizadas na oficina de reparo ...	74
Tabela 13: Razão de remoção por produto .....	74
Tabela 14: Custo de estoque por produto .....	75
Tabela 15: Custo operacional direto de manutenção .....	76
Tabela 16: Comparação entre asvariáveis dos fornecedores A e B, cenário 1 .....	82
Tabela 17: Comparação entre asvariáveis dos fornecedores A e B, cenário 2 .....	83

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Parcela de custos referente ao processo de reparo e substituição de materiais.....	60
Equação 2: Equação do custo de cobertura de estoque de peças reparadas.....	60
Equação 3: Equação do custo de cobertura de estoque de peças novas.....	60

## 1. INTRODUÇÃO

Este capítulo visa contextualizar e discutir os principais desafios e oportunidades presentes no mercado pós-venda global, seguido pela apresentação da problemática central e dos objetivos presentes neste estudo. O intuito inicial é fornecer um panorama geral do mercado pós-venda global, com suas principais características e tendências. Não faz parte desse trabalho o estudo longitudinal desse mercado, mas sim salientar os principais pontos fortes e fracos. Dada a ideia principal, foca-se para as principais peculiaridades do mercado pós-venda aeronáutico, como por exemplo a representatividade no ciclo de vida do produto e os impactos que podem ocorrer no custo operacional direto de manutenção, tema central deste estudo.

### 1.1 O mercado de pós-venda

A internacionalização das indústrias é um fator importante na busca pela competitividade (Alves, 2014; Andrade, 2015). A atuação em mercados globais proporciona oportunidades de alavancar vendas, mas impõe às empresas o desafio de manterem-se sustentáveis frente às oscilações econômicas (Policy, 2009; Arbixa, 2015). Com isso, inúmeras indústrias ao redor do mundo viram-se obrigadas a rever seus processos, de forma a oferecer produtos e serviços diferenciados (Little, Spafford, 2015; Cassonet al., 2016).

Com a crescente demanda por produtos de alta complexidade, a estratégia das empresas firmou-se na venda de soluções e não mais apenas de produtos (Cohen, 2006). Contudo, os resultados esperados vieram acompanhados por novos modelos de negócios, em que a fidelização do cliente torna-se prioridade. Sendo assim, a necessidade de suporte ao consumidor durante todo o ciclo de vida do produto culminou no desenvolvimento do mercado pós-venda, imprescindível para o sucesso do negócio (Farris II, 2004; Zook, 2007; Sellitto; Borchardt, 2011; Guidolin, 2012).

Estudos destacam que a venda de peças e serviços para o segmento pós-venda já alcançou 8% do Produto Interno Bruto dos Estados Unidos. Isso significa que as empresas e os consumidores norte-americanos investem cerca de US\$ 1 trilhão por ano em produtos que já possuem (Aberdeen, 2005; Cohen, 2006). Esse mercado consumidor, segundo relatório trimestral da McKinsey, corresponde a 40% do lucro total das companhias (Gallagher, 2005).

Os segmentos de mercado que absorvem a maior parte do investimento pós-venda podem ser visualizados na Figura 1. Nela destacam-se os produtos referentes à linha branca e máquinas industriais como sendo aqueles que detêm 42% do mercado pós-venda. É interessante perceber que dentre os produtos estudados são aqueles de menor complexidade, valor agregado e ciclo de vida os que apresentam a maior fatia de mercado. Dessa forma, nota-se que esse nicho foi o precursor em programas de fidelidade devido à sua facilidade de elaboração e venda. Se, por um lado, programas de fidelização trouxeram alto retorno para produtos de baixa complexidade, por outro é evidente que para produtos de alta complexidade a oportunidade de fidelização é ainda maior, pois envolve um número maior de peças e serviços, com alto valor agregado.

Quando fala-se em produtos de alta complexidade, as OEMs (*Original Equipment Manufacturer* - Montadoras de Equipamentos) são as detentoras da maior fatia de mercado, pois oferecem produtos com longo ciclo de vida e alto valor agregado, como por exemplo automóveis (leves e pesados), aviões para aplicações comerciais, executivas e defesa e segurança. O sucesso de programas de fidelização abre novas oportunidades para as OEMs, desde novos modelos de negócio, contribuindo para o aumento da sua rentabilidade, até o fortalecimento da relação com os clientes (Gupta, 2004; Carter, 2008).

O mercado consumidor das empresas OEMs ainda não é destaque no nicho pós-venda em função de diversas razões. Dentre elas, a mais discutida é a despreocupação dos altos executivos do setor em desenvolver e inovar nesse mercado. Esse comportamento é decorrente da dificuldade de mensuração dos resultados desse setor, sendo considerado apenas como fonte de despesa, no lugar de geração de receita (Baumgartner, 1999; Kallenberg, 2003; Sellitto, 2011; Little, 2015).

No entanto, essa visão vem mudando ao longo dos últimos anos em função das crescentes margens de lucro presentes no mercado pós-venda. Segundo pesquisa realizada em 2005 no mercado pós-venda de máquinas e equipamentos industriais, é possível comparar o valor presente líquido (VPL) de vendas diretas e o VPL das vendas para o mercado pós-venda, utilizando como Taxa Mínima de Atratividade (TMA) o valor de 8% ao ano. e um

prazo total de 30 anos. Dessa forma, à medida que a margem dos produtos do mercado pós-venda aumenta, o VPL total ultrapassa significativamente aquele vinculado às vendas diretas.

**Figura 1: Segmentação do mercado pós-venda**



Fonte: Adaptado de Gupta, 2004.

Com isso, torna-se evidente que o lucro advindo do suporte ao produto tem potencial para ultrapassar o lucro proveniente da venda direta, exemplificado na Tabela 1 (Gallagher, 2005). Ainda, é importante destacar que o lucro do mercado pós-venda é varia de acordo com a vida útil do produto, quando a vida útil é maior, a taxa de reposição também é maior; sendo assim, máquinas industriais, automóveis e aeronaves certamente são os nichos que apresentam maiores oportunidades nesse mercado em função do longo ciclo de vida.

No mercado de aviação, a previsão para o mercado de manutenção, reparo e inspeção (MRO - *Maintenance Repair and Overhaul*), segundo pesquisa realizada em 2015, deverá ultrapassar os US\$ 90 bilhões em 2024 (IATA, 2015). Portanto, as OEMs devem aproveitar esta oportunidade de controlar seu próprio destino em um momento em que o crescimento de mercado trará novos *players* ávidos por controlar parte considerável do mercado pós-venda (WYMAN, 2015).

**Tabela 1: Avaliação econômica da venda direta X pós -venda**

	Exemplo	Margem	Valor Presente Líquido - VPL - (8%, 30 anos)
Venda de um Equipamento Novo	Preço = \$ 100.000	15%	\$ 15.000
Peças de reposição	Média = 60% Preço do Novo	25%	\$ 15.000
		30%	\$ 18.000
		35%	\$ 21.000

Fonte: Adaptado de McKinseyQuarterly, 2005

## 1.2 Problemática

O ciclo de vida de um avião pode chegar até 50 anos, o que é cinco vezes maior quando comparado de um automóvel. Dessa forma, o papel das atividades de suporte ao cliente no setor de aviação torna-se mais proeminente quando comparado ao setor automobilístico(Lee et al. ,2008).

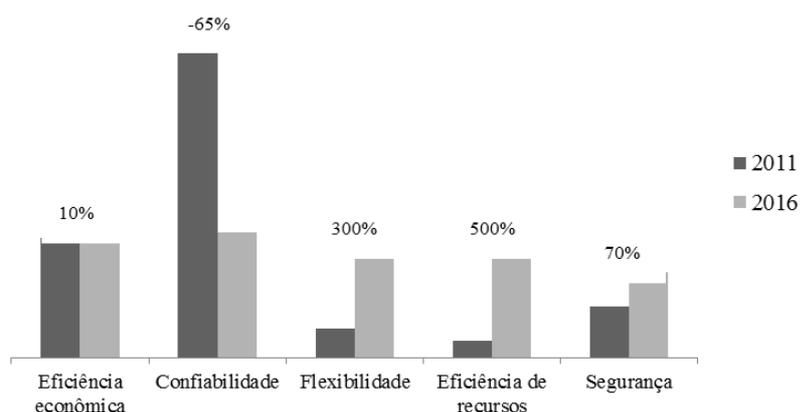
No que diz respeito à contribuição acadêmica, a indústria de aviação apresenta grandes possibilidades de estudos, visto que há uma defasagem de cerca de 10 a 15 anos em relação à indústria automobilística (Tiwari, 2005). Tendo em vista as oportunidades do mercado de pós-venda e a escassez de estudos na indústria de aviação, conhecer, controlar e mensurar os processos que compreendem o mercado pós-venda de aviação tornam-se desafiadores.

A tendência de mudança no comportamento das empresas de aviação em relação ao nicho de mercado pós-venda pode ser observado na Figura 2. É perceptível que a indústria de aviação, que durante anos seguiu a filosofia de confiabilidade a qualquer custo, está repensando o seu modelo de negócio. Como resultado, destaca-se a preocupação com a eficiência de recursos, seguido pela sua flexibilidade, que é entendida como rápida reconfiguração de aeronaves, claro, segurança do serviço prestado (Uhlmann, 2013; Spafford, 2015).

A tendência de controlar a eficiência de recursos vem acompanhada da necessidade de entender os processos em que os recursos são consumidos, inclusive para o mercado de pós-venda. Sem o domínio dos processos e das atividades que os compreendem, a elaboração de estratégias para esse nicho torna-se bastante complexa. Um estudo realizado em 2015 mostra que uma das barreiras para alavancar o mercado de manutenção, reparo e inspeção (MRO - *maintenance, repair and overhaul*) é, além da indisponibilidade de capital, a dificuldade de comprovar o retorno dos investimentos iniciais (Spafford, 2015). A dificuldade de mensuração da margem que o setor promove para a companhia está atrelada provavelmente ao desconhecimento ou falta de sistematização de seus processos. Sendo assim, é importante

que se defina uma nova estratégia para o mercado, de forma explicitar os processos pós-venda e como os mesmos contribuem para o crescimento do negócio (Cohen, 2006).

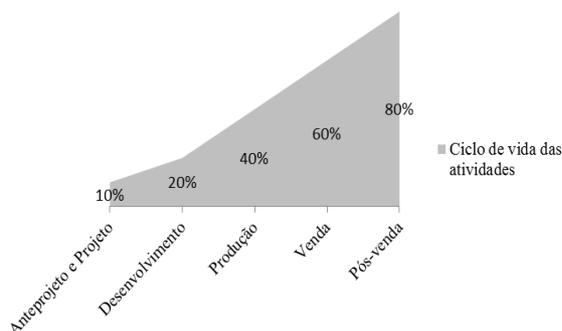
**Figura 2: Evolução das prioridades do setor aeronáutico**



Fonte: Adaptado de Gupta, 2004.

O ciclo de vida de uma aeronave compreende geralmente cinco fases, desde o seu anteprojeto até a fase de suporte ao pós-venda. De acordo com pesquisa realizada nos principais *players* do setor, as atividades relacionadas ao pós-venda absorvem cerca de 80% do ciclo total do produto, uma vez que desde as fases iniciais do desenvolvimento da aeronave já são planejados e projetados o ciclo de vida de seus principais componentes. Quando se compara o volume de atividades que o pós-venda demanda ao longo do ciclo de vida da aeronave com atividades relacionadas a vendas, pode-se observar que o pós-venda é ainda 20% maior. Com isso as atividades de vendas representam 60% do ciclo total de vida de uma aeronave, conforme observado na Figura 3(Farris II, 2004).

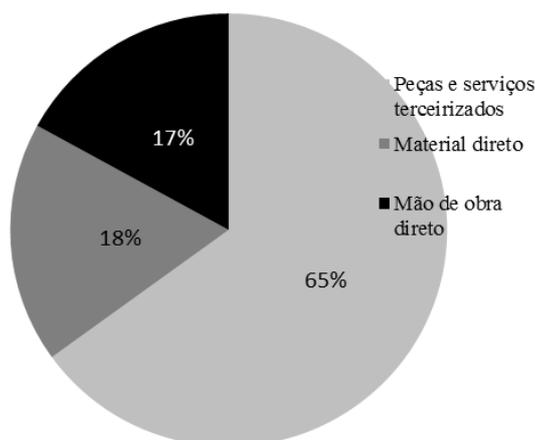
**Figura 3: Gerenciamento do Ciclo de Vida de uma aeronave**



Fonte: Adaptado de Farris II, 2004

Dentre as responsabilidades da área de pós-venda tem-se a disponibilidade de materiais para suporte ao campo como aquela que consome a maior parte dos recursos, segundo pesquisa realizada em 2014 pela Associação Internacional de Transporte Aéreo (IATA - *International Air Transport Association*), que representa 260 companhias aéreas, ou 83% do tráfego aéreo. Conforme exemplificado na Figura 4, o custo direto de manutenção de aeronaves (DMC - *Direct Maintenance Cost*) em 2013 representou um faturamento no total de US\$ 13,1 bilhões, sendo 65% em função de peças e serviços terceirizados.

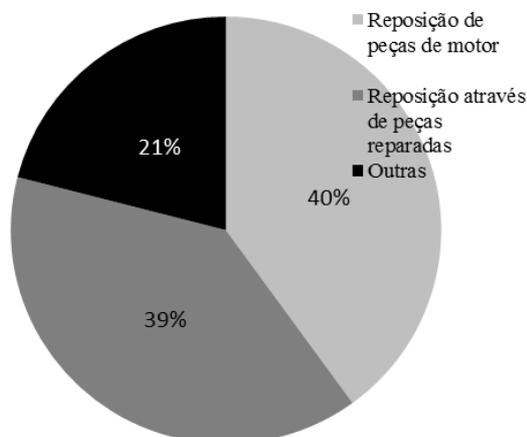
**Figura 4: Custo direto de manutenção (DMC) por elemento**



Fonte: Adaptado de IATA, 2014.

Peças e serviços terceirizados incluem, além da disponibilidade de material sobressalente, o processo de reparo, inspeção e substituição de materiais. Nesses processos devem ser considerado o valor de mão de obra e material, referente à troca e substituição de componentes. Além disso, é fator importante no custo direto de manutenção o uso de materiais consumíveis, tais como combustível e óleo, chamados de material direto (IATA, 2014). Por último, é também parcela importante a mão de obra utilizada para a verificação do sistema, chamado de *checks* de manutenção. Quando a verificação não encontra alguma não-conformidade, podem ser considerados apenas valores de mão-de-obra e material direto. Se ela é encontrada, deve ser somado o valor das peças, bem como os serviços nelas aplicados (reparos e sua substituição). Com o intuito de explicitar os fatores que contribuem para o custo total das peças e serviços terceirizados, foi realizada a sua segmentação na Figura 5.

**Figura 5: Segmentação dos componentes que representam peças e serviços terceirizados**



Fonte: Adaptado de IATA, 2014.

Nota-se que o processo de reparo de peças contribui para o custo total de manutenção, sendo menos significativo apenas que as atividades relacionadas à manutenção do motor, mercado dominado pelos fabricantes multinacionais. Sendo assim, é fundamental a compreensão do seus custos para melhoria do gerenciamento do processo de reparo de peças.

No entanto, é importante destacar que o custo total de manutenção é resultado da soma de duas parcelas, a dos custos diretos, aqueles relacionados ao custo operacional, por exemplo a manutenção e o combustível consumido, e a dos custos indiretos, aqueles relacionados a amortizações e despesas administrativas. De acordo com estudo realizado pela Administração Federal de Aviação, FAA (*Federal Aviation Administration*), a parcela de custos diretos representa 52% do custo total, contra 48% dos custos indiretos (Decker, 2014).

Além dos direcionadores de custo para o mercado de manutenção de aeronaves, é importante ressaltar que atualmente esse mercado vem ganhando a atenção das fabricantes de aeronaves, que buscam nesse nicho expandir a venda de peças e serviços, criando dessa forma um novo ambiente de competição entre reparadores, prestadores de serviços e fabricantes de aeronaves. Dessa forma, a compreensão dos fatores econômicos desse mercado é imprescindível para manter-se competitivo.

### 1.3 Objetivos do trabalho

Embora seja fácil pensar que o gerenciamento do fluxo dos produtos seja desde o ponto de aquisição até o consumidor final, para muitas empresas existe também um canal logístico inverso que precisa ser igualmente administrado. O gerenciamento do ciclo de vida de um produto não se encerra com a entrega ao consumidor.

O setor pós-venda, que presta suporte ao cliente, vem crescendo de forma acentuada e ganhando a atenção de novos *players*, sendo um deles a própria fabricante de aeronaves, que busca nesse mercado a aproximação com o cliente a fim de vender não somente a aeronave, mas também serviços de forma a aumentar sua receita nesse setor. No entanto, para obter sucesso é mandatório ser competitivo com relação a custos, visto que seu principal competidor é, muitas vezes, os próprios fabricantes dos componentes.

Sendo assim, este trabalho tem como foco principal a construção de um modelo para identificação e controle dos custos operacionais diretos do processo de manutenção de aeronaves a partir da compreensão e mapeamento do processo e atividades de manutenção. O trabalho apresenta também os seguintes objetivos secundários:

- a) Identificação dos direcionadores de custos e seus impactos, bem como construção de padrões intermediários que auxiliem na formação do custo total;
- b) Análise do impacto da variação de elementos de custo sobre os resultados da empresa.

### 1.4 Limites do trabalho

O foco específico do trabalho é no segmento pós-venda de aviação comercial. Dessa forma, direciona e limita seu desenvolvimento para esse mercado e suas atividades relacionadas. Além disso, a proposição do modelo será em função de atividades de reparo de manutenção programada e não programada de aeronaves. Para a quantificação dessas atividades, serão considerados valores para o preço dos componentes proporcionais aos praticados, não sendo possível a abertura da estrutura de tais custos, uma vez que é informação confidencial. Questões logísticas que estão sob a gestão e operação de empresas terceirizadas também não estão no escopo do trabalho, como por exemplo, o custo logístico relacionado à reposição de estoque. Não se nega com isso a existência de tal custo, nem mesmo uma possível classificação dele como custo logístico.

Como um último limite dessa pesquisa cita-se a aplicação e validação da metodologia proposta em apenas uma empresa do segmento. Embora se trate de uma empresa de grande

porte, que atua em todas as atividades estudadas, não há como afirmar que a aplicação da metodologia neste ambiente garanta sua imediata aplicabilidade em outras empresas do segmento de aviação.

### 1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro deles faz uma discussão geral sobre o tema, justificando-se a relevância do seu estudo, apresentando os objetivos do trabalho e seus limites. O segundo capítulo apresenta a compreensão do segmento de aviação, suas principais práticas relacionadas à cadeia de suprimentos, seguido pela explicitação dos seus processos, atividades e respectivos direcionadores de custos. Após, neste mesmo capítulo serão revisados os principais conceitos da área de custos de produção. O terceiro capítulo apresenta uma metodologia definida a partir do estudo do segundo capítulo, e no quarto capítulo é feita sua aplicação em uma grande empresa do segmento. No quinto capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho e discutidas possibilidades para futuras aplicações da metodologia proposta em outras pesquisas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo abordará os principais temas discutidos neste trabalho, os quais são necessários para o desenvolvimento da metodologia proposta. Os tópicos discutidos incluem o gerenciamento da cadeia de suprimentos e suas peculiaridades para o mercado de aviação, além do comportamento do segmento pós-venda e seus principais processos, seguido pela compreensão de seus impactos econômico-financeiros na cadeia de suprimentos.

### 2.1 O gerenciamento da cadeia de suprimentos

O gerenciamento da cadeia de suprimentos de uma empresa é tradicionalmente um tema de grande relevância, pois é o centro de uma organização, garantindo a sustentabilidade em um horizonte de longo prazo. Os primeiros estudos sobre o assunto discutem que a gestão deveria ser realizada em uma perspectiva interna, e com isso a define como uma forma de integração e colaboração entre os departamentos de uma empresa. O resultado esperado dessa união de esforços era atingir as exigências do ambiente em que o negócio estava inserido, e já no final dos anos 1980 foi introduzido o conceito de organização dessas atividades em torno de um processo comum do negócio (Lawrence & Lorsch, 1967; Davenport, 1993; Johnson & Leenders, 2006).

Com o aumento da oferta de produtos, o mercado tornou-se cada vez mais complexo, e as empresas viram-se desafiadas a redesenhar a estrutura de suas atividades em processos que resultassem na melhoria de sua competitividade. Esse comportamento transformou a estrutura organizacional, uma vez organizada de forma departamental, em uma estrutura voltada para os processos, sem fronteiras definidas (Certo & Peter, 2005). Com isso, as organizações aproximavam-se cada vez mais dos seus clientes e de suas exigências, mudando dessa forma a sua estratégia de fazer negócios (Davenport & Beers, 1995; Phillips & Coghlan, 2013).

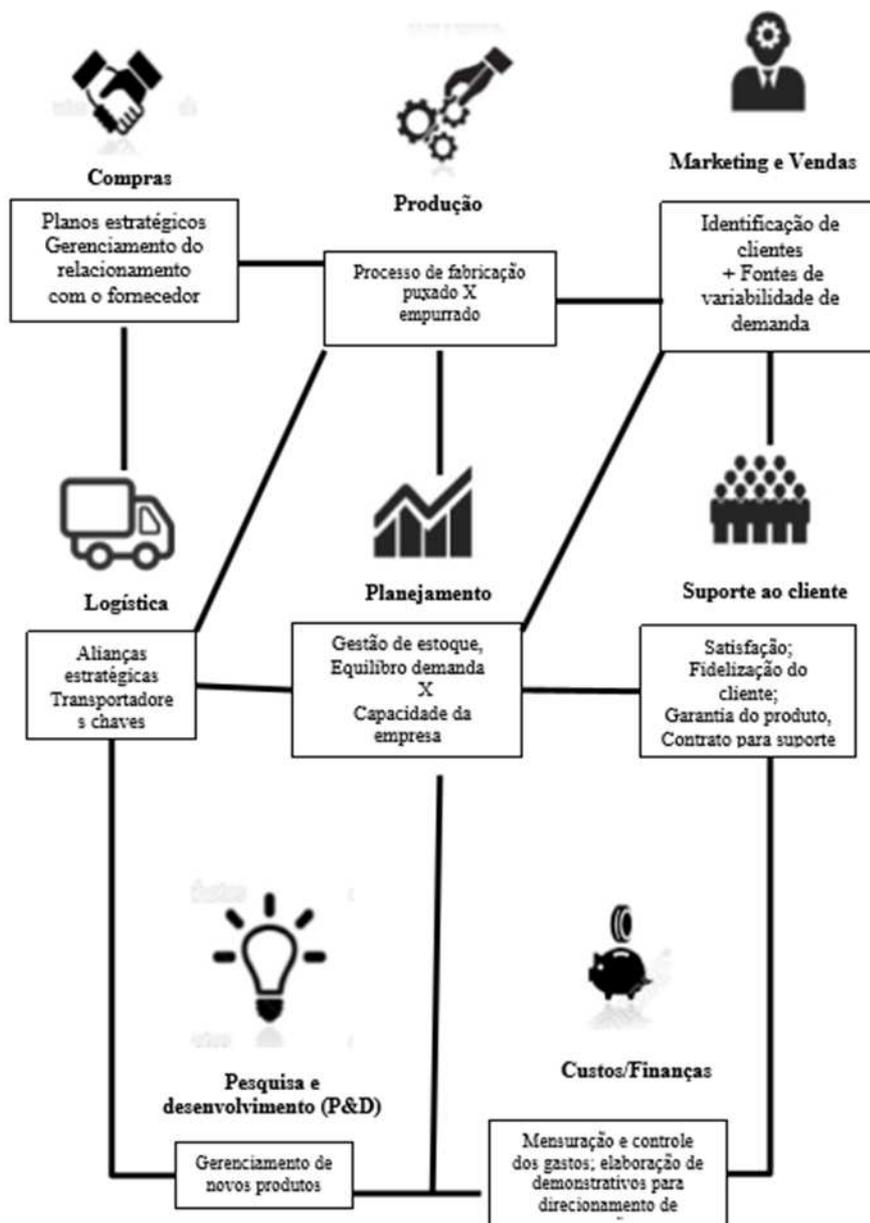
O gerenciamento dos processos do negócio pode ser definido como uma abordagem estruturada voltada para análise e melhoria contínua das atividades fundamentais de uma organização, dentre as quais se destacam fabricação, comercialização e comunicação. Com uma abordagem de processo, o foco deve ser atender às necessidades dos clientes (Cooper, 1997; Ziggers, 2016).

A partir dessas mudanças, a SCM (*Supply Chain Management* - Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos) passou a compreender cada vez mais atividades, sendo elas vinculadas a funções como *marketing* e vendas, pesquisa e desenvolvimento, planejamento, produção, compras, logística, custos e finanças e serviços ao cliente. Porém, além da interação intrínseca entre essas áreas, a gestão da cadeia de suprimentos é reconhecida em razão da integração, cujo resultado proporciona sinergia entre as áreas e conseqüente aumento de competitividade dos principais processos do negócio (Croxtton, 2001). O arranjo e principais objetivos de cada função descrita acima podem ser observados na Figura 6

A relação entre as funções descritas na Figura 6 pode ser percebida de diversas maneiras, começando pela função de *marketing* e vendas, responsável pelo gerenciamento do relacionamento com o cliente, desde a sua identificação até a compreensão das fontes de variabilidade de demanda. As necessidades e anseios do público-alvo do negócio devem estar alinhadas com o desenvolvimento de novos produtos, papel designado à área de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), considerada central para estratégia da uma organização (Maximiano, 1989).

Após a identificação dos clientes-chave e de suas necessidades, é necessário planejar componentes e/ou matérias-primas, comprá-los e processá-los de forma a torná-los produtos com valor agregado ao negócio. O planejamento de uma empresa é responsável pelo processo de gestão de peças e deve buscar o equilíbrio entre a necessidade do cliente e a capacidade de fornecimento da empresa. Um bom sistema de gerenciamento de demanda usa os dados do cliente para reduzir a incerteza e aumentar a eficiência em toda a cadeia de suprimentos (Brusset, 2016).

Figura 6: Arranjo organizacional exemplificando as principais áreas compreendidas pela SCM



Fonte: Adaptado de Ballou, 2008

A área de produção é responsável pelos processos de fabricação, os quais se tornam flexíveis quando alinhados ao ritmo do planejamento de maneira a responder de forma rápida às mudanças do mercado (Nelson, 2016). Essas mudanças são atreladas desde a introdução de novas tecnologias até oscilações econômicas. Para manter o produto competitivo no mercado, tem-se como requisito a elaboração de planos estratégicos com os fornecedores. Essa atribuição é designada ao time de compras, que pode ser também visto como responsável

pelo gerenciamento do relacionamento com o fornecedor, pois controla o desempenho dos fornecedores de acordo com a sua criticidade para a organização (Croxtton, 2001).

No entanto, com o crescimento da complexidade dos produtos e serviços, torna-se mandatório haver um time dedicado ao suporte ao cliente, o qual tem como objetivo principal manter o produto em condições de operação, buscando a satisfação e fidelização do cliente. Para isso, devem-se garantir os níveis de estoque e tempo logístico de componentes/produtos, e ainda certificar-se de que a garantia do produto está sendo devidamente implementada através de modificações de produtos e/ou reparos (Subramoniam, 2010).

O processo de gestão de relacionamento com o cliente deve fornecer a estrutura necessária para desenvolver um relacionamento duradouro com o consumidor, proporcionando a identificação dos principais clientes e/ou grupos de clientes-alvo da empresa. Além disso, ele é responsável pela elaboração e gerenciamento de acordos relacionados ao suporte do produto, também chamado de contrato de suporte ao produto (PSA - *Product Support Agreement*).

Para que o fluxo da organização seja constante deve haver uma boa estratégia de logística. Essa função é responsável pela formação de alianças estratégicas com transportadoras-chave, de forma a atender as necessidades dos clientes e reduzir o custo total do produto entregue ao cliente (Lambert, 2000).

Por fim, é de extrema importância que os processos sejam sustentáveis de forma a manter a empresa em posição de destaque frente aos competidores. Para tal, a área financeira da empresa é responsável pelo controle de custos, que inclui custos indiretos e diretos, certificando-se de que todos os pedidos, sejam eles de compra e/ou venda, apresentem vantagem competitiva. Com isso, a área de finanças tem o papel de construir e controlar os custos relacionados aos processos da empresa (Ballou, 2008).

### 2.1.1 Objetivos estratégicos do gerenciamento da cadeia de suprimentos

A interdependência entre as funções de SCM torna a cadeia de suprimentos um ambiente complexo, em que a gestão é um fator crucial. Para que haja o alinhamento de todas as funções, é necessário ancorar-se em uma filosofia de gestão, que busque a sincronização e a convergência dos processos da empresa com o mercado, objetivando conhecer e melhorar as capacidades operacional e estratégica e ganhar força nesse mercado (Houlihan, 1988; Vaart et al., 2006). Em outras palavras, a SCM impulsiona os seus membros a ter uma orientação para o cliente e baseia-se em frentes estratégicas que direcionam os processos e as

respectivas atividades desempenhadas pelos participantes da cadeia. De forma ilustrativa, a Figura 7 apresenta exemplos de frentes estratégicas que caracterizam o papel desempenhado pela SCM (Mentzer, 2001).

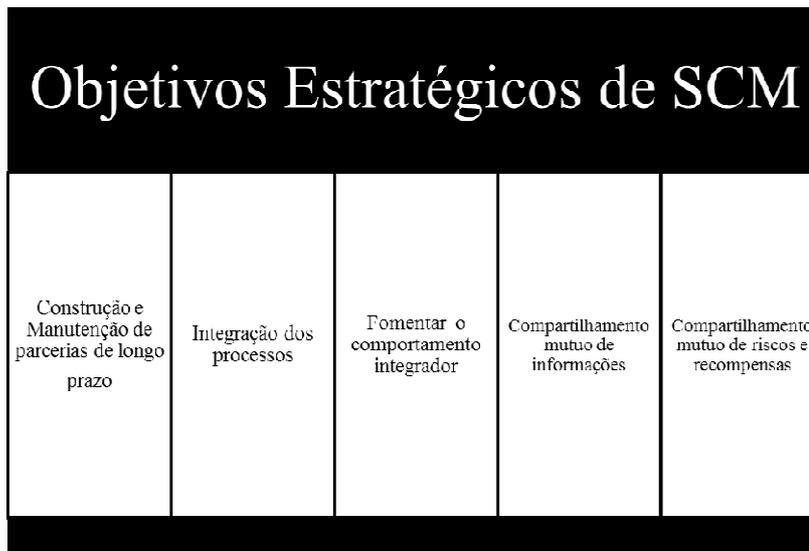
Conforme ilustrado na Figura 7, o SCM engloba diferentes correntes estratégicas para a empresa. Dentre elas, a estratégia de construção e manutenção de parcerias de longo prazo operacionaliza-se através da formação de alianças estratégicas com fornecedores e clientes de forma a garantir vantagem competitiva. Como resultado, tem-se a elaboração de contratos de venda e/ou fornecimento de longo prazo.

Outro ponto estratégico é o fomento do comportamento integrador, que é complementar à construção de parcerias e pode ser traduzido através da coordenação e alinhamento dos parceiros da cadeia de suprimentos, tais como os fornecedores, transportadores e fabricantes, a fim de responder dinamicamente às necessidades do cliente final. Para alcançar a integração dos processos, pressupõe-se que haja inter-relação desde os processos de procura de matéria-prima até manufatura do produto e a sua distribuição para o mercado. Essa integração pode ser facilitada através de times multidisciplinares que compartilhem um objetivo comum, de servir aos clientes da melhor forma possível (Coltmana et al., 2009).

Como resultado da integração, torna-se necessário o compartilhamento mútuo de informações de forma a suportar o planejamento e controle dos processos. O compartilhamento de informações é definido através da disponibilidade de dados estratégicos e táticos entre os membros da cadeia de suprimentos. A transparência de informação, tais como os níveis de estoque, previsões, estratégias de promoção de vendas e estratégias de *marketing*, reduz a incerteza entre os parceiros e resulta em um melhor desempenho para todos (Ballou, 2008).

Sendo assim, o compartilhamento mútuo de riscos e recompensas traz vantagem competitiva para a cadeia de suprimentos no longo prazo, pois controla a oferta e proporciona cooperação entre os membros da cadeia (Bowersox, 1985; Ellram, 1990; Cooper, 1993; Manrodt, 1997). Diante desses fatores, é inegável que o desenvolvimento da cadeia de suprimentos traz inúmeros benefícios.

**Figura 7: Objetivos estratégicos para o gerenciamento da cadeia de suprimentos**



Fonte: Adaptado de Zachariaet al., 2001

Dessa forma, o potencial para identificação e operacionalização de melhorias mediante coordenação e colaboração entre os integrantes desses canais é grande. Com isso, o sucesso alcançado direciona as referências de mercado(Ballou, 2008).

As interações compreendidas na cadeia de suprimentos estão intimamente ligadas ao mercado global que é estruturado, por sua vez, em função do fluxo de informações disponível. Sendo assim, é visível que seus membros devem seguir as tendências de mercado de maneira que todos os processos sejam voltados para capturar e integrar o maior número de informações. Esse alinhamento é chamado de coordenação interfuncional.

### 2.1.2 Controle do desempenho da cadeia de suprimentos

A cadeia de suprimentos apresenta papel protagonista no sentido de fomentar e sustentar o compartilhamento de conhecimento dos processos, não somente através de métodos ou ferramentas, mas também de conhecimentos tácitos provenientes da experiência individual.Sem a cooperação e o alinhamento desses, torna-se quase impossível atingir os objetivos estratégicos previstos para SCM. Portanto, está nas mãos dos colaboradores o planejamento e a execução de atividades e planos de ação que promovam a criação de laços para o sucesso da empresa(Carneiro, 2016).

Planos e processos para melhorar o gerenciamento podem ser elaborados e implementados, porém por si só não garantem a concretização dos objetivos pretendidos. Por

isso, faz-se necessário pensar a respeito de outra função fundamental do SCM, o controle. Controlar possibilita que o desempenho planejado seja alinhado com os objetivos pretendidos. O processo de controle trata de comparar o desempenho real com o planejado e de colocar em prática ações corretivas de forma a aproximá-los (Beamon, 1998; Ballou, 2008).

Os atributos mais comumente considerados na medição de *performance* da cadeia de suprimentos são os seguintes:

1. Confiabilidade da entrega: entrega de produtos no tempo, local e cliente corretos;
2. Responsividade: é a rapidez com que a cadeia de suprimentos provê produtos aos clientes;
3. Flexibilidade: agilidade da cadeia de suprimentos ao responder as mudanças de mercado garantindo ou até mesmo aumentando sua vantagem competitiva;
4. Custos: são os custos relacionados com a operação da cadeia de suprimentos,
5. Qualidade: é decorrente da utilização de controle de processos internos, além de referência para garantir a imagem do produto.

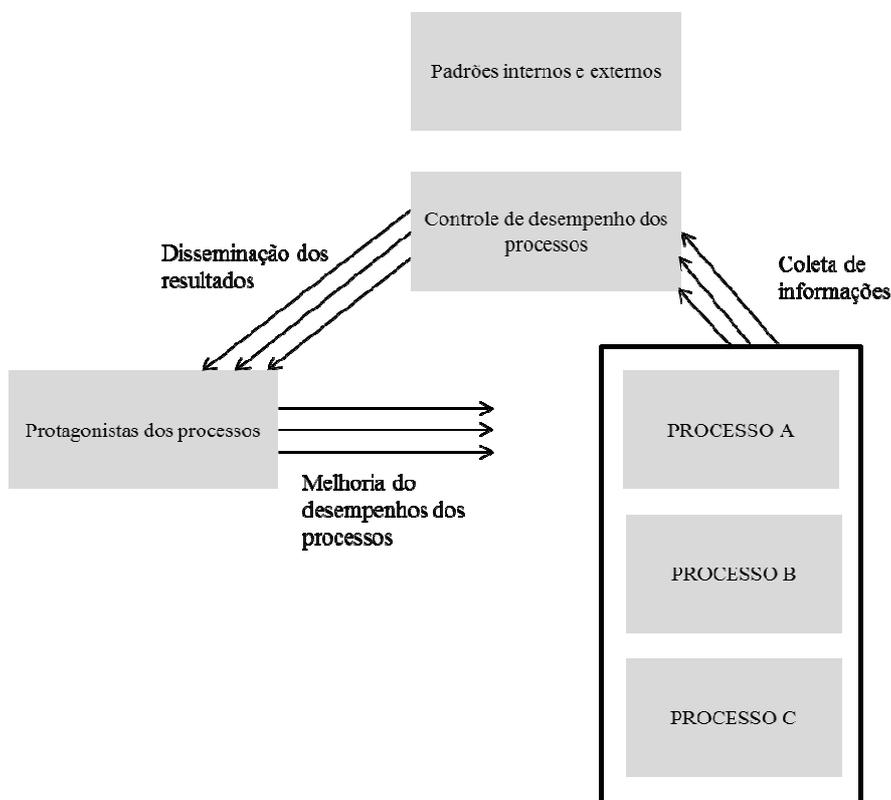
Porém, para que o objetivo pretendido esteja alinhado com as melhores práticas de mercado, tem-se que o elemento fundamental para conduzir a mensuração do desempenho ao seu nível mais alto é o reconhecimento de padrões.

Referenciais podem ser construídos através de processos internos (dados da empresa comparados entre si) ou do mercado (externos - dados do mercado confrontados com os dados da empresa). Conforme explicitado na Figura 8 a cultura de controle e mensuração de desempenho dos processos tem como ponto de partida a identificação de padrões. Desta forma, o objetivo é disseminar o resultado de maneira que todos conheçam o impacto da operacionalização dos processos.

A existência de um sistema que mensure os impactos dos processos organizacionais tem grande potencial de incentivar planos e ações de melhoria, pois não só serve como um sinalizador de aviso sobre problemas, mas também deve comunicar as razões que desencadeiam os problemas. Embora essa afirmação pareça fácil, sua implementação muitas vezes não o é (Kueng, 2000).

Além disso, é importante o controle e a medição de desempenho dos processos que englobam a cadeia de suprimentos e não de atividades individuais. Gerenciá-los proporciona clareza para a visão estratégica da empresa, fazendo com que as decisões sejam tomadas de forma assertiva (O'Neill & Sohal, 1999).

**Figura 8: Interfaces e interações necessárias para mensuração do desempenho de cadeias de suprimentos**



Fonte: Adaptado de Kueng, 2000

Diante desse desafio, é notório que a identificação e mapeamento de processos, aliado à estratégia adotada pela empresa, seja considerado ponto de partida para potenciais melhorias. Após determinar-se o quê e como atuar, a função de controle torna-se protagonista no quesito sustentabilidade (Dubeya, 2017).

A corrida pela diferenciação imposta pelo mercado tem forçado as empresas a empregar processos alternativos de produção, e com isso evidencia-se o fato de que os sistemas de gestão devem ser modernizados de forma a acompanhar o desenvolvimento tecnológico (Hoek, 1998; Noble, 2002). Dessa forma, as ferramentas de controle precisam de diferentes perspectivas, principalmente aquelas relacionadas a custos, e o correto entendimento e contabilização dos mesmos é essencial para a diferenciação do mercado (Papageorgiou, 2009).

### 2.1.3 A cadeia de suprimentos no mercado de aviação

A cadeia de suprimentos vinculada ao mercado de aviação pode ser caracterizada pelo alto conteúdo tecnológico, associado à necessidade de alto investimento inicial. A elevada intensidade tecnológica acelera o progresso técnico não somente para a indústria aeronáutica, mas também para atividades correlatas, como por exemplo a introdução de materiais compósitos na indústria automotiva. Esses fatores conferem à cadeia produtiva aeronáutica o caráter de estratégica para o desenvolvimento econômico do país (Lima et al., 2005; Dostaler, 2013).

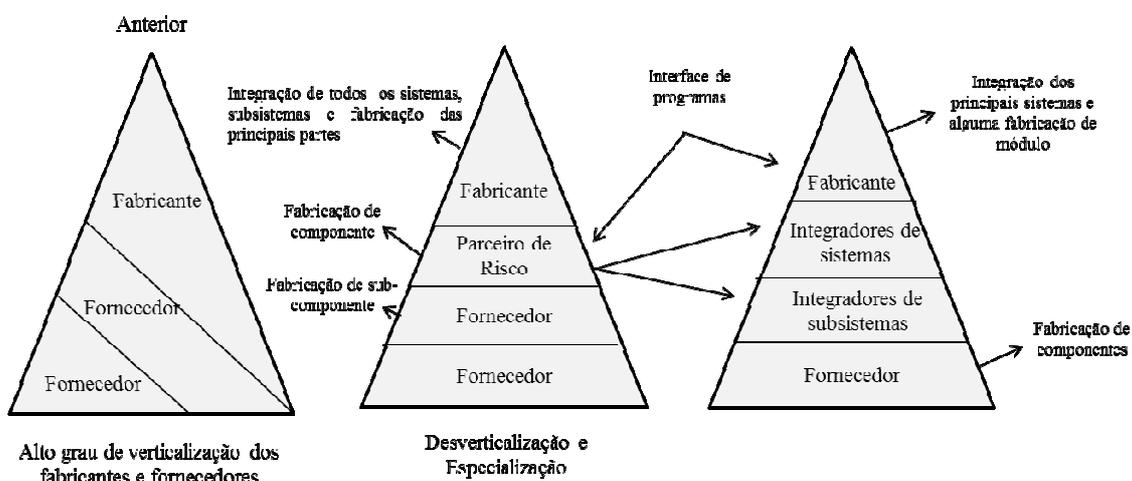
No âmbito mundial, a competição internacional da indústria aeronáutica pode ser dividida em duas categorias distintas: *players* dominantes e *players* emergentes. Entre os dominantes, tem-se Estados Unidos e Europa, respectivamente em razão dos *players* Boeing e Airbus, os quais consolidam 60% do total das vendas, o que em 2009 alcançou o valor de 380 bilhões de dólares. Já o Canadá, devido à empresa canadense Bombardier, está posicionado globalmente como terceiro lugar em vendas, alcançando 22,4 bilhões de dólares canadenses em 2011. Além do Canadá, a empresa brasileira Embraer também apresenta crescente participação no *market share*, tendo alcançado o resultado de 9,9 bilhões de dólares em vendas no ano de 2011 (Ferreira et al., 2011; Dostaler, 2013).

A entrada de novos *players* na indústria aeronáutica é condicionada a muitas barreiras quando comparado com outros segmentos. Por ser um produto complexo envolvendo diversos materiais, processos de manufatura, baixas taxas de produção e alta customização, torna-se imprescindível que aqueles que almejam o mercado apresentem grande aporte de capital e alta maturidade tecnológica. Dessa forma, o número de fornecedores qualificados é escasso, o que torna comum diferentes fabricantes apresentarem parceria com o mesmo fornecedor.

No entanto, nem sempre a indústria aeronáutica apresentou necessidade de formar parcerias comuns. Em meados de 1990, os fabricantes de avião possuíam estruturas verticalmente integradas, agregando diferentes atividades. Com isso, eles eram responsáveis desde a estratégia de concepção do produto até a fabricação de protótipos, compra de matéria-prima, manufatura e testes.

Porém, com a entrada de novos competidores e o crescente desafio de liderar os avanços tecnológicos, a estrutura vertical viu-se ameaçada, o que culminou no processo de desintegração para uma estrutura mais horizontal e modular (Ferreira et al., 2011). Esse processo é ilustrado através da Figura 9.

Figura 9: Transição da estrutura tradicional para uma estrutura modular e horizontal.



Adaptado de Lourenção, 2011

A evolução estrutural que pode ser vista na cadeia de suprimentos começa com um alto grau de verticalização do fabricante com os seus fornecedores, culminando com o fabricante exercendo o papel de integrador de sistemas e não mais fabricando desde o menor componente, conforme é possível observar na Figura 9. Além disso, o fornecedor ganha o papel de parceiro de risco junto ao fabricante, fazendo também parte do projeto e desenvolvimento do fabricante.

A desverticalização apresenta a estratégia de contratação de pacotes tecnológicos completos. Com isso, o fabricante não mais é responsável pelo projeto e manufatura dos sistemas da aeronave, atuando como um integrador dos sistemas (Ferreira et al., 2011). Essa mudança pode ser concretizada através da formação de alianças estratégicas com fornecedores. Sendo assim, surgiu a oportunidade dos fornecedores serem os principais detentores da tecnologia, tendo papel não somente de projetar, mas também de fabricar. Além disso, tornam-se responsáveis por todos os custos e riscos associados a estas atividades. Em contrapartida, o fabricante de avião incorporou o papel de coordenar todas as atividades de projeto e produção dentro de suas próprias fronteiras (Fernandes, 2010).

O crescimento da estrutura horizontal e modular culminou em uma reorganização global que, na prática, deu forma a um novo modelo de negócio, adotado pelos principais fabricantes de avião do mundo, Boeing, Airbus, Bombardier e Embraer (Hornig, 2007). O novo modelo de negócio introduziu o conceito de *tiers* na cadeia de suprimentos. Fabricantes de estruturas e sistemas aviônicos ocupam a posição de primeiro *tier*. São empresas que

fornece estruturas modulares, tais como fuselagem, asas e *cockpit* (sistema da cabine de piloto). Aqueles que ocupam a segunda posição apresentam o papel de suprir componentes para o primeiro *tier*. Seguindo a mesma lógica, os fornecedores de matéria-prima estão na base da cadeia de suprimentos. Nessa estrutura horizontal da cadeia de suprimentos, é característica do primeiro *tier* assumir os riscos junto ao integrador dos sistemas (fabricante de aeronaves). O parceiro de risco investe o capital próprio no projeto, desenvolvimento e manufatura dos módulos da aeronave, além de compartilhar o risco de lançamento de um novo produto no mercado (Antoine et al., 2003).

A estrutura horizontal trouxe benefícios no sentido de dividir o capital inicial entre a fabricante de aeronaves e seus parceiros de risco, além de proporcionar ao integrador manter o foco na estratégia de multiplicar oportunidades para os parceiros de risco. As novas oportunidades caminham ao lado de programas de redução de custos, os quais demandam maior flexibilidade do parceiro de negócios. Já o integrador encontra-se em um ambiente ainda mais complexo, visto que diferentes empresas, espacialmente dispersas, de tamanhos e especializações diferentes, atuantes em diferentes cadeias de suprimentos, participam do desenvolvimento de um mesmo produto. O grande desafio é sintonizá-las para a construção de um produto comum com a mais alta tecnologia (PIRES, 2004).

A definição de parceiro de risco está ligada à engenharia intelectual e financeira do produto, pois ele é quase um sócio. Já o fornecedor normal é regido por contrato tradicional de compra e venda, numa relação comercial tradicional. Essa relação de sócio *versus* fornecedor traz ao mercado uma competição adicional, a qual é acentuada quando ambas apresentam um alvo comum: o cliente.

Todavia, a entrada de novos fornecedores no setor aeronáutico passa por um processo bastante dispendioso, não somente em função dos recursos financeiros necessários, mas também em função das exigências das agências reguladoras do setor. Por ser uma indústria que atua em todo o mundo, na maioria das vezes o fabricante de aeronaves precisa obter certificação de aeronavegabilidade em mais de uma agência. As mais comuns são a Administração Federal de Aviação (FAA - *Federal Aviation Administration*), entidade governamental dos Estados Unidos, Agência de Segurança de Aviação Europeia (EASA - *European Aviation Safety Agency*), entidade reguladora da Europa e Administração de Aviação Civil da China (CAAC - *Civil Aviation Administration of China*), entidade reguladora da China. Cada processo de certificação de aeronave pode levar 4 anos ou mais dependendo do ineditismo do projeto. Essas certificações são importantes não apenas para o

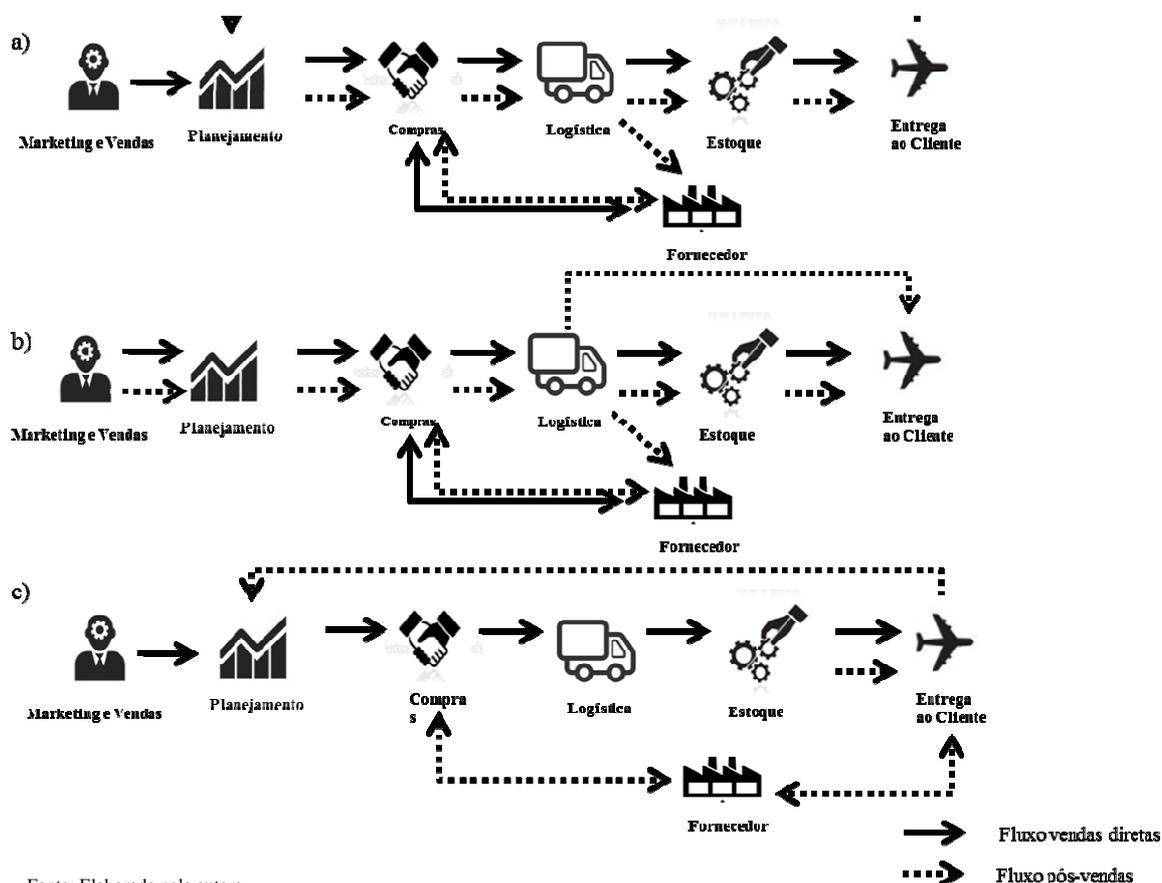
mercado relacionado à venda direta do produto, mas também são necessárias para o mercado pós-venda da aeronave (Rossetti & Choi, 2005).

No entanto, em função das altas margens e demanda estável a abertura recente do mercado para novos competidores tem sido acentuada. A proximidade com o cliente no mercado pós-venda é fator fundamental para angariar vantagem competitiva. Contudo, para que a cadeia de suprimentos pós-venda seja sustentável, o *benchmarking* de atividades da cadeia de suprimentos direta fornece às empresas a capacidade de alcançar a excelência em seus processos pós-venda, promovendo um melhor serviço aos clientes (Dombrowski, 2011).

Para o sucesso da aproximação com o cliente, o pós-venda utiliza processos e pessoas vinculadas à cadeia de suprimentos da mesma forma que são necessárias para a fabricação do produto. Para aquelas empresas em que o nicho de mercado não é consolidado, esses processos são compartilhados. Por outro lado, quando o nicho é consolidado, é necessário torná-los exclusivos. Sendo assim, cria-se uma segunda estrutura da cadeia de suprimentos dedicada exclusivamente ao mercado pós-venda. Essa estrutura pode ser organizada em três principais modelos de negócio de acordo com o objetivo central da empresa. Quando o objetivo é o atendimento a programas de fidelização, a estrutura pós-venda tem como ponto de partida o retorno da peça do cliente para a fabricante, iniciando pela área de planejamento. Essa estrutura pode ser utilizada tanto para programas de fidelização da fabricante de aeronaves, como quando o atendimento ao cliente é realizado pelo fornecedor do componente. Por outro lado, caso o objetivo seja a oferta de novos serviços, o início se dá na área de *marketing* e vendas. Os três modelos podem ser observados na Figura 10.

Na Figura 10 observa-se a grande interação necessária para suportar o cliente após a venda do produto. Sendo assim, a complexidade existente nesse cenário é intrigante ao pensar que os fatores direcionadores de mercado são diferentes daqueles que influenciam as vendas diretas. Com isso, a identificação e controle destes são decisivos para a sustentabilidade dos processos e por consequência, a competitividade após a venda do produto.

Figura 10: modelos de negócios pertencentes ao mercado pós-venda (a) atendimento a programas de fidelização, (b) oferta de novos serviços e (c) atendimento ao cliente através do fornecedor.



## 2.2 O Comportamento associado ao mercado pós-venda de aviação

O mercado pós-venda de aeronaves é dependente de vários fatores, dentre eles o preço de combustível e as diversas regulamentações que permeiam as relações comerciais entre países. O preço do combustível afeta a venda de novas aeronaves. Se o preço é alto, as linhas aéreas buscam aeronaves com menor consumo (novas e eficientes); se o preço for baixo, as companhias aéreas não buscam por modelos mais eficientes, mas sim continuam com os correntes até o final de sua vida. Com isso, o peso do mercado pós-venda aumenta em função do aumento de demanda, fazendo com que novos *players* tenham interesse neste mercado (Ferguson, 2015). Por outro lado, as diferentes regulamentações criam oportunidades ora para a fabricante, quando a regra é restrita, ora para fornecedores independentes, quando as

agências concedem certificações para aqueles que não atuam na cadeia direta da fabricante. Além disso, existem exemplos de regulamentação para linhas áreas. Atualmente, o governo chinês impôs que as linhas aéreas devam ter aviões de diferentes capacidades para compor a sua frota, o que aumenta a demanda por peças de reposição e serviços pós-venda de diferentes fabricantes (Berger, 2016). Dessa forma, o mercado pós-venda para aeronaves tornou-se ambiente fértil com grande potencial para diversos modelos de negócio (Schneider et al., 2013).

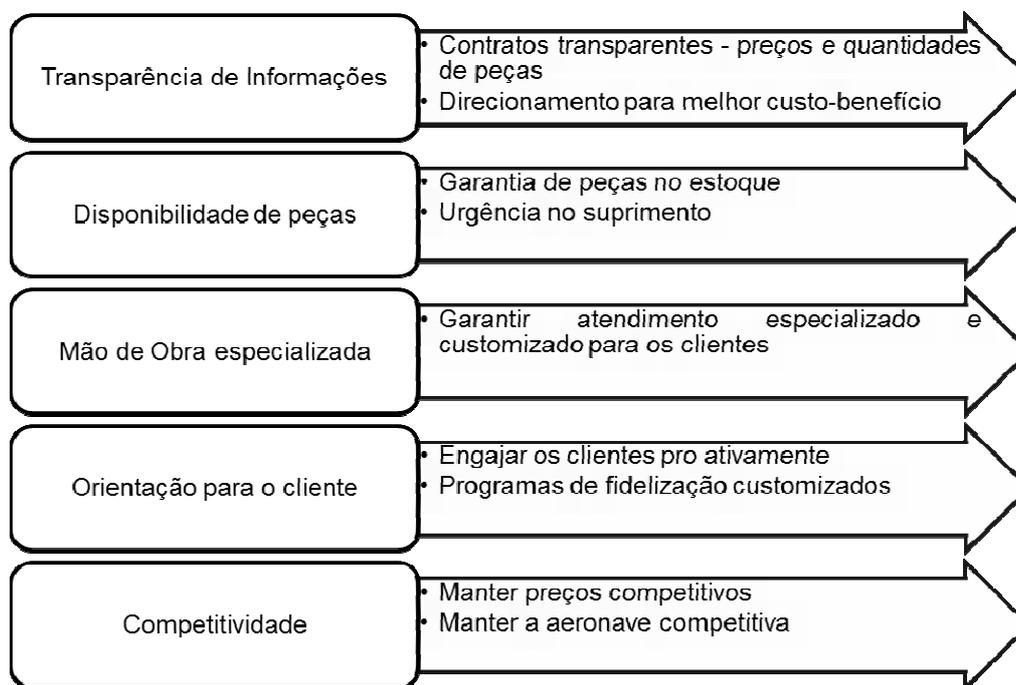
O processo que compreende o nicho *aftermarketé* a manutenção das aeronaves, cujo principal objetivo é estender a vida útil do equipamento ou, pelo menos, o tempo médio até a próxima falha. Além disso, espera-se que as políticas de manutenção eficientes possam reduzir a frequência de interrupções de serviço e, ainda, as muitas consequências indesejáveis de tais interrupções (SUBRAMONIAM; HUISINGH; CHINNAM, 2009).

A manutenção afeta claramente o produto e a confiabilidade do sistema: se é praticada abaixo do necessário, pode resultar em um número excessivo e custoso de falhas, o que leva a um mau desempenho do sistema. Se, por outro lado, é realizada de forma excessiva, a confiabilidade pode melhorar, mas o custo de manutenção vai aumentar drasticamente. Sendo assim, é importante considerar o custo-benefício na hora de contratar tais serviços, pois seu impacto é importante para garantir a competitividade dos ativos do cliente (Knotts, 1999).

Como forma de minimizar os impactos sobre o custo do produto e atingir novos patamares em serviços de manutenção, o mercado de pós-venda é ancorado em cinco pilares estratégicos, conforme ilustrado na Figura 11. Eles compreendem (1) Transparência de Informações; (2) Disponibilidade de Peças; (3) Mão-de-Obra Especializada; (4) Orientação Voltada para o Cliente, e (5) Competitividade.

Os cinco fatores devem ser considerados tanto na hora de consolidar uma venda, como na contratação de um fornecedor. A transparência de informações pode ser vinculada à abertura de custos, estoques e condições comerciais, tais como condições de pagamentos e multas. Essas informações são relevantes para que o negócio seja do tipo ganha-ganha para ambas as partes, de forma que cada participante tenha consciência de suas responsabilidades no negócio.

**Figura 11: Pilares estratégicos utilizados nos modelos de negócios pós-venda.**



Fonte: Adaptado de Le Corre, 2016

A disponibilidade de peças é considerada o pilar mais importante para a perpetuidade do negócio, pois evita gastos devido à inatividade ou falha da aeronave durante o seu ciclo de vida. Além disso, corrobora com a segurança do serviço alinhado ao fator mão-de-obra especializada, que resulta manutenção eficiente e baixa perda de confiabilidade do produto. Não obstante, é necessário que o serviço atenda às expectativas do cliente e, para isso, torna-se evidente a busca por programas de manutenção customizados de acordo com o perfil de cada cliente, tais como tamanho da frota, horas de voo, especialização do cliente, suporte técnico disponível, etc. Finalmente, para garantir a sustentabilidade do negócio é mandatório oferecer preços competitivos (Subramoniama, 2010; Schulman & Corre, 2016).

### 2.2.1 A competitividade do mercado pós-venda

A atuação-chave nesse mercado é a venda de componentes. Para isso, é notório que a competitividade provém da oferta de cestas de serviços, as quais garantem a cobertura de estoque para as aeronaves. Com isso, o diferencial é devido às diferentes combinações

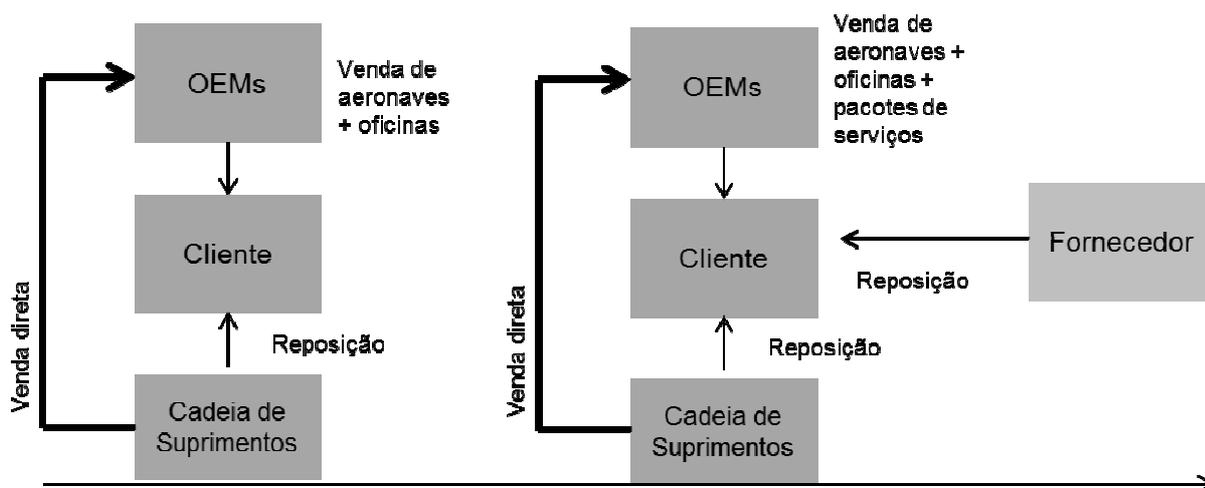
possíveis desses pacotes de serviços. As combinações de peças, usualmente, podem ser as seguintes:

- a) Pacotes contendo peças novas, usadas e serviços de reparo;
- b) Pacotes contendo peças novas e usadas e,
- c) Pacotes contendo apenas peças novas.

Porém, o modelo de negócio só pode ser concretizado se o fornecedor alcançar os certificados pertinentes relativos à aeronavegabilidade dos componentes, denominados de PMA (*Parts Manufacturer Approval* - Aprovação das Peças pelo Fabricante), quando é referente a frotas dos Estados Unidos, e DDA (*Direct Delivery Authorization* - Autorização para Entrega Direta), quando é referente a frotas em serviço na Europa. A certificação PMA/DDA garante que o fornecedor está devidamente capacitado para a função de reparo e fabricação de peças para a venda de reposição, com a ciência do fabricante de aeronaves, que é o responsável por disponibilizar os modelos e desenhos corretos das peças. O processo comum é o fornecedor, já parceiro de negócios, submeter à fabricante de aeronaves um pedido para reparar e/ou vender determinadas peças, usualmente já fornecidas por ele para a linha de produção. Por sua vez, a fabricante analisa o pedido, retornando-o com uma carta aceitando a sua solicitação e disponibilizando maiores detalhes da peça, tais como modelo de aeronave, última revisão de desenho, etc. O fornecedor submete à autoridade, FAA ou EASA, por exemplo, o seu pedido anexando a carta da fabricante. Com isso, tornam-se habilitados a conceder o certificado de aeronavegabilidade para os seus componentes, e através disso podem fornecer às montadoras e a seus clientes. Embora esse seja o processo comum, existem diversos fornecedores que, ao não receber a confirmação da empresa fabricante, utilizam da ferramenta engenharia reversa para estudar todos os detalhes dos componentes e, com isso, submetem de forma independente à autoridade o pedido de PMA/DDA (BORENSTEIN; ROSE, 2014)

O fato do fabricante de aeronave não deter mais a comunicação com o cliente foi resultado da pressão exercida pelas linhas áreas por menores custos de manutenção. Como os fornecedores eram direcionados a diminuir o preço de seus componentes na venda direta, o processo normal era obter gordas margens para a venda no *aftermarket*. Porém, esse movimento tornou-se insustentável para a competitividade das aeronaves, fator que contribuiu para que os fornecedores iniciassem contato direto com os clientes, os quais retornaram de forma positiva em função dos menores preços e *lead times* ofertados pelo fornecedor (Rossetti & Choi, 2005). Esse cenário resultou em uma reestruturação das relações do mercado, conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12: Evolução do mercado pós-venda



Fonte: Adaptado de Choi, 2005

A mudança caracterizada pela quebra da exclusividade das *OEMs* como provedoras das oficinas autorizadas, e seus respectivos fornecedores de peças de reposição, dá lugar à criação de novos negócios. Em função do mercado ascendente e instigadas pelos fornecedores, as *OEMs* recentemente entraram na venda dos pacotes de peças ofertados através de programas de estoques compartilhados, competindo também com fornecedores independentes. As *OEMs* encontram a oportunidade de ofertar esse serviço no momento da venda da aeronave. Todavia, esse serviço é bastante desafiador, pois deve ser competitivo em relação ao próprio fabricante da peça. Dessa forma, as *OEMs* buscam cada vez mais por modelos de contratos de longo prazo, nos quais garantam sua parceria sustentável com o fornecedor, agora não apenas para a venda direta, mas também e principalmente para o pós-venda (Christophera & Gattornab, 2005).

Para elaboração desses contratos é importante conhecer os processos que consomem os recursos na hora de manter uma aeronave. Suas atividades devem ser consideradas antes do momento da venda do produto, já que o modelo de venda vem acompanhado por largos períodos de garantia e, durante esse período, o fabricante é responsável por todos os custos de reparação de falhas ocorridas, bem como o custo logístico de peças (Nguyen & Murthy, 2007).

Dessa forma, é notório que o custo direto de manutenção (*DMC- Direct Maintenance Cost*) contribui de maneira significativa para o custo total da aeronave. Nesse sentido, o alvo dos fabricantes de aeronaves é encontrar formas de controlar os custos para manter seu produto sustentável e alavancar as vendas (Wu & Yi Liu, 2004).

### 2.2.2 Fatores-chave para a manutenção de aeronaves

A fim de melhor visualizar e controlar a operação de manutenção, os processos e suas atividades são mapeados e divididos de acordo com as seguintes classificações:

1. Manutenção programada;
2. Manutenção não programada;
3. Manutenção preventiva.

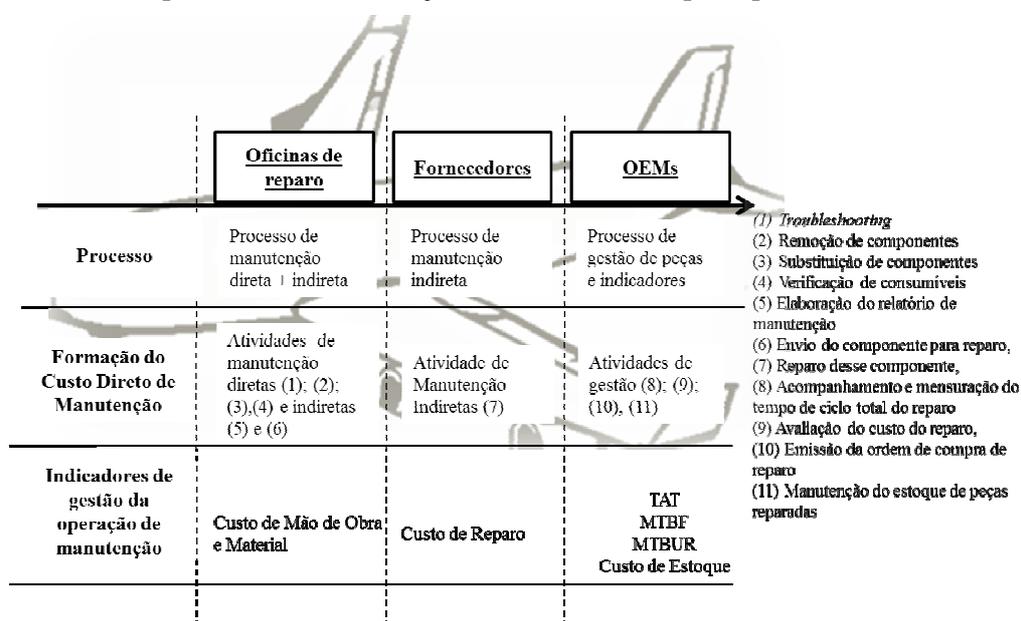
A manutenção programada é realizada em um intervalo de tempo pré-determinado e especificado no manual da aeronave. Além disso, apresenta atividades bem especificadas de acordo com as horas de voo e desempenho da frota. Por outro lado, a manutenção não programada ocorre de forma súbita sempre que algum componente da aeronave falha fora do período previsto. Esse tipo de manutenção torna-se mais custosa para o fabricante e para o operador, pois demanda disponibilidade de recursos não programados. Por último, há a manutenção preventiva, que muitas vezes apresenta o menor impacto financeiro, porém não praticada por todos os operadores (NILSSON, 2007).

Conforme apresentado na Figura 13, a manutenção inicia-se nas oficinas de reparo através da análise e identificação dos componentes que necessitam de substituição, atividade chamada de (1) *troubleshooting*, seguida pela (2) remoção e (3) substituição destes na aeronave, além de (4) verificação de consumíveis, óleo, água e combustível. Essas quatro atividades podem ser chamadas de atividades de manutenção direta, pois são realizadas diretamente na aeronave. Essas atividades podem ser realizadas por oficinas prestadoras de serviços autorizadas ou por oficinas do próprio fabricante. Já as atividades indiretas demandam sinergia do fabricante, oficina e fornecedor, pois o componente é retirado na oficina, levado até o fabricante para reparação e submetido ao fluxo logístico inverso até chegar ao estoque das OEMs (caso a oficina seja também parceira) ou estoque das oficinas (caso seja apenas autorizadas). As atividades indiretas podem ser identificadas como (5) elaboração do relatório de manutenção, (6) envio do componente retirado para reparo, (7) reparo desse componente, (8) acompanhamento e mensuração do tempo de ciclo total do reparo, (9) avaliação do custo do reparo, (10) emissão da ordem de compra de reparo e (11) manutenção do estoque de peças reparadas em função da confiabilidade dos componentes (Farris II, 2004; Selvam, 2013).

Os intervalos de manutenção de aeronaves, as atividades realizadas durante a manutenção, bem como despesas relacionadas com recursos humanos e peças de reposição

são fatores extremamente importantes e que contribuem para manter a competitividade da aeronave no mercado (Knotts, 1999). Além disso, soma-se à satisfação do cliente a necessidade de acompanhamento da confiabilidade, muitas vezes medida através do tempo médio entre as paradas programadas (MTBF - *Mean Time Between Failure*) e não programadas (MTBUR - *Mean Time Between Unschedule Removals*), e da qualidade, muitas vezes medida através do tempo de disponibilidade de estoque, em que o fator-chave é chamado de TAT (*turnaround time* - tempo de volta completa). Por conseguinte, o mercado pós-venda deve seguir um modelo de negócio em que a lógica econômica esteja presente de forma a incluir indicadores que possibilitem a entrega de valor aos clientes a um custo adequado e ainda obter lucro (Heckmanna, 2014)

**Figura 13: Fluxo compreendido na manutenção de aeronaves, seus principais atores e fatores**



Fonte: adaptado de HORENBEEK  
FONTE, 2012.

A fim de assegurar o nicho pós-venda e manter o operador satisfeito com os serviços ofertados, os fabricantes comumente utilizam três principais tipos de contratos de serviços de manutenção, que diferenciam-se de acordo com o direcionador de custos: ora o direcionador são as horas de voo do componente, ora é uma taxa *flat* por componente, ora é considerado o desempenho do componente *versus* taxa *flat* (LUGTIGHEID; JARDINE; JIANG, 2007).

De maneira análoga e mais frequentemente encontrada na literatura, tem-se também três principais modelos de contratos de manutenção para máquinas industriais: contratos de locação de serviço (sob demanda), contratos de pacotes de trabalho e contratos considerando intervalo de manutenção em função do desempenho (Horenbeek, 2012; Wibowo et al., 2016).

Os contratos de suporte ao produto proporcionam o estreitamento de laços entre ambas as partes em função de diversos fatores, tais como:

1. Fornecedores e fabricantes tendem a fechar acordos apresentando comportamento *win-win*;
2. Os acordos são embasados em práticas estratégicas que visam reforçar a confiança entre os provedores de serviços e os clientes;
3. Fornecedores e clientes partem para uma parceria de longo prazo, que vai desde o desenvolvimento do produto até o fim do seu ciclo de vida;
4. Intensiva troca de conhecimento técnico e informações de custo.

A aplicação desses fatores contribui para a assistência mútua entre as partes, culminando para o aumento de eficiência, qualidade e produtividade ao longo da cadeia de suprimentos (Nagel, 1993; Horng, 2007; Schneider et al., 2013).

Todavia, a simples aplicação de contratos-padrão ou resultados de negociações específicas não asseguram a perpetuidade da relação fornecedor-cliente. Com o aumento de *players* no mercado e a complexidade de variáveis que influenciam no sucesso do negócio, faz-se imprescindível a construção de ferramentas para elaboração de modelos sistemáticos que suportem as negociações e que guiem ambas as partes no momento de fechamento do contrato (Franke, 2007; Bessant, 2009).

Os modelos sistemáticos são ancorados em decisões incluídas em diferentes níveis organizacionais, estratégico, tático e operacional. Sendo assim, diversas informações são consideradas, tais como o planejamento de produção (quantidade e diversidade), integração dos membros da cadeia (localização das plantas e estoque do fornecedor) e manutenção e nível de estoque disponível. Para todas elas, são incluídos indicadores de desempenho, os quais requerem informações econômico-financeiras ancoradas na apuração do impacto de custos de cada processo (Coltmana, 2009).

Em contrapartida, há uma deficiência na disponibilidade de dados que suportem essas atividades. Como o surgimento do mercado é recente e o entendimento da sua relevância ainda mais, os investimentos em processos e estruturas de tecnologia da informação que possibilitem a construção de indicadores são escassos quando comparados ao mercado de vendas diretas. Com a utilização de indicadores confiáveis para tomada de decisão os altos executivos terão em mãos ferramentas estratégicas que possibilitam o crescimento do negócio através de inovações e novas iniciativas, tais como internalização de reparos como forma de ganhar nicho de mercado.

As ferramentas atualmente disponíveis e mais utilizadas para suporte a decisões no mercado pós-venda são aquelas vinculadas à análise de investimentos, as quais proporcionam uma visão econômica geral da operação, sem a possibilidade de estratificação entre processos ou áreas. Com isso, a ação sobre aqueles processos ou atividades que mais comprometem a operação do pós-venda torna-se frágil e dependente da percepção das empresas.

### 2.3 Avaliação econômico-financeira do mercado pós-venda

Neste tópico serão discutidas os principais métodos disponíveis para a avaliação econômico-financeira do nicho pós-venda. Inicia-se relatando os principais métodos de análise de investimentos, culminando com discussões referentes ao gerenciamento de custos da operação do mercado pós-venda.

O gerenciamento da cadeia de suprimentos (SCM) tem o objetivo de criar vantagem competitiva e valor para os clientes, integrando os processos do negócio através da formação de aliança com os *stakeholders*. No entanto, a questão de como a *performance* de SCM influencia no valor de uma empresa não é totalmente respondida. Os métodos mais frequentemente utilizados e que buscam explicar a coerência entre o SCM e o valor da empresa são o Valor Presente Líquido (VPL), Retorno sobre os Investimentos (ROI - *return on investment*) e Retorno sobre as Vendas (ROS - *return on sales*). No entanto, esses métodos não acompanham as fases do ciclo de vida do produto e são aplicados para mensurar o valor da firma de maneira geral atuando como bons indicadores, não apresentando de forma detalhada como o desempenho da SCM influencia no valor da firma (Brandenburg, 2013).

A demanda por métodos que quantifiquem os processos da cadeia de suprimentos é intensificada em função do aumento do número de empresas que vendem produtos e soluções personalizadas, as quais agregam pacotes de serviços a cada venda. Dessa forma, a avaliação da rentabilidade dessas transações agrega um grande número de variáveis, tornando-se muito mais complexa ao longo do tempo. A quantificação do custo de cada processo, a fim de ter um custo acurado por produto, é uma das poucas alavancas inexploradas para impulsionar os lucros nesse setor. Logo, as corporações que entenderem os principais processos em que os recursos desse mercado são consumidos e atuarem em melhorias para eles, estarão em boa posição para lucrar plenamente, acompanhando os novos desafios do mercado (Marn et al., 2003).

Para garantir a precisão dos dados e, por conseguinte, dos indicadores finais, é essencial que os métodos utilizados como meio de construção estejam embasados em bancos de dados

que garantam qualidade e confiabilidade das informações. É comum utilizar-se para essa tarefa de dados provenientes de sistemas de medição de desempenho tradicionais. Esses são baseados em técnicas de contabilidade de custos, as quais resultam em medidas de desempenho vinculando aspectos financeiros da empresa. Medidas financeiras apresentam horizonte de curto prazo, não apresentando flexibilidade para acompanhar as melhorias de processo impostas pelo mercado. Como não são processo-orientadas, não são adequadas para avaliar o desempenho financeiro de um processo de negócio. Como exemplo, métodos como ROI e ROS são eficientes para identificar o desempenho passado da empresa, não permitindo identificar a contribuição das diferentes áreas (Davenport & Beers, 1995; Miller, 2003). Já o método VPL é consistente em buscar o valor presente para um certo projeto ou processo á medida que a quantificação destes seja baseada em fonte acurada. Com isso, criaram-se oportunidades para o surgimento de novos sistemas de medição e controle de processos, os quais também evoluíram de forma a integrar diversas funções ao longo da empresa. Nesse cenário, destacaram-se aqueles sistemas capazes de fácil adaptação para acompanhar as mudanças da empresa moderna, a qual além de medir custos de bens e serviços, necessita de novos métodos que permitam a avaliação do desempenho do conjunto processos/atividades de forma a contribuir para o aumento de sua competitividade.

Sendo assim, o mapeamento dos processos e suas atividades tornou-se ponto de partida para a medição dos custos de bens e serviços. É a identificação e a quantificação das atividades que possibilita a visão gerencial e a ação estratégica para as organizações. A visão gerencial do negócio deve direcionar quais informações são relevantes, enquanto que a estratégia deve dizer a forma como essas informações serão utilizadas. A combinação de quais informações e como elas devem ser utilizadas caracteriza o sistema de custos, que objetiva não apenas o controle, mas principalmente o gerenciamento de custos.

### 2.3.1 Sistema de custos

Um sistema de custos é uma combinação de métodos e princípios de custeio e póiaum sistema mais amplo, o de gestão. O alinhamento do sistema de custos com o modelo de gestão adotado pela empresa é imprescindível para quantificação correta dos processos compreendidos na cadeia de suprimentos.

A análise de um sistema de custos pode ser efetuada sob duas perspectivas. A primeira é a análise do tipo de informação que deve ser gerada, adequando-se às necessidades da empresa. Para isso, é necessário clareza dos objetivos do negócio. Na segunda perspectiva, considera-

se a parte operacional, onde é discutida a forma como os dados levantados são processados para obter-se as informações. A primeira perspectiva é chamada de princípio de custeio, e a segunda refere-se aos métodos de custeio.

De maneira ampla, o cálculo dos custos dos produtos é feito pela divisão dos custos associados a cada produto/serviço pelas quantidades produzidas. Para isso é necessário identificar as parcelas de custos associadas a cada produto/serviço. Sendo assim, é necessária a classificação dos custos em diretos ou indiretos e fixos ou variáveis.

Os custos variáveis são aqueles que acompanham o comportamento da demanda, por exemplo, se a demanda por produtos sobe, obrigatoriamente tem-se mais consumo de matéria-prima. Por outro lado, os fixos são aqueles associados à estrutura imobilizada, tais como máquinas e aluguel.

Para alocar os custos fixos e variáveis pode-se utilizar de cinco princípios principais:

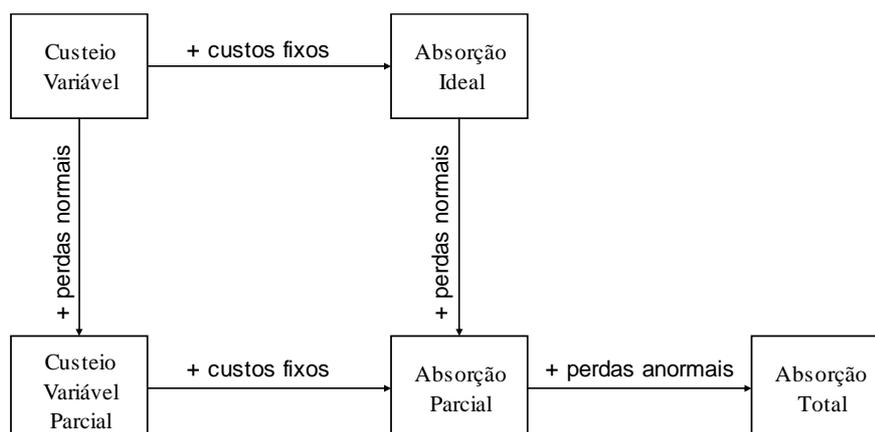
1. Princípio de Absorção Total;
2. Princípio de Absorção Parcial;
3. Princípio de Absorção Ideal;
4. Custeio Variável Parcial,
5. Custeio Variável.

O princípio de Absorção Total considera toda a parcela de custos fixos e variáveis e suas respectivas perdas totais. Sendo assim, para o gerenciamento de custos esse princípio mostra o custo máximo de um produto, pois considera todas as perdas dos processos. Em contrapartida, o princípio de absorção ideal proporciona a compreensão do custo de um produto desconsiderando dos custos fixos e variáveis as perdas de processo, e com isso é possível visualizar os desperdícios de processos quando comparados à Absorção Total. Com o objetivo de equilibrar os dois valores, o princípio de Absorção Parcial distingue as perdas normais daquelas anormais e, com isso, inclui no custo do produto apenas a parcela de perdas normais do processo. As perdas do processo são relacionadas a desvios, tais como excedentes de produção, acúmulo de estoque, etapas desnecessárias de processamento, movimentação dos funcionários e das mercadorias sem um claro propósito, esperas dentro do processo e retrabalhos de produtos (BORNIA, 2002).

De maneira complementar, o princípio de custeio Variável Parcial considera apenas a parcela de custo variável somada às suas perdas normais, ou seja, contabiliza a matéria-prima do processo com as perdas normais variáveis (ex.: volatilidade do solvente). Já o princípio de Custeio Variável considera apenas os custos variáveis sem nenhuma perda do sistema. Esses dois princípios não contabilizam os custos fixos.

Dessa forma, é possível concluir que se a intenção é passar a ineficiência dos processos para o consumidor, utiliza-se do princípio da Absorção Total. Caso a intenção seja apenas contabilizar nenhum tipo de perda no produto final, escolhe-se o princípio da Absorção Ideal. No entanto, a utilização isolada de um destes não é eficiente para o gerenciamento de custos, o recomendado é a utilização conjunta, pois a diferença entre os valores fornece as perdas de processo, as quais guiam ações gerenciais para garantir a sustentabilidade da organização (Beber et al., 2004). A interrelação entre os princípios pode ser observada na Figura 14.

**Figura 14: Inter-relação entre os princípios de custeio na alocação de custos fixos e variáveis**



Fonte: Kliemann Neto et al., 2004

Após a determinação de qual será o tratamento das informações de custos, torna-se mandatório pensar na sua operacionalização, ou seja, em como essa informação será obtida. Para isso, os métodos de custeio são utilizados de forma a alocar corretamente os custos diretos e indiretos aos produtos. Custos diretos são provenientes daqueles recursos utilizados diretamente na fabricação do produto, por exemplo, componentes e matéria-prima. Custos indiretos são relacionados à estrutura necessária para produção, tais como água, luz e depreciações de equipamentos. Com isso, cada método possui sua peculiaridade em relação aos custos diretos e indiretos e é preciso conhecer o ambiente de aplicação e suas restrições para empregar o método ou a combinação de métodos mais adequada. Há cinco principais

métodos de custeio: (1) método do Centros de Custos (CC); (2) método de Custeio Baseado em Atividades (ABC); (3) método do Custo Padrão; (4) método das Unidades de Esforço de Produção (UEPs), e (5) método de Custeio Baseado em atividades e tempo (TDABC).

Começando pelo método de custeio-padrão, que é normalmente empregado na construção de padrões físicos e utilizado para o cálculo de matéria-prima, sendo também aplicado para o cálculo de custos diretos de fabricação, quando esses possibilitarem a construção de padrões físicos, tais como processo de produção de petróleo ou produção de polímeros. Esse método considera apenas os custos diretos e é normalmente combinado com os outros métodos por exemplo, Centro de Custos e Custeio Baseado em Atividades.

Com origem na área de contabilidade, o método de Centro dos Custos (CC) pode ser considerado o primeiro passo para organizações que querem alcançar custos mais acurados. O método de CC proporciona a modelagem da empresa em setores ou áreas, normalmente baseadas pelo organograma organizacional, possibilitando o conhecimento dos custos dos produtos de acordo com as áreas pelas quais eles usam os recursos. Quanto mais homogêneo o centro, maior a acuracidade do custo contabilizado nos produtos, sendo essa uma limitação do método, juntamente com a grande subjetividade em função dos critérios de rateio utilizados. O método de CC é normalmente utilizado pela área contábil em razão de obrigações legais (do fisco).

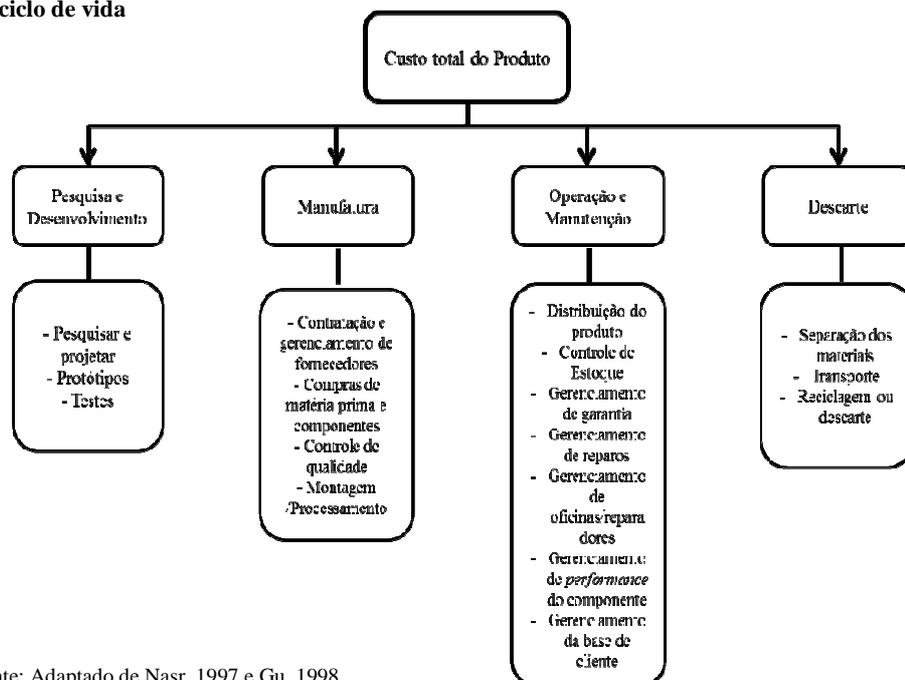
No entanto, a visão por processos e a ideia de que eles oneram o produto de maneiras diferentes culminou com a necessidade de novos métodos de custeio que possibilitassem a enumeração dos elementos de custo presentes em cada etapa do ciclo de vida do produto, passando pelo principais processos da empresa. Com a explicitação dos processos que consomem os recursos em cada etapa do ciclo de vida do componente, conforme ilustrado na Figura 14, viu-se a necessidade de se adaptar e combinar os métodos de custeio de acordo com a necessidade de cada etapa.

Dessa forma, muito tem sido escrito sobre a contabilidade baseada em processos, por exemplo, o método de custeio baseado em atividades (ABC - *Activity-Based Costing*), porém a disseminação de tais sistemas é ainda muito baixa. Uma das razões é o fato de demandar o mapeamento de processos, bem como reunião de dados a fim de conhecer qual o verdadeiro gasto de cada transação (Cooper & Kaplan, 1988; Hill & Friday-Stroud, 1994; GU, 1998).

O método ABC não se propõe a gerenciar custos, mas sim as atividades que consomem esses custos. Além disso, ele utiliza diversos direcionadores em diferentes níveis, desde fatores que influenciam as atividades relacionadas à matéria-prima até aqueles que influenciam as atividades administrativas, enquanto que sistemas convencionais utilizam um

único nível, chamado de centro de custos. Sendo assim, é notório que há diferenças entre os custos calculados através dos métodos tradicionais e aqueles estimados através do ABC (Emblemsvåg, 2001). Por conseguinte, antes da implantação do método ABC, é indicado que as empresas conheçam as suas áreas e os processos que as compreendem, conforme Figura 15.

**Figura 15: Principais atividades que contribuem para o custo total do produto ao longo de seu ciclo de vida**



Fonte: Adaptado de Nasr, 1997 e Gu, 1998

Com a aplicação do método ABC, que permite a compreensão dos processos, suas atividades e seus custos, as empresas adentram em um novo modelo de gestão chamado de gerenciamento por atividades (ABM - *Activity Based Management*). O ABM é uma consequência da aplicação do método ABC, ele promove não somente a compreensão e explicitação das atividades e seus custos, mas também instiga o gerenciamento dessas atividades de forma a utilizar os recursos de maneira sustentável, evitando os desperdícios nos processos (MAHAL, 2015).

Destaca-se a complementariedade dos métodos CC e ABC ao método de Custo Padrão, pois os primeiros são usualmente utilizados para o cálculo dos custos indiretos de fabricação e o último para o cálculo de custos diretos. Dessa maneira, é possível concluir que a estimativa de custos é realizada de forma mais acurada quando há combinação entre os métodos.

Além dos métodos de custo padrão, ABC e CC, tem-se o método das Unidade de Esforço de Produção (UEPs) e o Custeio Baseado em Atividades tendo como direcionador o tempo (TDABC - *Time-Driven Activity-Based Costing*). O método TDABC tem como objetivo

fornecer dados mais exatos e com uma maior agilidade na obtenção das informações necessárias quando comparado ao método ABC. Além disso, possibilita maior flexibilidade nas atividades. O método usa o tempo para direcionar os custos dos recursos diretamente aos objetos de custos, como transações, pedidos, produtos, serviços ou clientes. Apresenta como premissa que a maioria dos processos de negócios das empresas raramente se modifica e todos estes processos podem ser descritos por uma equação de tempo (ET) estática (Kaplan & Anderson, 2004; Monroy, 2014).

Já o método das UEPs teve sua origem na França, em torno de 1950, quando George Perrin criou um método de cálculo e alocação de custos para controle de gestão de produção, o qual define padrões econômicos para os processos operacionais de uma empresa. O método das UEPs tem seu escopo voltado para os custos de transformação, não lidando com custos de matéria-prima. Os processos de transformação são considerados o meio no qual a empresa agrega valor ao produto. O método utiliza uma visão vertical, numa lógica de departamentalização. As características principais de cada um podem ser visualizadas através da Tabela 2.

**Tabela 2: Tabela comparativa entre os métodos de custeio**

Métodos	Aplicação	Vantagens	Desvantagens
Centro de Custos	Obrigações legais e custos indiretos	Fácil aplicação, mapeamento das áreas da empresa	Subjetividade em função dos critérios de rateio
ABC	Custos indiretos	Alta acuracidade na estimativa; visão horizontal	Tempo de implementação alto
Custo-Padrão	Custos diretos	Ótica de melhoria contínua	Apenas custos diretos
UEPs	Custos indiretos	Ambientes Industriais	Visão vertical
TDABC	Custos indiretos	Simplicidade na estimativa; visão horizontal	Homogeneidade dos processos

Fonte: Adaptado de Bórnica, 2002.

Com o sistema de custos é possível visualizar o impacto dos processos sobre o custo final dos produtos. A combinação de princípios e métodos é comumente utilizada para o cálculo do custo de venda do produto. No entanto, já se viu que a interação empresa-cliente não acaba no ato de venda, mas sim na disposição final do produto. Diante disso, é necessário entender e controlar os processos que suportam o cliente e mantém o produto operando de acordo com suas expectativas.

Estudos relacionados ao controle e mensuração dos processos no mercado pós-venda são escassos. Uma das explicações é em relação ao ambiente de negócios ser caracterizado por altos níveis de rentabilidade e estabilidade em recessões econômicas e, por ter se estabelecido recentemente, ter escassez de dados passíveis de análise.

No entanto, a gestão de uma cadeia de abastecimento de pós-venda está associada a altos níveis de complexidade em termos de ciclos de vida de produtos longos, bem como grande número de componentes manipulados e demanda incerta. Ser centrado nos custos em um ambiente como esse pode ser considerado um desafio devido à complexidade e incerteza que ele apresenta. No mercado dinâmico de hoje, no entanto, há uma imposição na busca de maior competitividade, melhorando a eficiência a fim de aumentar a rentabilidade (Nilsson, 2014).

Antes de escolher o melhor sistema de custos, faz-se necessário o conhecimento dos principais fatores que influenciam os processos, seu desempenho e custos. Por ser uma indústria em que a segurança é fator crítico na perpetuidade do mercado, não é surpresa que muitos indicadores sejam relacionados à confiabilidade e à disponibilidade do produto.

### 2.3.2 Direcionadores de custos no mercado pós-venda do setor de aviação

O ciclo de manutenção de aeronaves começa com o processo de análise e resolução de problemas (*troubleshooting*), passa pela remoção de componentes, culminando com sua substituição por novos na aeronave. As atividades compreendidas durante esse ciclo consomem recursos humanos diretos e indiretos, reparação dos componentes, custo logístico, custo de estoque, tempo de espera para a ordem de compra de reparo, entre outros. Além do custo inerente de cada atividade, existem diversos fatores que podem agravar o controle do custo direto de manutenção (DMC - *Direct Maintenance Cost*), tais como a baixa confiabilidade dos componentes e longos tempos de espera de retorno de peça para o estoque. Sendo assim, há uma necessidade de prever as atividades de diagnóstico de falhas em termos

quantitativos. Tradicionalmente, a estimativa do custo direto de manutenção, em especial, e a quantificação das atividades que a incluem, têm recebido pouca atenção (Knotts, 1999).

A grande maioria dos estudos referentes ao DMC visa à otimização dos intervalos de manutenção, o aumento da confiabilidade de componentes e até a utilização de algoritmos de alta complexidade para previsão de estoques. Eles buscam a diminuição da necessidade de paradas para manutenção, porém não há estudos em que a premissa de que a manutenção, sendo parte integrante do ciclo de vida do produto, deva ter suas atividades explicitadas e quantificadas (Labib & Williams, 1998; Endrenyi, 2001; Moore, 2006).

Além disso, a capacidade das aeronaves, a uniformidade da frota, a idade e frequência de voos influenciam na quantidade de intervalos de *checks*, contribuindo para o aumento do custo de manutenção direto. Dessa forma, cada vez mais empresas buscam por modelos de manutenção customizados, que garantam a estabilidade e previsibilidade do DMC.

Modelos de manutenção, além de estimar o custo, apresentam potencial para subsidiar a tomada de decisão estratégica, podendo ser considerados modelos de negócio. Muitas vezes existe a falta de um modelo de análise de cenários de negócios bem definido para ajudar os gerentes a tomar decisões oportunas. Conseqüentemente, o gerente frequentemente toma decisões tardias com base em dados não acurados. Para minimizar o risco deveria existir uma disponibilidade de dados e ferramentas que permitissem o correto gerenciamento dos modelos de manutenção (Subramoniama, 2010).

Além disso, o gerenciamento da cadeia de suprimentos necessária para suportar o mercado pós-venda apresenta desafios maiores devido à imprevisibilidade de demanda, à alta variabilidade de portfólio e à heterogeneidade de componentes. Dessa forma, tem-se um grande número de indicadores, dentre eles disponibilidade de estoque e distribuição de componentes para os clientes, atendimento ao cliente na situação do avião parado em solo (AOG - *Aircraft on Ground*), confiabilidade do componente e tempo de espera para reparação de um componente. Cada indicador apresenta a sua parcela de influência no custo total de manutenção.

O gerenciamento da cadeia deve ser ancorado por ferramentas que busquem a previsibilidade dos custos incorridos e, que permitam às OEMs diminuir os riscos de operação tanto para o cliente quanto para o fornecedor, projetando de forma acurada suas receitas futuras. Para isso, é necessária a construção de um método que combine informações de custo dos processos e suas atividades com os objetos de custos a fim de apoiar a construção de ferramentas estratégicas para tomada de decisão. Sendo assim, este trabalho visa construir um banco de dados através da compreensão do ambiente operacional de uma OEM e utilizando

dados coletados em campo de tecnologias específicas. Além disso, de forma estratégica, propõe uma análise de sensibilidade com relação às informações de custo, promovendo uma reflexão do processo atual e de seus custos incorridos (Kafuku, 2015).

### 3 METODOLOGIA

Este capítulo aponta os principais métodos de pesquisa e identifica aqueles utilizados para o desenvolvimento deste trabalho.

#### 3.1 Métodos de pesquisa

Pesquisas são classificadas de acordo com a sua natureza, que pode ser básica ou aplicada, sua abordagem, quantitativa ou qualitativa, e quanto aos objetivos, exploratórios, descritivos ou explicativos(Gil, 2008). Relativamente à natureza, esta dissertação é classificada como aplicada, já que os conhecimentos gerados ao longo desta serão utilizados para a solução de um problema com características específicas (Saunders et al., 2009). Quanto à abordagem, ela é qualitativa, tendo em vista que o identificou e qualificou os itens a serem considerados e quantificou os custos operacionais de manutenção relacionados às tecnologias selecionadas, mas sem analisar estatisticamente os valores. Quanto ao objetivo, ela pode ser classificada como exploratória na medida em que busca explicitar um problema através da experiência de uma empresa do segmento foco do trabalho(Yin, 2010).

O delineamento desta pesquisa classifica-se como uma pesquisa-ação, uma vez que a metodologia proposta a partir da pesquisa bibliográfica é refinada através da sua aplicação prática. A pesquisa-ação é definida como um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo. No caso deste trabalho, a aplicação foi conduzida pelo pesquisador, com participação efetiva da equipe da empresa foco da aplicação(Thiollent, 2005). Dessa forma, este trabalho foi conduzido utilizando-se como referências as características de uma pesquisa aplicada qualitativa de caráter exploratório.

### 3.2 Método de trabalho

A metodologia deste trabalho foi construída a partir da compreensão do ambiente operacional, a qual possibilitou a construção de um modelo para ancorar o entendimento completo dos aspectos do processo de manutenção. O modelo apresenta três fases principais e é constituído por aspectos qualitativos. Na primeira fase foram mapeadas as etapas do processo de manutenção, bem como as suas atividades e recursos necessários. Ainda nessa etapa, definiram-se os produtos a fim de acompanhar a sua demanda por recursos. Com isso, foi possível definir os direcionadores primários de custos, partindo de padrões econômicos intermediários, e por fim, o cálculo dos custos primários.

Na segunda fase, foram descritos os direcionadores secundários do custo operacional direto de manutenção seguido pela atribuição destes direcionadores aos custos primários, resultando em parcelas de custos diretos. Após, fez-se necessária a identificação do relacionamento entre os produtos, definidos na fase anterior, e os custos diretos. A partir da relação produto *versus* custos diretos foi calculado o custo operacional direto de manutenção.

Por fim, na terceira fase foi realizada uma análise de sensibilidade a fim de compreender o comportamento dos direcionadores do custo operacional direto de manutenção e a partir disso, identificar melhorias no processo pós-venda. Dessa forma, a partir do resultado obtido na última fase é possível ter novas perspectivas para as primeiras fases, tornando o modelo dinâmico e direcionado a melhoria contínua do processo, seguindo as diretrizes do método de gestão ABM. O fluxograma da metodologia utilizado é observado na Figura 16.

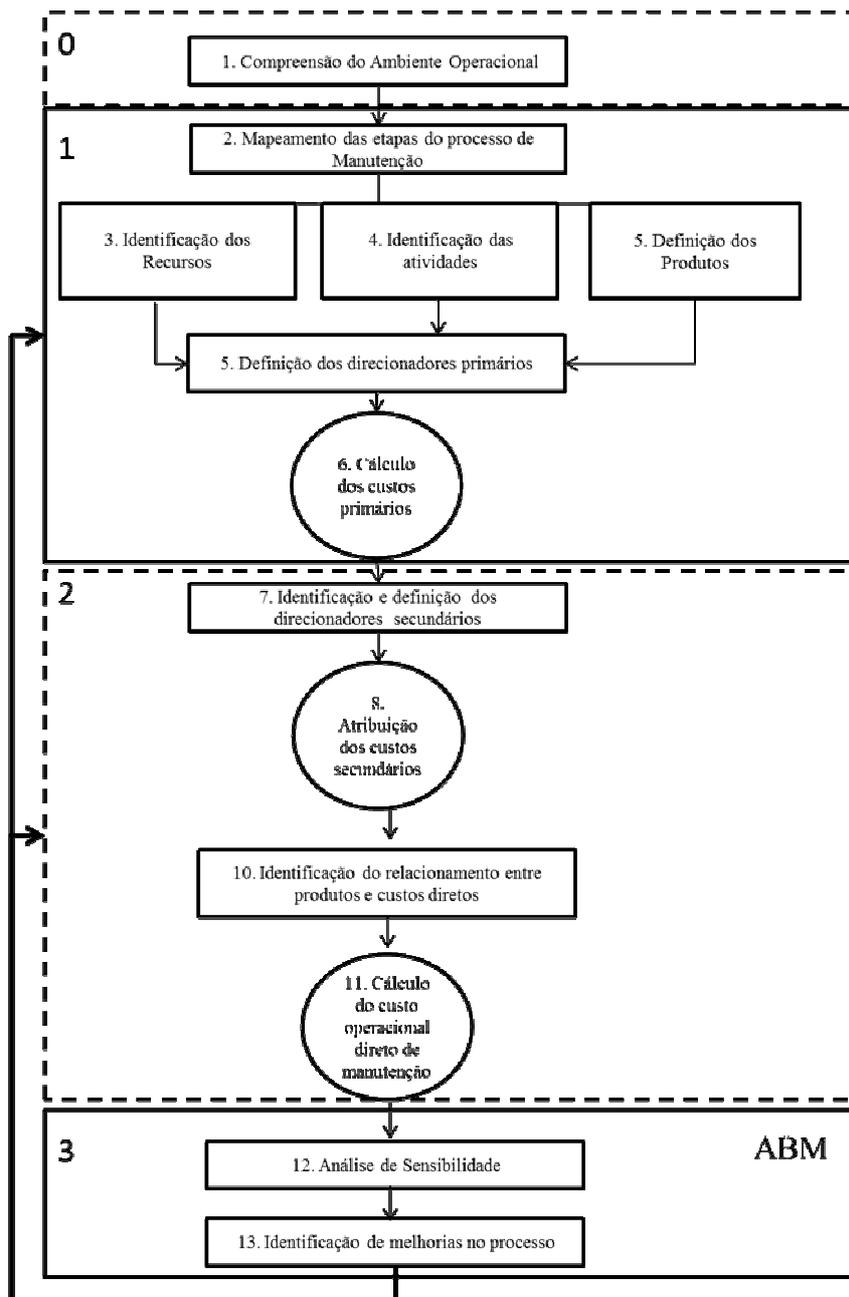
#### 3.2.1 Fase inicial: compreensão do ambiente operacional

A pesquisa teve como passo inicial a compreensão do ambiente operacional inserido no processo de manutenção de aeronaves. O processo de manutenção é considerado chave para a competitividade no mercado pós-venda de aviação, em função do alto consumo de recursos em cada etapa do processo. Com isso, a demanda por novas soluções é alta, o que o torna bastante atrativo para novos competidores.

O processo de manutenção inicia-se nas oficinas, onde é oferecido ao cliente o serviço de retirada e troca de componentes. O principal recurso empenhado nessa etapa é a mão-de-obra de técnicos de manutenção de aeronaves, chamada de C2. Para que a troca e substituição da

peça não interrompa a operação do cliente, as oficinas devem possuir um estoque de componentes. Esse estoque pode ter tanto peças reparadas (Q) como peças novas (q). As peças reparadas do estoque passam pelo processo de reparo e o restante é comprado a um preço (P). Para o caso de peças reparadas, a peça é retornada ao fabricante que analisa o seu modo de falha e então substitui os componentes necessários para que ela possa retornar ao estoque, tendo um custo (C1).

Figura 16: Fluxograma utilizado na metodologia deste trabalho.



Nessa etapa do processo, é identificada a necessidade de gerenciar o estoque para que a oficina tenha sempre o seu nível ótimo e possa atender o cliente de forma efetiva.

Essa gestão é realizada pela fabricante de aeronaves, que teve a oportunidade de estender o seu negócio, uma vez que já possui o conhecimento em gerenciamento de estoques em função da linha de montagem de aeronaves. No entanto, quando se fala de linha de produção, entende-se que a rotatividade de estoque deve buscar o equilíbrio entre o *lead time* do componente e cadência da produção. Já o cálculo da rotatividade para o mercado pós-venda precisa considerar indicadores pertinentes aos processos relacionados à manutenção de aeronaves. Por exemplo, para a etapa de reparo e inspeção de materiais, é preciso considerar o tempo de reparo do componente (TAT) somado ao tempo de transporte (T) e a confiabilidade do componente (MTBUR ou MTBF).

### 3.2.2 Fase I: cálculo dos custos primários

Foi realizada uma visita a uma oficina de reparo a fim de observar com mais detalhes o processo de manutenção de aeronaves. Com isso, foram acompanhadas todas as etapas do processo, suas atividades e recursos consumidos a fim de identificar direcionadores de custos primários para o cálculo dos custos primários.

A primeira etapa é a retirada e troca de componentes, nela foram identificadas atividades realizadas diretamente na aeronave as quais resultam na substituição daqueles componentes que apresentam falhas. A sequência das atividades inicia-se com (1) Identificação do problema, seguida pela (2) criação de acesso ao componente, (3) retirada do material, (4) elaboração do relatório e finalizando com a (5) substituição do componente.

Após a passagem pela oficina, a peça retirada é encaminhada ao fabricante para ser submetida ao processo de reparo e inspeção de materiais. Esse processo é constituído pela atividade de substituição de componentes. Muitas vezes, o tempo médio desse processo é cerca de 20 a 30 dias em função de legislações específicas de importação para o setor aeronáutico, por isso, torna-se importante a gestão do estoque de peças de reposição para evitar falta de materiais no atendimento ao cliente. O processo de gerenciamento de estoque é constituído por duas atividades principais, uma considerada indireta, que é a colocação de ordens de compra e outra considerada direta, que é o controle de nível de estoque. O processo de manutenção e suas atividades são observados na Figura 17.

Figura 17: Mapeamento do processo de manutenção de aeronaves e suas atividades.



Durante o acompanhamento das atividades, foram identificados os seguintes padrões econômicos intermediários do processo:

1. Custo de reparo de um componente ( $C1$ );
2. Custo de mão-de-obra ( $C2$ );
3. Custo vinculado à quantidade de peças de estoque reparadas necessárias ( $Q$ );
4. Custo vinculado à quantidade de peças de estoque novas necessárias ( $q$ ),
5. Preço de uma peça sobressalente ( $P$ )

Na oficina, o recurso consumido pelas atividades é a parcela de custo  $C2$  que é resultado do custeio baseado nas atividades realizadas tendo como direcionador de custo a taxa hora/homem e materiais consumidos em cada atividade. Já na segunda parte do processo, a parcela de custo é a variável  $C1$ , que representa a soma do custo dos componentes necessários para o reparo daquela peça. Para essa parcela, o direcionador de custos é a razão de remoção da peça, pois, a cada uma delas, tem-se uma nova falha e então, é substituído um pacote específico de componente. Com isso, construíram-se pacotes-padrão de componentes de acordo com as falhas dos produtos. A divisão dos componentes em pacotes foi realizada a partir de três diferentes classificações, de acordo com a sua complexidade. Os três grupos são denominados maior, menor e média complexidade, a qual foi analisada através dos manuais

internos de engenharia (CMM - *Component Maintenance Manual* - Manual de Manutenção do Componente).

Com a definição dos direcionadores primários para cada padrão econômico específico, foi possível quantificar os padrões econômicos e, por sua vez, atribuí-los aos processos de manutenção. O arranjo de matrizes relacionadas ao cálculo de C1 e C2 pode ser ilustrado conforme Figura 18.

O conjunto de tabelas (a) e (b) foi utilizado para o cálculo do C2. A tabela (a) descreve os recursos consumidos pelas atividades realizadas nas oficinas de manutenção, enquanto que a tabela (b) distribui essas atividades de acordo com a demanda de cada produto. O conjunto de tabelas (c) e (d) foi utilizado para o cálculo de C1, sendo que a tabela (c) apresenta as falhas com os respectivos produtos, enquanto que a tabela (d) nos mostra o consumo de componentes de acordo com a respectiva falha. Neste momento, foram selecionados os produtos da aeronave com o intuito de observar a influência dos direcionadores primários nos padrões econômicos intermediários. Sendo assim, a aeronave foi dividida em tecnologias, as quais compõem diversos grupos de produtos. Destes, foram escolhidos quatro grupos de produtos para comparação e ponderação dos seus recursos empenhados ao longo das atividades em cada fase do processo de manutenção de aeronaves.

Além de C1 e C2, outro padrão econômico é a cobertura de estoque total, definida através da soma das quantidades de peças reparadas e peças novas,  $(Q+q)$ . No entanto, essa soma foi ponderada de acordo com a política de planejamento da empresa, sendo constituída majoritariamente  $x\%$  por peças reparadas e o restante  $(1-x)\%$  de sobressalentes novas. No entanto, para a correta atribuição de seu valor, se faz necessária a introdução de novos fatores direcionadores de custos no processo.

**Figura 18:** Arranjo de tabelas utilizado para o cálculo de C1, tabelas (c) e (d), e para o cálculo de C2, tabelas (a) e (b).

Recursos	Atividades			
	A1	A2	A3	A(n)
R1				
R2				
R3				
R(n)				

Produtos	Atividades			
	A1	A2	A3	A(n)
P1				
P2				
P3				
P(n)				

Produto	Falhas			
	F1	F2	F3	F(n)
P1				
P2				
P3				

Falhas	Componentes			
	C1	C2	C3	C(n)
F1				
F2				
F3				
F(n)				

Fonte: Elaborada pela autora

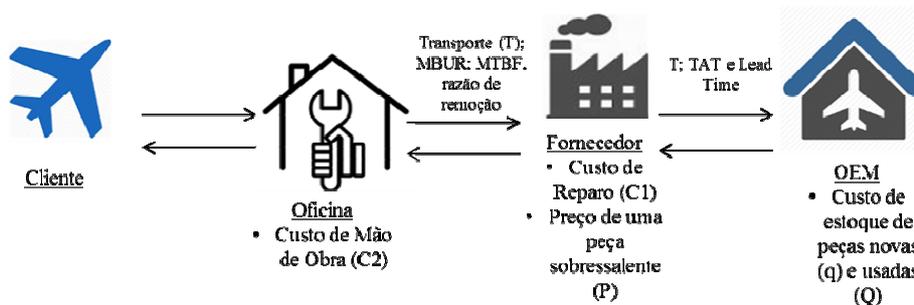
### 3.2.3 Fase II: Cálculo do custo operacional direto de manutenção

A partir da compreensão dos direcionadores primários, observou-se que eles são influenciados por fatores externos ao processo de manutenção. Estes fatores influenciam os direcionadores primários que por sua vez compõe o custo primário, sendo, portanto, chamados de direcionadores secundários, uma vez que não são diretamente atribuídos ao custo operacional direto de manutenção.

Para a compreensão desses novos direcionadores, a análise do cenário foi revisitada a fim de identificar a influência dessas variáveis de forma clara no processo de manutenção de aeronaves. Com isso, os novos fatores foram posicionados no processo, conforme Figura 19.

Os direcionadores secundários são os seguintes: (1) tempo médio entre falhas programadas (MTBF- *Mean Time Between Failures*); (2) tempo médio entre falhas não programadas (MTBUR - *Mean Time Between Unschedule Removals*); (3) tempo de reparo de uma peça (TAT - *Turn Around Time*); (4) tempo de transporte (T); (5) tempo de manufatura (*lead time*) e (6) razão de remoção dos componentes. A atribuição e contribuição de cada um deles aos direcionadores primários serão discutidas na próxima fase do modelo.

**Figura 19: Identificação dos direcionadores secundários ao longo do processo de manutenção.**



Com a definição dos direcionadores secundários, é possível a atribuição destes aos custos primários, resultando nos custos secundários do processo de manutenção. Começando com o (1) MTBF e o (2) MTBUR que apresentam como unidade de medida as horas de voo (FH - *Flight Hours*) e influenciam no processo com relação à mão-de-obra da oficina, C2, custo de reparo, C1 e custo de estoque (Q+q), uma vez que o aumento ou diminuição de horas de voo de um componente influencia nas quantidades de paradas da aeronave para os *checks* de manutenção realizados pelos clientes. No entanto, com a visita ao processo, foi possível identificar que apenas o valor de MTBUR é utilizado para programar paradas de manutenção. Com isso, apenas o valor de MTBUR é atribuído aos custos primários C1, C2 e (Q+q). Nesse momento, é possível identificar a parcela de custos referente ao processo de reparo e

substituição de materiais, conforme Equação (1). Nessa parcela são consideradas as horas voadas por cliente (H) para fins de ajuste de unidade.

**Equação 1: Parcela de custos referente ao processo de reparo e substituição de materiais.**

$$\text{Custo do processo de reparo e substituição de materiais} = \frac{C1 + C2 * H}{MTBUR}$$

Com isso, observou-se que para o custo total de estoque ainda se faz necessário a introdução de outros direcionadores secundários, como o TAT e o T que são o tempo de reparo de uma peça e o tempo de transporte de uma peça entre a oficina, reparador e estoque, respectivamente. Para os casos em que o reparo não é possível, o tempo de manufatura (*lead time*) deve ser considerado no lugar do TAT e, de forma similar, influencia no custo de reposição de uma peça nova (P).

Dessa forma, a definição e cálculo do custo de estoque tornam-se mais clara. Começando pela parcela referente a peças reparadas (Q), ela considera o valor das peças reparadas (C1), o respectivo tempo que elas levam para serem reparadas (TAT), adicionando o tempo de transporte (T) e, ainda a frequência na qual elas necessitam desse serviço, que é dada pelo MTBUR ou MTBF, de acordo com o tipo de manutenção. Por outro lado, a quantidade de estoque (q) considera o valor de peças novas (P), o respectivo tempo de manufatura da peça (*lead time*) e ainda a frequência desse processo, também calculada pelo MTBUR ou MTBF. Além disso, para ambos os custos de estoque são necessários ajustes de unidades realizados através da inclusão de horas de voo (H) por dia de cada componente. As equações para o cálculo de cobertura de estoque referente à Q e q podem ser visualizada nas Equações (2) e (3).

**Equação2: Equação do custo de cobertura de estoque de peças reparadas**

$$Q = \frac{x * (H/dia) * (TAT + T) * C1}{\text{Frequência}}$$

**Equação 3: Equação do custo de cobertura de estoque de peças novas**

$$q = \frac{(1-x) * (H/dia) * (\textit{lead time} + T) * P}{\text{Frequência}}$$

Com os custos C1, C2, q e Q devidamente identificados, restam o preço das peças sobressalentes (P). No entanto, essa é uma variável na qual não se tem controle, pois são valores contratados e acordados com os fornecedores, sendo assim, esse estudo irá utilizar valores proporcionais para fins de simulação do modelo.

A partir da identificação e definição dos direcionadores de custos primários e secundários é possível calcular o custo dos processos de retirada e troca de componentes, reparo e inspeção de materiais e gerenciamento de estoque. Como eles compreendem o processo de manutenção, a soma desses valores resulta no custo operacional direto de manutenção. Com isso, para cada produto analisado é possível calcular o seu custo operacional direto de manutenção ao longo da vida da aeronave. Na Figura 20 observa-se através da equação (a) o custo de reparo, que inclui os processos de retirada e troca de componentes e reparo e inspeção de materiais, da equação (b) o custo de estoque, que compreende o processo de gerenciamento de estoque e finalmente, através da equação (c) o custo operacional direto de manutenção.

**Figura 20: Conjunto de equações utilizadas para o cálculo do custo operacional direto de manutenção(c), sendo (a) custo do processo de reparo e substituição de materiais e (b) custo do processo de gerenciamento de estoque.**

$$\begin{array}{lcl}
 \text{(a) Custo de Reparo} & = & \frac{C1 + C2 * H}{MTBUR} \\
 \text{(b) Custo de Estoque} & = & x * (N * C1 * Q) + (1-x) * (N * P * q) \\
 \text{(c) Custo operacional} & = & \text{Custo de Reparo} + \text{Custo de Estoque} \\
 \text{direto de manutenção} & & 
 \end{array}$$

### 3.2.4 Fase III: análise de sensibilidade e Identificação de melhorias

Em seguida, sob a ótica de melhoria do processo de manutenção, foi realizada uma análise de sensibilidade com os padrões intermediários econômicos a fim de apoiar a estratégia do mercado pós venda no sentido de conhecer os pontos de maior criticidade. A análise foi realizada com aqueles padrões que mostraram ter um grande impacto sobre o custo operacional direto de manutenção. O impacto foi observado através da ponderação das parcelas que formam o custo operacional direto de manutenção e, em seguida, construíram-se equações para entender o comportamento dos padrões intermediários econômicos de maior impacto para o processo de manutenção. Além disso, após a identificação desses padrões

foram propostas melhorias no processo de manutenção de forma buscar o melhor cenário de contratação desse serviço. Além disso, o modelo desenvolvido propõe o questionamento da demanda por recursos, direcionando a revisitar as fases iniciais do modelo, e busca o arranjo ótimo entre eles.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico será realizada a aplicação e discussão do método de trabalho proposto em uma empresa montadora (OEM) do segmento de aviação.

### 4.1 Fase I: compreensão do Ambiente Operacional: Estudo de Caso

O estudo de caso foi realizado em uma empresa do setor aeronáutico, a qual apresenta negócios em três áreas estratégicas no mercado de aviação: executiva, defesa e comercial. A empresa tem operações em mais de oito países, dentre eles, Estados Unidos, Portugal, Irlanda, China e Singapura, e mais de três *joint-ventures* pelo mundo. Para suportar as suas operações e clientes, a empresa apresenta 56% da sua cadeia de suprimentos localizada nos Estados Unidos, seguido pelo Brasil com 18%.

Os aviões comerciais entraram em serviço no final dos anos 90 e atualmente operam aproximadamente 100 linhas áreas, distribuídas em 60 países totalizando mais de 1700 aeronaves em operação. Por outro lado, o mercado de jatos executivos iniciou-se no ano de 2002 e atualmente suas vendas somam aproximadamente 1000 aeronaves localizadas em 60 países.

O modelo de negócio estruturado para cada nicho de aviação diferencia-se de acordo com o público de cada área, comercial, executiva e defesa. O modelo desenhado para o mercado pós-venda da aviação comercial possibilita a interação direta entre fornecedores e operadores, sem o intermédio da fabricante de aeronaves. No entanto, como uma parte do negócio pós-venda da fabricante é o suporte técnico e de peças aos clientes, torna-se necessário vencer uma competição acirrada para manter-se no mercado. Já o modelo de negócio vigente para a aviação executiva permite apenas a interação do cliente com a fabricante de aeronaves, a qual apresenta interface direta com o fornecedor. A área de defesa apresenta regulamentações restritas ao setor e possui peculiaridades não exploradas nesse trabalho.

O foco do estudo é o nicho de mercado pós-venda da aviação comercial e o seu processo de manutenção de aeronaves. A manutenção engloba não somente suporte de peças de reposição, mas também serviços de reparo e gerenciamento de estoque.

#### 4.2 Fase II: Mapeamento das etapas do processo de manutenção

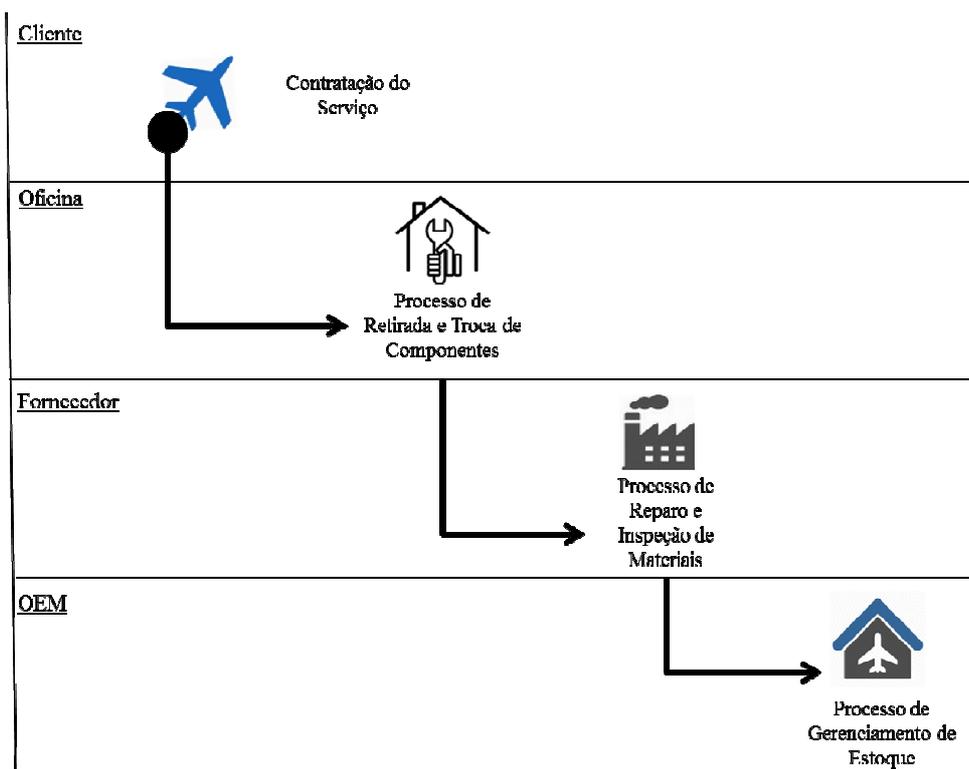
A análise do processo inicia-se quando a aeronave do cliente necessita de manutenção, programada ou não programada, e contrata esse serviço de uma oficina de reparo. Normalmente, os clientes da aviação comercial, principalmente aqueles que possuem até 15 aeronaves, contratam o serviço de estoque compartilhado diretamente da fabricante, através do pagamento de uma taxa mensal constante. Isso ocorre em função de não apresentarem nem estrutura nem volume para gerenciar sua própria oficina e seu estoque de peças.

Com a contratação desse serviço, o cliente se beneficia de várias formas, dentre elas a total disponibilidade de peças e o fluxo de caixa constante, pois à medida que a aeronave envelhece o número de peças a serem reparadas aumenta consideravelmente, fazendo com que o desembolso seja maior quando comparado aos primeiros anos em serviço.

A partir do momento de contratação desse serviço, o cliente é atendido por alguma das oficinas da fabricante e então é iniciado o processo de manutenção de aeronaves. O processo envolve quatro diferentes atores: o cliente, a oficina, o fornecedor e a fabricante de aeronaves. Cada um deles é responsável por uma parte do processo e cada uma delas apresenta atividades com direcionadores que influenciam no processo seguinte.

O cliente é responsável por cadastrar-se no programa de prestação de serviços da fabricante e levar as suas aeronaves até alguma das oficinas conveniadas. A oficina é responsável pelo processo de retirada e troca de componentes e todas as atividades necessárias, desde a identificação do problema da aeronave até a sua correta solução, são atribuições da oficina. O fornecedor é responsável pelo reparo e inspeção das peças que foram retiradas da aeronave do cliente. Ele valida a falha encontrada na oficina, substitui os componentes necessários para que a peça retorne às condições de aeronavegabilidade e envia para o estoque gerenciado pela fabricante de aeronaves. Por sua vez, a fabricante, OEM, é responsável pelo gerenciamento do estoque de maneira a manter o nível de disponibilidade contratada pelo cliente. O processo de manutenção de aeronaves é representado na Figura 21.

Figura 21: Processo de manutenção de aeronaves



#### 4.2.1 Identificação das atividades e dos recursos

A partir da definição das etapas do processo de manutenção, é possível identificar as atividades relacionadas a cada uma delas e os fatores que influenciam na formação do custo operacional direto de manutenção.

Conforme explicitado na Figura 21, o processo de manutenção de aeronaves compreende outros processos, tais como contratação do serviço de estoque compartilhado pelo cliente, que não será analisado por não interferir no custo de manutenção, sendo apenas a etapa inicial do processo. Além desse, tem-se o processo de retirada e troca de componentes, processo de reparo e inspeção de materiais e o processo de gerenciamento de estoque, os quais serão analisados por demandarem não somente insumos, mas também mão-de-obra dedicada. Dessa forma, com a aplicação do método ABC, o próximo passo é a caracterização de cada processo através da enumeração de suas atividades.

Começando pelo processo de retirada e troca de componentes, ele apresenta cinco atividades: (1) identificação do problema, (2) criação de acesso ao componente, (3) retirada do material, (4) elaboração de relatório e (5) substituição do componente. Nesse ponto fica

claro que os fatores relacionados à taxa de mão-de-obra e tempo influenciam significativamente no custo desse processo.

Após passar por esse processo, o cliente retorna às suas operações; em contrapartida, as peças removidas são encaminhadas ao fornecedor. Com isso, inicia-se o próximo processo, de reparo e inspeção de materiais. Ele é de responsabilidade do fornecedor, e apresenta uma atividade, a (1) substituição dos componentes que apresentaram falha. Nesse processo o fator que influencia no custo, pago pela fabricante de aeronaves, é a complexidade da falha do produto, descrita na razão de remoção do produto.

Após o produto ser reparado, ele retorna ao estoque da fabricante que tem sob sua responsabilidade as atividades de (1) controle dos níveis de estoque (2) colocação de ordem de compra dos componentes, sendo esta não analisada por se tratar de uma atividade indireta no processo. Dessa forma, o processo de gerenciamento de estoque é operacionalizado. Para que o estoque proporcione um nível de operação constante aos clientes, é necessário que a fabricante de aeronaves considere não somente o custo referente ao fornecedor de reparo, mas também o tempo que o produto é imobilizado na fábrica do fornecedor. Os processos e as respectivas atividades foram descritos na Figura 17.

#### 4.2.2 Definição de direcionadores e cálculo dos custos primários

##### 4.2.2.1 Definição e Cálculo do Custo de Mão-de-Obra

Começando pelas atividades realizadas nas oficinas de reparo, as quais direcionam o custo de mão-de-obra (C2), que é considerado um padrão econômico intermediário no custo operacional direto de manutenção, tem-se as seguintes: (1) identificação do problema, (2) criação de acesso ao componente com defeito, (3) retirada desse componente, (4) elaboração de relatório sobre o problema identificado e (5) substituição do componente por outro em condições de operações.

**Tabela 3: Recursos consumidos por atividade .**

	Identificação do problema	Acesso	Retirada do componente	Elaboração de relatório	Substituição	Total
Funcionários (Quantidade)	2	2	2	1	2	9
Oleo (L)	0	0,3	0,5	0	0,7	1,5

Cada atividade demanda recursos específicos para a sua operacionalização. Na Tabela 3 é possível identificar o número de funcionários e o volume de óleo, em litros (l), necessário para realizar cada atividade. Durante as atividades de manutenção são utilizados diversos materiais consumíveis, dentre eles óleo e outros lubrificantes. De forma a padronizar a medição desses materiais consumíveis, estes são denominados de óleo e medidos por litros (L).

Dessa forma, é possível verificar que para a atividade de Identificação do problema são necessários dois funcionários dedicados sem nenhum gasto de óleo e, em contrapartida, para a atividade de Acesso, além dos dois funcionários dedicados, é necessário 0,3L de óleo.

No entanto, para encontrar o valor referente à mão-de-obra em um período de 12 meses da oficina de reparo, se faz necessário identificar as horas totais consumidas em cada atividade nesse período, bem como o consumo total de óleo. Ainda, é importante informar que a taxa Hora/homem (H/h) utilizada é aquela praticada no setor de manutenção de aeronaves, para o ano de 2016 foi utilizado o valor de 165,00 reais por hora (R\$/h) e, ainda, a taxa utilizada para o litro de óleo é de 30 reais por litro.

Na Tabela 4 encontram-se os recursos consumidos pelas atividades e na Tabela 5 encontra-se o custo referente a cada atividade, considerando a taxa Hora/homem e o valor de 30 R\$/L mencionados.

Os direcionadores de custos das atividades foram o tempo total para a realização da atividade e o consumo de óleo total necessário. Sendo assim, é possível afirmar que, em um período de 12 meses, para a atividade de identificação do problema foi consumido o equivalente a R\$ 192.192 em mão de obra e R\$0 em óleo. Já para a atividade de acesso, foi consumido o equivalente de R\$ 240.240 de mão de obra e R\$ 405 em óleo.

**Tabela4: Recursos consumidos pelas atividades em um período de 12 meses.**

	Identificação do Problema	Acesso	Retirada do Componente	Elaboração de relatório	Substituição	Total
Horas Consumidas	582,4	728	873,6	145,6	582,4	2912
Volume de Óleo (L)	0	13,5	15	0	14	42,5

**Tabela5: Custo direto de mão-de-obra (C2) conforme consumo por atividade.**

	Identificação do Problema	Acesso	Retirada do Componente	Elaboração de relatório	Substituição	Total
Horas Consumidas	192192	240240	288288	24024	192192	R\$ 936.936
Volume de Óleo (L)	0	405	450	0	420	R\$ 1.275

#### 4.2.2.2 Definição e Cálculo do Custo de Reparo

Além das atividades de responsabilidade da oficina de reparo, existem aquelas relacionadas ao processo de reparo e inspeção de materiais, realizadas no fornecedor, e que também são direcionadoras primárias no custo operacional direto de manutenção.

O custo direto dessas atividades é decorrente do tipo de falha encontrada no produto, identificada através da razão de remoção do produto, mencionada no relatório da oficina de reparo e validada pelo fornecedor do produto.

Para cada razão de remoção, associa-se um tipo de falha com complexidade específica. Com isso, é possível afirmar que a razão de remoção é o direcionador de custo para a atividade de substituição de componentes. De forma a tornar o processo contínuo, foram elaborados pacotes-padrão de componentes associados a cada razão de remoção específica. Com isso, é possível prever o número e o valor total dos componentes substituídos naquele produto devido àquela razão específica desde a elaboração do relatório na oficina de reparo.

As etapas utilizadas para organizar os pacotes-padrão e, então, calcular o custo de reparo C1 podem ser observadas através das Tabelas 6 a9. Na tabela 8 é possível identificar as falhas constatadas em cada produto, por exemplo, no X é possível verificar três tipos de falhas, o vazamento, o ruído e o fluxo interrompido.

**Tabela6: Produtos X Razão de Remoção**

	Vazamento	Ruído	Baixa Pressão	Alta Pressão	Fluxo Interrompido
X	x	x			x
Y	x		x		x
Z		x		x	
W				x	x

No entanto, para cada tipo de falha são substituídos componentes específicos do produto. Na Tabela 7 pode-se observar o número de componentes substituídos em cada falha.

**Tabela 7: Unidades de componentes demandadas X Falhas constatadas**

	Unidades demandadas						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Vazamento	2	0	4	6	7	6	3
Ruído	0	5	3	2	0	2	1
Baixa Pressão	4	0	2	3	4	5	2
Alta pressão	3	5	8	4	0	4	5
Fluxo interrompido	2	0	0	8	5	4	2

Dessa forma, toda vez que a falha é de vazamento, torna-se necessário a substituição de pelo menos 2 componentes C1, 4 Componentes C3, 6 componentes C4, 7 componentes C5, 6 Componentes C6 e 3 Componentes C7. O conjunto necessário a ser substituído é de acordo com o tipo de vazamento. Essa análise é realizada através dos manuais de manutenção dos produtos. Sendo assim, foi possível observar a seguinte distribuição dos componentes por falha, conforme Figura 23.

Ainda, tendo como exemplo a falha de Vazamento, é possível observar que nem todos os componentes aparecem em todas as ocorrências. Com isso, separou-se em 3 diferentes pacotes de acordo com a incidência de cada componente, sendo Pacote 1 aquele tipo de falha Vazamento que necessita de substituição dos componentes C1, C5 e C3.

**Figura 22: Pacotes de componentes por tipo de falha constatada, sendo (a) Vazamento; (b) Ruído; (c) Baixa pressão (c), (d) Alta pressão e (e) Fluxo interrompido.**

a)	Vazamento		
Pacote 1	C1	C5	C3
Pacote 2	C4	C5	C7
Pacote 3	C6	C4	C5

b)	Ruído		
Pacote 1	C2	C4	C7
Pacote 2	C6	C3	C7
Pacote 3	C2	C6	C3

c)	Baixa Pressão		
Pacote 1	C1	C3	C5
Pacote 2	C4	C6	C1
Pacote 3	C7	C5	C3

d)	Alta pressão		
Pacote 1	C3	C1	C4
Pacote 2	C2	C1	C6
Pacote 3	C4	C7	C3

e)	Fluxo Interrompido		
Pacote 1	C1	C4	C5
Pacote 2	C5	C7	C1
Pacote 3	C6	C1	C5

Todavia, a intenção é classificar de acordo com o custo de cada pacote, com isso, decidiu-se vincular cada componente ao seu custo de forma a facilitar a priorização. Os valores de cada componente estão descritos na Tabela 8.

**Tabela 8: Custo unitário dos componentes**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Custo (R\$)/Unidade	100	400	200	350	450	800	95

Dessa forma é possível quantificar cada pacote-padrão dos componentes e assim classificá-los de acordo com o respectivo valor. Foram utilizadas três classificações “Menor”, “Maior” e “Mediana” de acordo com o valor total de cada pacote. Essa classificação pode ser vista na Figura 24.

Por conseguinte, a cada falha há três possíveis opções, a de maior, mediano e menor valor. Com isso, a cada manutenção programada ou não programada do produto X, por exemplo, é possível constatar as falhas de Vazamento e/ou Ruído e/ou Fluxo interrompido, Conforme Tabela 4. A cada uma delas pode ser atribuído valores pertencentes ao intervalo do Pacote 1 até o Pacote 3. Ou seja, para a falha de Vazamento, as despesas podem variar desde R\$ 4150,00 até R\$ 10.050,00, tanto para o produto X como para o produto Y.

**Figura 23: Quantificação e classificação dos pacotes-padrão dos componentes, sendo (a) para as falhas relacionadas a Vazamento (b) Ruído(c) Baixa pressão (d) Alta pressão e (e) Fluxo interrompido.**

a)	Vazamento				Total	
Pacote 1	C1	C5	C3	R\$ 4.150,00	Menor	
Pacote 2	C4	C5	C7	R\$ 5.535,00	Mediana	
Pacote 3	C6	C4	C5	R\$ 10.050,00	Maior	

b)	Ruído				Total	
Pacote 1	C2	C4	C7	R\$ 2.795,00	Mediana	
Pacote 2	C6	C3	C7	R\$ 2.295,00	Menor	
Pacote 3	C2	C6	C3	R\$ 3.402,00	Maior	

c)	Baixa Pressão				Total	
Pacote 1	C1	C3	C5	R\$ 2.600,00	Mediana	
Pacote 2	C4	C6	C1	R\$ 4.753,00	Maior	
Pacote 3	C7	C5	C3	R\$ 2.390,00	Menor	

d)	Alta pressão				Total	
Pacote 1	C3	C1	C4	R\$ 3.300,00	Menor	
Pacote 2	C2	C1	C6	R\$ 5.500,00	Maior	
Pacote 3	C4	C7	C3	R\$ 3.475,00	Mediana	

e)	Fluxo Interrompido				Total	
Pacote 1	C1	C4	C5	R\$ 5.250,00	Mediana	
Pacote 2	C5	C7	C1	R\$ 2.640,00	Menor	
Pacote 3	C6	C1	C5	R\$ 5.650,00	Maior	

#### 4.2.2.3 Preço de aquisição

O preço de aquisição é o preço negociado pela fabricante na compra de um produto novo para suportar a frota. É considerado um direcionador primário. No entanto, ele não será discutido nesse trabalho em função da confidencialidade presente entre fabricante e fornecedor.

#### 4.2.2.4 Definição do Custo de Estoque

O custo de estoque é um direcionador primário no custo operacional direto de manutenção e tem influência direta do custo do reparo (C1) e do preço de aquisição (P) conforme Equações (1) e (2).

Além do custo de reparo e preço de aquisição, o custo de estoque é vinculado com a disponibilidade de peças para o cliente. Uma vez que uma peça falhada é retirada da aeronave e substituída por outra do estoque (seja reparada ou nova) é necessário que o estoque seja dimensionado de forma a cobrir o intervalo dessas substituições. Para isso, é importante que o tempo de reparo e o tempo de transporte das peças até o reparador e depois até a fabricante sejam contabilizados, pois nesse período o estoque fica descoberto de pelo menos uma unidade.

### 4.3 Cálculo do custo operacional direto de manutenção

Nessa fase são discriminadas as parcelas do custo operacional direto de manutenção referente ao custo de reparo e ao custo de estoque.

#### 4.3.1 Identificação, definição e atribuição dos direcionadores secundários

Os direcionadores secundários são aqueles que não podem ser diretamente atribuídos ao custo operacional direto de manutenção. Conforme já explicitado no capítulo 3, os direcionadores secundários são: (1) tempo médio entre falhas programadas (MTBF- *Mean Time Between Failures*); (2) tempo médio entre falhas não programadas (MTBUR - *Mean Time Between Unschedule Removals*); (3) tempo de reparo de uma peça (TAT); (4) tempo de transporte (T); (5) tempo de manufatura (*lead time*) e (6) razão de remoção dos componentes.

O (1) MTBF e (2) MTBUR influenciam no processo com relação à mão-de-obra da oficina, C2, custo de reparo, C1 e custo de estoque, uma vez que o aumento ou diminuição de horas de voo de um componente da aeronave influencia nas quantidades de paradas para os

*checks* de manutenção realizados pelos clientes. O TAT e o T que são o tempo de reparo de uma peça e o tempo de transporte de uma peça entre a oficina, reparador e estoque, respectivamente, influenciam no custo de estoque em função da indisponibilidade da peça durante esse trajeto. Para os casos em que o reparo não é possível, o tempo de manufatura (*lead time*) deve ser considerado no lugar do TAT e, de forma similar, influencia no custo de reposição de uma peça nova (P). Ainda, a razão de remoção, mensagem que é reportada pela oficina durante a verificação da falha do componente influencia no custo de reparo C1. Isso é verificado em razão de que as falhas mais complexas requerem um maior número de substituição de componentes e com isso, aumenta o custo de reparo.

Dessa forma, a atribuição dos direcionadores secundários de custo aos primários no modelo final do custo operacional direto de manutenção é explicitada na Tabela 9. Por exemplo, o tempo de reparo (TAT) e do tempo de transporte (T) têm influência direta no custo de estoque mencionado no item 4.2.2.4e, portanto são atribuídos ao modelo final de forma proporcional.

**Tabela 9: Efeito dos direcionadores secundários sobre o custo operacional direto de manutenção.**

Direcionadores Primários	Direcionadores Secundário	Efeito para o Custo Operacional Direto de Manutenção
C1, C2, Q e q	MTBUR	Inverso
Q	TAT	Direto
q	<i>lead time</i>	Direto
P	NA	Direto
Q e q	T	Direto

A partir dessa definição, ao se encontrar valores para os direcionadores do custo de estoque, tais como MTBUR, TAT, *lead time* e T, é possível calcular o custo de estoque por componente.

#### 4.3.2 Estudo de Caso: condições de contorno

O estudo de caso foi realizado segundo algumas condições de contorno previamente especificadas. A aplicação do modelo foi em uma frota com 10 aeronaves e perfil de 6000 horas de voo por ano. Além disso, todas as aeronaves participam do programa de estoque compartilhado fornecido pela fabricante e tiveram o custo operacional direto de manutenção

calculado para um período pós-garantia, de forma que todos os custos incorridos são de responsabilidade da fabricante de aeronaves. Como as paradas de manutenção foram coletas através de dados históricos, não foi possível diferenciar entre paradas programadas ou não programadas, de forma que todas foram tratadas como não programadas, pois é a forma como a fabricante processa os dados internamente. Os produtos escolhidos para análise foram toalete, máscara de oxigênio, válvula e atuador. Os fornecedores para esses componentes não são comuns, porém são considerados fonte única, sendo o produto desenvolvimento exclusivamente para a fabricante. Dessa forma, no contrato de suporte ao produto entre a fabricante de aeronave e o fornecedor, existem acordados os seguintes direcionadores de custo conforme Tabela 10.

**Tabela 10: Direcionadores secundários por componente**

	Toalete	Máscara de Oxigênio	Válvula	Atuador
TAT (dias)	90	100	80	50
MTBUR (FH)	3000	1000	5000	1500
T(dias)	2	3	2	2
lead time	120	60	150	140
P(R\$)	10.000,00	6.000,00	7.000,00	12.000,00

#### 4.3.3 Relação entre produtos e direcionadores de custos diretos

##### 4.3.3.1 Custo de mão-de-obra

Os produtos consomem as atividades do processo de manutenção, que por sua vez, consomem os recursos explicitados no item 4.1.4.1 e 4.1.4.2. Sendo assim, os recursos relacionados a horas/homem consumidos em cada atividade de acordo com a demanda dos produtos podem ser observados na Tabela 11

**Tabela 11: Consumo de hora/homem por atividade de acordo com o produto.**

	Identificação do problema	Acesso	Retirada do componente	Elaboração de relatório	Substituição	Total (H)
Toalete	3	2,5	2,5	2	2	12
Mascara de Oxigênio	7,4	6,5	4,5	3	2	23,4
Válvula	7,2	7	6,5	5,5	6,5	32,7
Atuador	4,8	4,5	4	3	4,2	20,5

A partir da Tabela 11 tem-se que o produto Toalete consome 3h da atividade Identificação do problema e esta ainda necessita, conforme Tabela 3, de 2 funcionários e zero litro de óleo. Sendo assim, a mão-de-obra direta consumida pelo produto Toalete, a cada ocorrência de falha, sejam elas programadas ou não programadas, é de aproximadamente R\$ 3.675,00 mil. O mesmo cálculo pode ser realizado para os demais produtos, conforme Tabela 12.

**Tabela 12: Custo por produto associado a atividades realizadas na oficina de reparo.**

	Identificação do Problema (R\$)	Acesso (R\$)	Retirada do Componente (R\$)	Elaboração de relatório (R\$)	Substituição (R\$)	Total (R\$)
Toalete	990	834	840	330	681	3.675,00
Mascara de Oxigênio	2442	2154	1500	495	681	7.272,00
Válvula	2376	2319	2160	907,5	2166	9.928,50
Atuador	1584	1494	1335	495	1407	6.315,00

É importante notar que a quantificação das atividades consumidas pelos produtos possibilita o questionamento da utilização desses recursos. Torna fácil a comparação entre os recursos consumidos por produtos *versus* os recursos consumidos durante o período total. O método de custeio ABC possibilita não somente o acompanhamento do custos dos processos, mas também a identificação de desvios do processo.

#### 4.3.3.2 Custo de Reparo

Depois de identificar o custo direto de mão-de-obra, C2, partiu-se para a identificação de outro padrão econômico intermediário, o custo direto de reparo, C1. O Como já observado, o seu direcionador de custos é a razão de remoção do componente. Foram analisadas as principais razões de remoção dos produtos pré-estabelecidos nesse trabalho e com isso, é possível observar na Tabela 13 as suas principais razões de remoção.

**Tabela 13: Razão de remoção por produto.**

	Vazamento	Ruído	Baixa Pressão	Alta Pressão	Fluxo Interrompido
Toalete	x	x			x
Máscara de Oxigênio	x		x		x
Válvula		x		x	
Atuador				x	x

Para mensurar o custo C1 de reparo considera-se as etapas descritas no item 4.1.4.2, e a classificam-se os valores encontrados de acordo com as três possíveis opções para cada falha, sendo elas a de maior, mediano e menor valor. Com isso, a cada manutenção programada ou não programada do produto Toaleta, por exemplo, é possível constatar as falhas de Vazamento e/ou Ruído e/ou Fluxo interrompido, Conforme Tabela 12. A cada uma delas pode ser atribuído valores pertencentes ao intervalo do Pacote 1 até o Pacote 3, descritos na Figura 22. Dessa forma, para a falha de Vazamento, as despesas podem variar desde R\$ 4150,00 até R\$ 10.050,00, tanto para o produto Toaleta como para o produto Máscara de Oxigênio.

#### 4.3.3.3Custo de Estoque

Com a definição de C1 e C2 e a explicitação dos direcionadores secundários na Tabela 10, é possível encontrar o custo de estoque associado a cada componente, através da utilização da Equação (1) e (2).

Para o cálculo de estoque foi considerado o cenário de em que o conjunto de componentes substituídos em C1 faz parte do pacote mediado.

**Tabela 14: Custo de estoque por produto.**

	Toaleta	Mascara de Oxigênio	Válvula	Atuador
Q	R\$ 1.980,30	R\$ 3.124,33	R\$ 664,88	R\$ 2.123,33
q	R\$ 2.033,33	R\$ 1.890,00	R\$ 1.064,00	R\$ 5.680,00
Q(%)	49	62	38	27
q(%)	51	38	62	73
Custo de Estoque	R\$ 4.013,63	R\$ 5.014,33	R\$ 1.728,88	R\$ 7.803,33

A partir da Tabela 14, é possível perceber que, apesar da parcela de estoque referente a peças novas ser de apenas 30%, a sua representatividade no custo total torna-se maior quando comparada ao custo de peças reparadas. Com isso, o produto que tem o maior custo de estoque, a máscara de oxigênio, é aquele que tem o maior valor referente ao preço de peças novas.

Além disso, o custo de estoque é também influenciado pelo TAT, uma vez que o único produto que apresenta a maior parcela do custo vinculada ao custo de estoque de peças reparadas, a máscara de oxigênio, é aquele que apresenta o maior valor de TAT.

#### 4.3.4 Custo Operacional Direto de Manutenção

Para a aplicação final do modelo, é ainda necessário considerar no valor do reparo, descrito na Figura 23, a frequência em que eles são realizados ao longo de período de 12 meses. A frequência é contabilizada a partir dos valores de MTBUR da Tabela 10.

Na Tabela 15 é possível observar o custo direto operacional do processo de manutenção para os produtos Toaleta, Máscara de Oxigênio, Válvula e Atuador com as respectivas parcelas de custo de estoque total e custo de reparo total.

**Tabela 15: Custo operacional direto de manutenção**

		Toaleta	Máscara de Oxigênio	Válvula	Atuador
Custo operacional direto de Manutenção	Custo do reparo total	R\$ 18.420,00	R\$ 59.232,00	R\$ 16.084,20	R\$ 46.260,00
	Custo de estoque total	R\$ 4.013,63	R\$ 5.014,33	R\$ 1.728,88	R\$ 7.803,33
	% Custo do reparo total	82%	92%	90%	86%
	% Custo de estoque total	18%	8%	10%	14%
	Total	R\$ 22.433,63	R\$ 64.246,33	R\$ 17.813,08	R\$ 54.063,33

É interessante perceber que a parcela que mais contribui no valor total do custo operacional direto de manutenção é a do custo de reparo total. Para o cálculo do custo total de reparo foi considerado no valor de C1 a substituição do pacote de componentes mediano. Ainda, para cada componente, foi considerada a razão de remoção de maior frequência nos últimos 12 meses. Com isso, para o produto Toaleta, foi considerada a razão de remoção vazamento, para a Máscara de Oxigênio, foi considerada a razão de remoção baixa pressão, para a Válvula a razão de remoção foi alta pressão e para o Atuador foi considerada a de fluxo interrompido.

No entanto, o produto que apresenta o maior custo operacional direto de manutenção, a Máscara de Oxigênio, não é aquele que tem o maior valor do custo de reparo C1 nem do custo de mão-de-obra C2. Com isso, além da proposição do modelo para o custo operacional direto de manutenção, torna-se atrativo determinar a influencia de cada direcionador no modelo final a fim de apoiar a melhoria dos processos de manutenção.

No entanto, é importante mencionar que a quantificação dos custos nesse trabalho não inclui custos indiretos, que segundo literatura, pode chegar até 2 vezes o custo direto de manutenção.

#### 4.4 Fase III: Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade é bastante interessante quando se pensa em melhorias para a gestão do processo de manutenção de aeronaves. Como já explicitado no item 2.3.1, o sistema de custos é parte integrante de um sistema mais amplo, o de gestão. Por isso, é importante que a utilização do método de custos, o método ABC, esteja vinculado a melhorias na gestão dos processos.

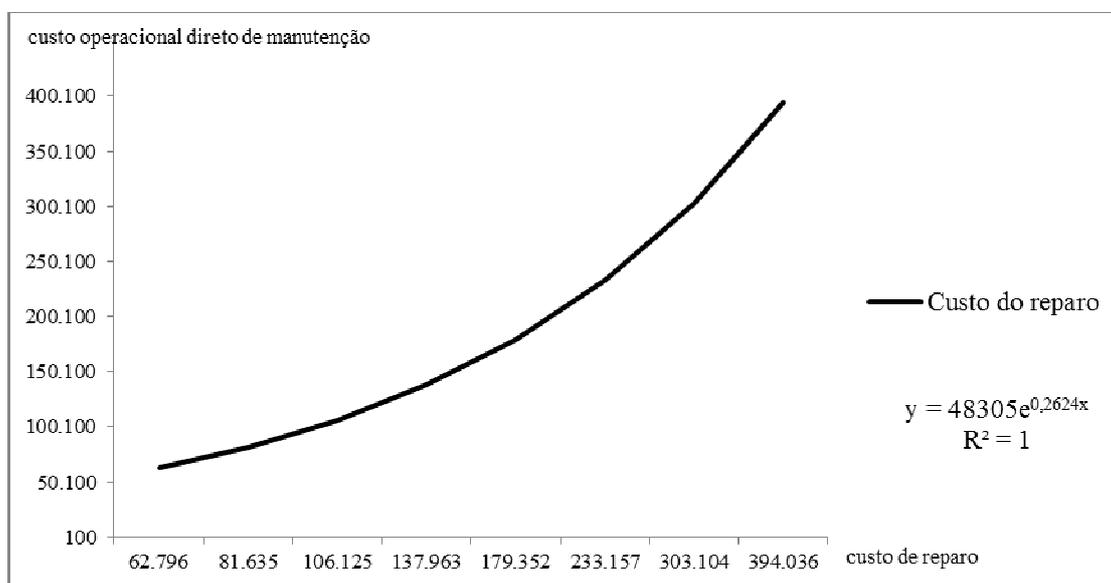
No entanto, antes de fomentar ações de melhorias, é necessário conhecer aquelas variáveis que mais influenciam no custo operacional direto de manutenção. Por isso, foi realizada uma análise de sensibilidade no produto Máscara de Oxigênio, pois é aquele que apresentou maior custo operacional direto de manutenção.

Na análise de sensibilidade foi considerada a influência das parcelas, custo de reparo total e custo de estoque total, sobre o custo operacional direto de manutenção. A contribuição de ambas foi explicitada na Tabela 9, e conclui-se que a parcela mais significativa é aquela vinculada ao custo total de reparo. Sendo assim, a próxima análise realizada foi a influência das variáveis integrantes do custo total de reparo sobre o custo operacional direto de manutenção. As variáveis analisadas foram custo de reparo (C1) e valor de MTBUR.

A análise do valor total de reparo foi realizada através da variação do valor de C1. Optou-se por manter C2 constante, pois a renegociação de valores para C1 apresenta menor complexidade quando comparada a C2, uma vez que ele é um valor praticado pelos fornecedores dos produtos. Já o valor de C2 é relacionado à contratação de técnicos e engenheiros de manutenção da fabricante de aeronaves e varia de forma proporcional à qualidade dos serviços prestados e influencia na segurança conferida à operação do cliente.

O comportamento do valor de reparo com relação ao custo operacional direto de manutenção pode ser descrito através de uma equação exponencial. Com isso, é possível observar que o comportamento da parcela de custo de reparo é proporcional ao custo operacional direto de manutenção, tendo a mesma ordem de grandeza, uma vez que quando o custo de reparo é R\$ 62.796,00, o custo operacional direto de manutenção é R\$ 69.315,00. Esse comportamento pode ser observado na Figura 24.

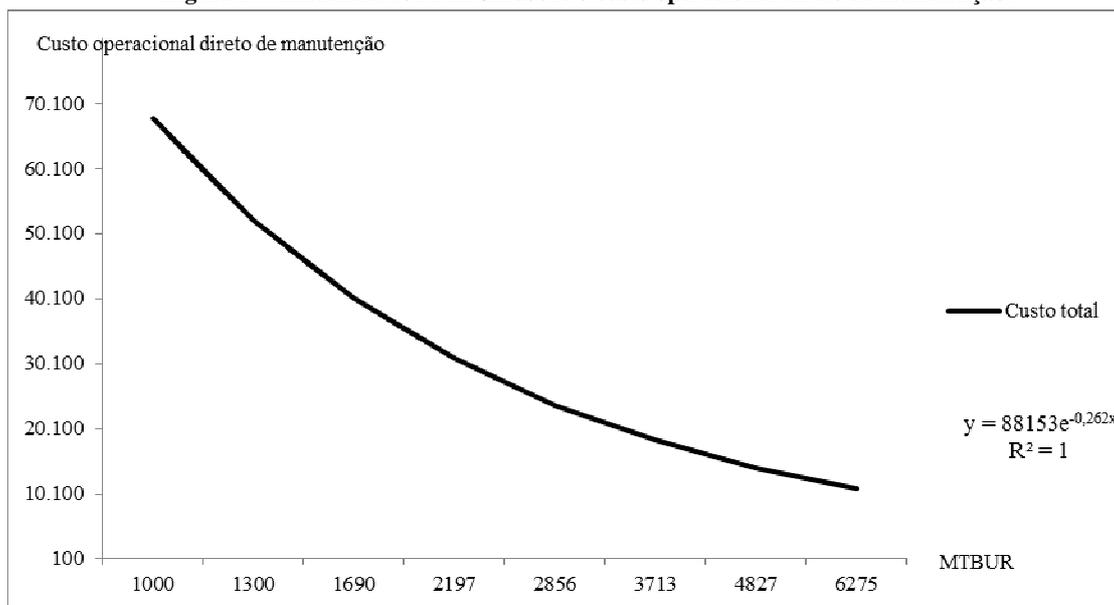
**Figura 24: Influência do custo de reparo no custo operacional direto de manutenção**



Sendo assim, o ajuste do valor de C1 contribui de forma significativa para melhorar o processo de manutenção de aeronaves, contribuindo para manter a competitividade da operação no mercado pós-venda. Além do valor de C1, é importante observar o valor da confiabilidade do componente, medida através do MTBUR.

O custo operacional direto de manutenção também é bastante influenciado pelo valor do MTBUR. Seu comportamento com relação ao MTBUR pode ser descrito através de uma equação do tipo exponencial  $e^x$ , porém com o comportamento decrescente e de inclinação mais acentuada, quando comparada à Figura 25. Com isso, é possível dizer que, além de sua influência ocorrer de forma inversa, ela é ainda mais acentuada, fazendo com que qualquer variação de valor tenha uma influência maior quando comparada à variação de valor de reparo, ou seja, variações menores de MTBUR ocasionam variações maiores no custo operacional direto de manutenção, quando se compara com as variações decorrentes de C1. Esse comportamento pode ser observado na Figura 25.

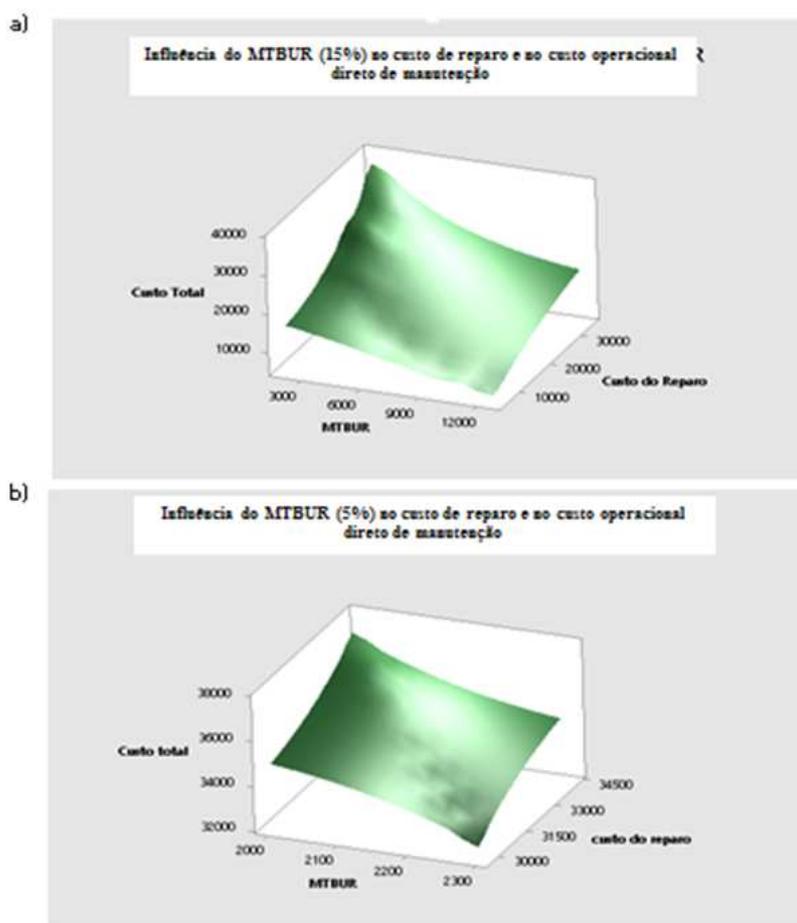
**Figura 25: Influência do MTBUR sobre o custo operacional direto de manutenção.**



Além disso, o modelo proposto permite avaliar as parcelas de custo de reparo, MTBUR e custo operacional direto de manutenção de forma conjunta, permitindo visualizar de forma mais clara a influência do gradiente do valor de MTBUR nas parcelas custos de reparo e custo operacional direto de manutenção. Foram analisados dois cenários, no cenário (a) a variação do valor do MTBUR foi de 15%, enquanto que no cenário (b) a variação de valor foi de 5%. É possível observar que, quanto mais abrupta é a variação do MTBUR, o mesmo ocorre com o custo operacional direto de manutenção e com o custo de reparo. Já na variação de 5% é possível identificar um abaulamento da superfície, mostrando que a interferência nas parcelas de custos ocorre de forma mais amena, conforme identificado na Figura 26.

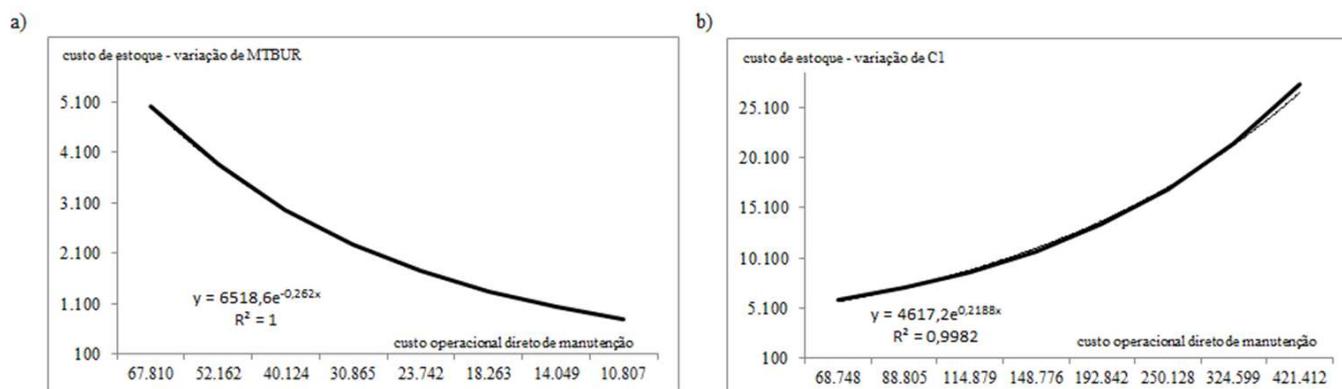
Dessa forma, é possível concluir que para aumentar a competitividade do negócio pós-venda é preferível aplicar mudanças nos processos que envolvem o MTBUR. No entanto, para tomada de decisão é ainda necessário avaliar os esforços empreendidos no processo para que o MTBUR sofra alterações e compará-las com aquelas empreendidas para as variações de C1.

Figura 26: Influência do MTBUR, com variação de 15%, no custo de reparo e no custo operacional direto de manutenção (a) , Influência do MTBUR, com variação de 5%, no custo de reparo e no custo operacional direto de manutenção (b).



Ainda é importante destacar que tanto o C1 como o MTBUR influenciam na parcela de custo de estoque, em função do peso conferido ao estoque de peças reparadas. Dessa forma, é interessante analisar a influência de ambos no custo operacional direto de manutenção a fim de ter uma visão geral da operação. Na Figura 26 (b) é possível observar a variação de C1 na parcela de custo de estoque, e o impacto no custo operacional direto de manutenção. Já na Figura 26 (a) é possível avaliar a influência da variação do MTBUR no custo de estoque, e o seu impacto no custo operacional direto de manutenção.

**Figura 27: (a) Influência do custo de estoque no custo operacional de manutenção, a partir da variação de MTBUR e (b) Influência do custo de estoque no custo operacional de manutenção, a partir da variação de C1.**



Além disso, a partir da comparação das Figuras 27 (a) e (b), é observado que a influência do C1 e do MTBUR ocorre de forma exponencial, porém o impacto do MTBUR ocorre de forma inversa, enquanto que o impacto de C1 ocorre de forma direta. Ademais, em concordância com a Figura 26, o MTBUR proporciona uma variação mais abrupta no custo operacional direto de manutenção quando comparado ao impacto de C1.

Por conseguinte, as melhorias de processo poderão ocorrer com maior facilidade, visto que o comportamento das variáveis proporciona impacto semelhante no custo operacional direto de manutenção. O modelo proposto nesse trabalho, além de viabilizar quantificação do processo, também trouxe uma visão estratégica do processo, de forma a direcionar ações de melhoria.

#### 4.4.1 Análise de Sensibilidade Aplicada a Seleção de Fornecedores - Identificação de melhorias no processo

Outro ponto bastante atrativo do modelo é a possibilidade de comparar o custo operacional direto de manutenção de dois ou mais fornecedores em um processo de procura e seleção. Essa comparação é uma contribuição importante à medida que, atualmente, com a competitividade acirrada, ter um indicador que englobe todas as variáveis de desempenho do processo de manutenção em uma só variável é fator chave para manter-se a frente no mercado.

Sendo assim, considerando o cenário de competição entre dois fornecedores de um mesmo produto, mas com propostas diferentes para o desempenho do seu serviço, conforme ilustra Tabela 16 é possível observar que o conhecimento do comportamento das variáveis com relação ao custo operacional direto de manutenção torna a análise menos complexa. Os

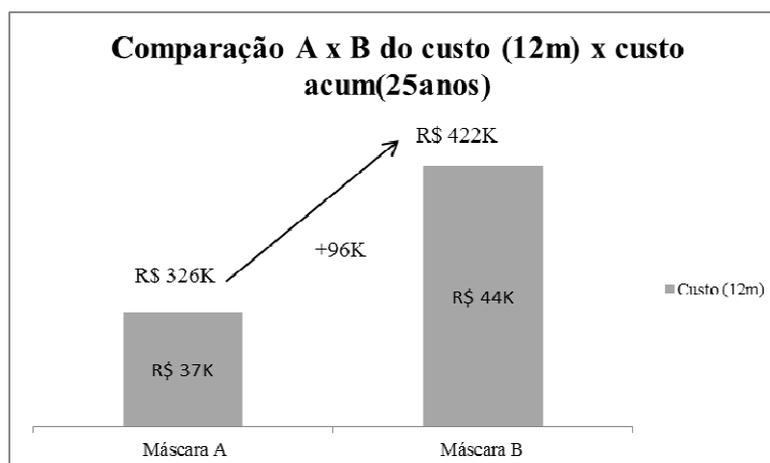
pontos fortes do fornecedor A com relação ao B são as variáveis MTBUR e TAT. No entanto, o fornecedor B apresenta como pontos fortes as variáveis P e C1. Além disso, a diferença entre as variáveis TAT (A) e TAT (B) é exatamente a mesma que P(A) e P(B). Somado a isso, a redução de MTBUR(B) com relação ao MTBUR(A) é da mesma ordem de grandeza que a redução do C1 do B com relação ao A. Com isso, a análise do avaliador torna-se bastante complexa e irá tender a solicitar a ambos os fornecedores que reduzam todas as variáveis a um denominador comum.

**Tabela 16: Comparação entre as variáveis dos fornecedores A e B, cenário 1**

	Máscara de Oxigênio A	Máscara de Oxigênio B	Variação
TAT(dias)	100	150	50%
MTBUR(FH)	2000	1500	-25%
P	R\$ 8.000,00	R\$ 4.000,00	-50%
C1	R\$ 3.475,00	R\$ 2.200,00	-37%

Com a aplicação do modelo proposto neste trabalho, é possível avaliar qual fornecedor irá acarretar em um maior custo operacional direto de manutenção. Como se viu na Figura 26, o valor de MTBUR impacta de forma bem mais acentuada o custo operacional direto de manutenção, com isso, é possível observar na Figura 28 que o fornecedor A é aquele de menor custo, tendo um faturamento anual de R\$ 37 mil *versus* R\$ 44 mil do fornecedor B.

**Figura 28: Comparação dos custos operacionais incorridos em 12 meses e 25 anos entre fornecedor A e fornecedor B para o mesmo produto**



Ao longo da vida do produto, que é aproximadamente 25 anos com uma taxa mínima de atratividade igual a 9,35% ao ano, essa diferença ocasiona um custo a mais de R\$ 96 mil.

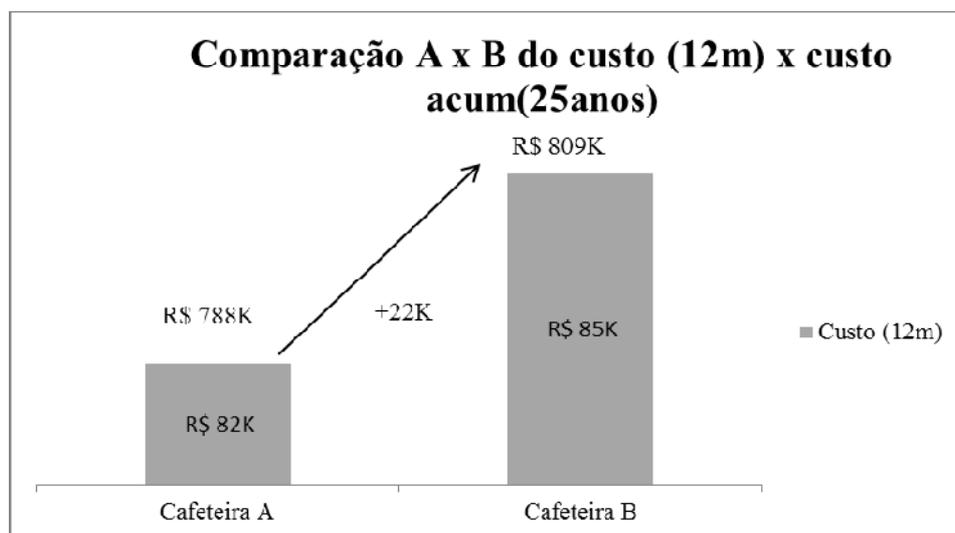
Além desse cenário, em que há diferença de MTBUR, é bastante comum existir cenários em que o MTBUR é igual em função da equidade da qualidade do produto a ser selecionado. Isso ocorre quando o produto tem uma tecnologia bastante conhecida no mercado, chamado de TSO (*Technical Standard Orders* - Ordens Técnicas Padrão), como, por exemplo, cafeteiras. Essa situação pode ser encontrada na Tabela 17.

**Tabela 17: Comparação entre as variáveis dos fornecedores A e B, cenário 2**

	Cafeteira A	Cafeteira B	Variação
TAT(dias)	100	250	60%
MTBUR(FH)	1000	1000	0%
P	R\$ 9.000,00	R\$ 8.000,00	-13%
C1	R\$ 4.500,00	R\$ 3.900,00	-15%

Dessa forma, a lógica de que o valor de MTBUR causa o maior impacto sobre o custo operacional direto não pode ser aplicada. Com isso, novamente, a tendência será solicitar aos competidores que todos os valores sejam diminuídos e que o MTBUR tenha seu valor aumentado. No entanto, para que o MTBUR tenha variação é necessário ter modificações de engenharia e/ou no design no produto, e elas não são viáveis quando o produto é padrão de mercado. Sendo assim, a apresentação de um modelo que relacione as variáveis torna-se ainda mais essencial. Por conseguinte, com a aplicação do modelo proposto neste trabalho é possível avaliar o impacto das variáveis sobre o custo operacional direto de manutenção. Conforme ilustrado na Figura 29, o fornecedor que apresenta menor custo operacional direto de manutenção é do A, mesmo apresentando maiores valores de P e C1. Nesse caso, o direcionador do custo foi a variável TAT. De forma intuitiva seria mais fácil prever que o fornecedor B tivesse o menor custo operacional direto de manutenção, uma vez que ele apresenta melhores valores para P e C1. Caso essa opção fosse escolhida, a fabricante de aeronaves teria um custo a mais de R\$ 22 mil ao longo de 25 anos, que é a média de vida do produto.

**Figura 29: Comparação dos custos operacionais incorridos em 12 meses e 25 anos entre fornecedor A e fornecedor B para o mesmo produto.**



## 5. CONCLUSÃO

O crescimento do mercado pós-venda é motivado para acompanhar o aumento de oferta por serviços e não mais somente produtos. Diante de novas oportunidades de negócio, os altos executivos viram-se diante da necessidade de identificar e mensurar os processos do mercado pós-venda, para conhecer seus custos e, por conseguinte, a receita na qual o mercado pós-venda é responsável e ainda aquela em potencial.

Neste trabalho, o processo compreendido no mercado pós-venda de uma fabricante de aeronaves é analisado e teve suas atividades identificadas. Para apoiar a gestão do processo, utilizou-se o método de custeio ABC, pois ele apresenta ótica de melhoria e possibilita um detalhamento dos processos e de suas atividades de forma bastante clara. Com isso, explicitaram-se tanto direcionadores primários quanto secundários que influenciam no custo operacional direto de manutenção.

O entendimento do processo, suas atividades e seus direcionadores primários e secundários possibilitou a proposição de um modelo para mensuração do custo operacional direto de manutenção. No entanto, à medida que o método é aplicado identificaram-se outras oportunidades para o seu uso, sendo elas a análise de sensibilidade e o apoio a melhorias no processos pós-venda, tais como o de seleção de fornecedores.

A análise de sensibilidade é importante, pois explicitou os principais elementos que afetam o custo operacional direto, de forma a direcionar ações de melhoria no processo e com isso, construir uma cultura de controle. Observou-se que o de maior peso é a parcela referente aos custos do processo de reparo e substituição de componentes. Além disso, viu-se que a parcela que se refere somente aos custos de reparo (C1) influencia de forma menos acentuada o custo operacional direto de manutenção quando comparada a influência do valor MTBUR. Sendo assim, além da identificação das variáveis que impactam o processo, torna-se viável o

apoio à tomada de decisão em processos de procura por possibilitar uma visão global do processo de manutenção e, ainda, um pensamento estratégico com relação ao negócio e ao mercado.

## 6. PESQUISAS FUTURAS

Para pesquisas futuras é indicado que o modelo inclua o custo indireto de manutenção de forma a trazer resultados mais acurados. Ainda, é interessante que o modelo seja aferido de acordo com a tecnologia da aeronave. Com tecnologias de características mais críticas, é interessante que o peso da confiabilidade seja maior. Com isso, o modelo instiga a discussão sobre políticas de manutenção, refinando as ações de acordo com a característica de cada tecnologia. Dessa forma, as ações poderão ser mais assertivas a fim de construir um ambiente de controle de custos sustentável.

Além disso, há oportunidades no sentido de explicitar as equações das variáveis independentes, bem como seus intervalos de restrição, de maneira a elaborar um conjunto de equações que busque o arranjo ótimo entre as variáveis, minimizando a variável dependente, o custo total de manutenção de aeronaves. Somado a isso, é importante perceber que o modelo possibilita a construção da curva ABC do custo de manutenção de aeronaves, bem como auxilia no provisionamento do fluxo de caixa da empresa.

## REFERÊNCIAS

A STRATEGY FOR AMERICAN INNOVATION: DRIVING TOWARDS SUSTAINABLE GROWTH AND QUALITY JOBS. **Homelandsecurity digital library**. Disponível em: <<https://www.hsdl.org/?abstract&did=33698>>. Acesso em: 12 mai. 2016.

ANDRADE, Jefferson Reis Guimaraes. INTERNACIONALIZAÇÃO E COOPERAÇÃO: IMPERATIVOS PARA OS PEQUENOS E MÉDIOS NEGÓCIOS. **Revista de Gestão e Organizações Cooperativas**, [S.L], mar. 2015.

ANTOINE, A. et al. Acquisitions and alliances in the aerospace industry: an unusual triad. **International Journal of Technology Management**, [S.L], v. 25, n. 8, mar. 2012.

ARBIXA, Glauco; M, Z.. Inovação em tempos difíceis. **Revista do Programa de Pós Graduação em Sociologia da USP**, [S.L], mar. 2015.

ARTMAN, MARKUS; LÖNN, MAX; NILSSON, SOFIA. Supply chain cost reduction Manage demand uncertainty in a product repair return flow. **Master's thesis in Supply chain management**, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, abr. 2014.

ASIEDU, Y.; GU, P.. Product life cycle cost analysis: state of the art review. **International Journal of Production Research**, [S.L], v. 36, p. 883-908, mar. 1998.

AVIATION PROS. **conklin& de decker**. Disponível em: <[http://www.aviationpros.com/press\\_release/12067325/conklin-de-decker-announce-aircraft-cost-evaluator-release-151](http://www.aviationpros.com/press_release/12067325/conklin-de-decker-announce-aircraft-cost-evaluator-release-151)>. Acesso em: 10 mar. 2016.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: Logística Internacional. 5 ed. [S.L.]: Bookman, 2008.

BEAMON, Benita M.. Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods. **International Journal of Production Economics**, [S.L], mar. 1998.

BEBER, S. J. N. et al. Princípios de custeio: uma nova abordagem. **XXIV Encontro Nac. de Eng. de Produção**, Florianópolis, mar. 2004.

BERGER, Jonathan M.. MRO Forecast and Market Trends - China and East Asia. **MRO Network**, [S.L], mar. 2016. Disponível em: <<https://www.icf.com/perspectives/perspective>>. Acesso em: 03 jun. 2016.

BESSANT, John. The lessons of failure: learning to manage new manufacturing technology. **International Journal of Technology Management**, [S.L], mar. 2009.

BOWERSOX, Donald J.; CARTER, Phillip L.; MONCZKA, Robert M.. Materials Logistics Management.. **Internal Journal of Physical Distribution and Logistical Management**, [S.L], mar. 1985.

BRANDENBURG, Marcus. **Quantitative models for value-based supply chain management**. Londres: Springer, 2013.

BRUSSET, Xavier; TELLER, Christoph. Supply chain capabilities, risks, and resilience. **International Journal of Production Economics**, [S.L], p. 59-68, mar. 2017.

CARNEIRO, .Conduzindo Mudanças em Gestão de Preço. **Marketing Industrial**, [S.L], mar. 2016.

CARTER, Craig R.; ROGERS, Dale S.. . A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. **College of Business Administration**, University of Nevada, mar. 2008.

CASSON, et al. Internalization Theory: An Unfinished Agenda. **International Business Review.**, [S.L], v. 25, p. 123-1234, mar. 2016.

CERTO, et al. **Administração estratégica - planejamento e implantação da estratégia**. 2 ed. [S.L.: s.n.], 2005.

CHRISTOPHER, Martin; GATTORNA, John. Supply chain cost management and value-based pricing. **Industrial Marketing Management**, [S.L], p. 115-121, mar. 2005.

Chris Zook..Finding Your Next Core Business.**Harvard Business Review**, [S.L], p. 66-75, mar. 2007.

CHWASTYK, Piotr; KOŁOSOWSKI, Mariusz.Estimating the Cost of the New Product in Development Process.**International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation**, [S.L], mar. 2014.

COHEN, Morris A..Winning the aftermarket.**Harvard Business Review**, [S.L], mar. 2006.

COLTMAN, et al. Supply Chain Contract Evolution. **European Management Journal**, [S.L], mar. 2009.

COMMERCIAL AVIATION - PROFITABILITY AND PARTS.**Boston consultinggroup**. Disponível em: <<https://www.bcgperspectives.com>>. Acesso em: 09 set. 2016.

COOPER, M. C. et al. Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. **The International Journal of Logistics Management**, [S.L], v. 8, p. 1-14, mar. 1997.

COOPER, Martha C.; ELLRAM, Lisa M.. Characteristics of Supply Chain Management and the Implications for Purchasing and Logistics Strategy. **The International Journal of Logistics Management**, [S.L], v. 4, p. 13-24, mar. 1993.

COOPER, Robin; KAPLAN, Robert S.. Measure Costs Right: Make the Right Decisions. **Harvard Business Review**, [S.L], p. 96-103, mar. 1987.

CROXTON, K. L. et al. The Supply Chain Management Processes.**The International Journal of Logistics Management.**, [S.L], mar. 2001.

DAL-SATO, F. et al. O PROCESSO DE INTERNACIONALIZAÇÃO DA EMPRESA DE SOFTWARE TOTVS SOB AÓTICA DA ABORDAGEM COMPORTAMENTAL.

**ESTRATÉGIA EMPRESARIAL**, [S.L], mar. 2014.

DAVENPORT, Thomas H.; BEERS, Michael C.. Managing Information about Processes.**Journal of Management Information Systems**, [S.L], p. 57-80, mar. 1995.

David G. Woodward. Life cycle costing--theory, information acquisition and application.**Internattonal Journal of Project Management**, [S.L], v. 15, p. 335-344, mar. 1997.

DOMBROWSKI, Uwe. Scenario Management for Sustainable Strategy Development in Automotive Aftermarket.**Institute for Production Management and Enterprise Research**, Germany, p. 285-290, mar. 2011.

DUBEY, Rameshwar; GUNASEKARAN, Angappa; PAPADOPOULOS, Thanos. Sustainable Supply Chain Management: Framework and Further Research Directions.**Journal of Cleaner Production**, [S.L], v. 142, p. 1119–1130, mar. 2017.

ELLRAM, Lisa M.; COOPER, Martha C..Supply Chain Management, Partnership, and the Shipper - Third Party Relationship.**The International Journal of Logistics Management**, [S.L], v. 1, p. 1-10, mar. 1990.

EMBLEMSVÂG, .Activity-based life-cycle costing.**Managerial Auditing Journal**, [S.L], p. 17-27., mar. 2001.

FARRIS, Martin Theodore; HASTY, Ronald W.; WITTMANN, C. Michael.Aftermarket Support and the Supply Chain.**International Journal of Physical distribution and logistics management**, [S.L], v. 35, mar. 2004.

FERGUSON, .Regional MROMarket–Trends, Challenges & Opportunities.**Aviation Week - MRO**, [S.L], mar. 2015. Disponível em: <<https://www.icf.com/perspectives/>>. Acesso em: 27 abr. 2016.

FERREIRA, Vanessa De Lima; SALERNO, Mario Sergio; LOURENÇÃO, Paulo Tadeu De Mello. As estratégias na relação com fornecedores: o caso Embraer. **Gestão da Produção**, [S.L], v. 18, p. 221-236, mar. 2011.

FRANKE, . Innovation: the winning formula to regain profitability in aviation?.**Journal of Air Transport Management**, [S.L], mar. 2007.

GALLAGHER, Tim; MITCHKE, Mark D.; ROGER, And Matthew C..Profiting from spare parts.**The McKinsey Quarterly**, [S.L], fev. 2005.

GIMENEZ, Cristina; VAART, Taco Van Der; DONK, Dirk Pieter Van. Supply chain integration and performance: the moderating effect of supply complexity. **International Journal of Operations & Production Management**, Barcelona: Business School, v. 32, p. 583-610, mar. 2012.

GOLDMAN, et al. Management, technology and agility: The emergence of a new era in manufacturing. **InternationalJournalof Technology Management**, [S.L], mar. 1993.

GUERRE, João Henrique Lopes; FERNANDES, . O MODELO DE INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS DA INDÚSTRIA AERONÁUTICA E SUAS CONSEQUÊNCIAS..**Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais.**, São Paulo, fev./mar. 2010.

GUIDOLIN, Silvia Maria Costa; NUNES, Ana Cristina Rodrigues Da; FURTADO, Bernardo. Conectando indústria e consumidor: desafios do varejo brasileiro no mercado global. **Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social**, [S.L], v. 30, p. 3-61, mar. 2009.

GUPTA, Sunil; LEHMANN, Donald R.; STUART, Jennifer Ames. Valuing Customers. **Journal of Marketing Research**, [S.L], v. 41, p. 7-18, mar. 2004.

HECKMANN, Iris; COMES, Tina; NICKEL, Stefan. A critical review on supply chain risk – Definition, measure and modeling. **The international Journal of Management Science**, [S.L], mar. 2014.

HOEK, Remko I. Van. "Measuring the unmeasurable" - measuring and improving performance in the supply chain. **Supply Chain Management**, [S.L], p. 187-192, mar. 1998.

HORENBEEK, Adriaan Van; OSTAEYEN, Joris Van. . Maintenance Service Contracts and Business Models: a Review. **Seventeenth International Working Seminar on Production Economics**, Austria, v. 17, mar. 2012.

HORNG, ; TZU-CHING, . A Comparative Analysis of Supply Chain Management Practices by Boeing and Airbus: Long-term Strategic Implications. **Degree of Master of Science in Transportation**, Massachusetts, mar. 2007.

IATA, . FY2013 Maintenance Cost Preliminary Analysis. **10th maintenance cost conference.**, Grécia, mar. 2014.

IATA. **Aberdeen, 2005**. Disponível em: <<https://www.iata.org/about/documents/iata-annual-review-2014.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

JOHNSON, Leenders. A longitudinal study of supply organizational change. **Journal of Purchasing and Supply Management**, [S.L], v. 12, p. 332-342, mar. 2006.

KAFUKU, J. M. et al. Investment Decision Issues from Remanufacturing System Perspective: Literature Review and Further Research. **Elsevier**, [S.L], p. 589-594, mar. 2015.

KNOTTS, ; M, R.. Civil aircraft maintenance and support Fault diagnosis from a business perspective. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, [S.L], p. 348-358, mar. 1999.

LABIB, Ashraf W.; O'CONNOR, Richard F.; WILLIAMS, Glyn B.. An effective maintenance system using the analytic hierarchy process. **Integrated Manufacturing Systems**, [S.L], v. 9, p. 87-98, mar. 1998.

LAMBERT, Douglas M. Issues in Supply Chain Management. **Industrial Marketing Management**, [S.L], p. 65–83, mar. 2000.

LAWRENCE, et al. Differentiation and Integration in Complex Organizations. **Administrative Science Quarterly**, [S.L], v. 12, p. 1-47, mar. 1967.

LEE, S.g. et al. Product lifecycle management in aviation maintenance, repair and overhaul. **Computers In Industry**, [s.l.], v. 59, n. 2-3, p.296-303, mar. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2007.06.022>.

LITTLE, Arthur D.. Are you ready for the battle?.**Automotive INSIGHT.**, [S.L], mar. 2015.

LUGTIGHEID, Diederik; JARDINE, Andrew K. S.; JIANG, Xiaoyue. Optimizing the performance of a repairable system under a maintenance and repair contract. **Quality And Reliability Engineering International**, [s.l.], v. 23, n. 8, p.943-960, 2007. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/qre.859>.

MANRODT, Karl B. What's missing in Supply Chain Management?.**Supply Chain Management Review**, [S.L], mar. 1997.

MAHAL, Ishter. Activity-Based Costing (ABC) - An effective tool for better management. **Journal Of Finance And Accounting**. Bangladesh, p. 66-73. June 2015.

MARN, Michael V.; ROEGNER, Eric V.; ZAWADA, Craig C..The power of pricing.**McKinsey Quarterly**, [S.L], fev. 2003. Disponível em: <<http://www.mckinsey.com/business-functions/marketing-and-sales/our-insights/the-power-of-pricing>>. Acessoem: 03 mar. 2016.

MASTEIKA, .Dynamic Capabilities in Supply Chain Management.**Social and Behavioral Sciences**, [S.L], v. 213, p. 830-835, mar. 2015.

MASTEN, Scott E.. The Organization of Production: Evidence from the Aerospace Industry. **Journal of Law and Economics**, [S.L], v. 27, mar. 1984.

MAXIMIANO, ANTONIO CESAR AMARU. **Introdução à administração**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1989.

MENTZER, J. T. et al. DEFINING SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. **JOURNAL OF BUSINESS LOGISTICS**, USA, v. 22, mar. 2001.

MONROY, Carlos Rodriguez; PELÁEZ, AzadehNasiriAnd Miguel Ángel. Activity Based Costing, Time-Driven Activity Based Costing and Lean Accounting: Differences Among Three Accounting Systems' Approach to Manufacturing. **Universidad Politécnica de Madrid**, Londres, p. 11-17, mar. 2014.

MOORE, .An Intelligent Maintenance System for Continuous Cost-Based Prioritisation of Maintenance Activities.**Computers in Industry**, [S.L], p. 595–606, mar. 2006.

MÜLLER, Cláudio José. Modelo de Gestão Integrando Planejamento Estratégico, Sistemas de Avaliação de Desempenho e Gerenciamento de Processos (MEIO - Modelo de Estratégia, Indicadores e Operações),Tese de Doutorado.. **Tese de doutorado**, Porto Alegre, mar. 2003.

NETO, José Francisco Kliemann. Apostila de Custos Industriais do curso de Mestrado em Engenharia de Produção..**PPGEP**, Porto Alegre, mar. 2015.

NGUYEN, D. G.; MURTHY, D. N. P.. A General Model for Estimating Warranty Costs for Repairable Products. **Journal IIE Transactions**, [S.L], jul. 2007.

NOBLE, et al. Market Orientation and Alternative Strategic Orientations: A Longitudinal Assessment of Performance Implications. **Journal of Marketing**, [S.L], v. 66, p. 25-39, mar. 2002.

NORMAN, George. Life Cycle Costing. **Property Management**, [S.L], v. 8, p. 344-356, mar. 1990.

NILSSON, Julia. Maintenance Management of Wind Power Systems Using Condition Monitoring Systems—Life Cycle Cost Analysis for Two Case Studies. **Transactions On Energy Conversion**. Sweden, p. 223-228. mar. 2007.

O'NEILL, Peter; S.SOHAL, Amrik. Business Process Reengineering A review of recent literature. **Technovation**, [S.L], v. 19, p. 571-581, mar. 1999.

OLIVA, Rogelio; KALLENBERG, Robert. Managing the transition from products to services. **International Journal of Service Industry Management**, [S.L], p. 160-172, mar. 2003.

P, Dewhurst; G, Boothroyd. Early cost estimating in product design. **Journal of Manufacturing System**, [S.L], p. 183-191, mar. 1988.

PAPAGEORGIU, . Supply chain optimisation for the process industries. **Computers and Chemical Engineering**, [S.L], p. 1931–1938, mar. 2009.

PERIYARSELVAM, U.; TAMILSELVAN, T.; SHANMUGARAJA, S. Thilakan And M.. Analysis on Costs for Aircraft Maintenance. **Advances in Aerospace Science and Applications**, [S.L], v. 3, ago. 2013.

Peter Kueng. Process performance measurement system: a tool to support process-based organizations. **TOTAL QUALITY MANAGEMENT**, [S.L], v. 11, mar. 2000.

PHILLIPS, Dave; COGHLAN, Phil. Why You Should Create Multiple Supply Chains. **Strategy+business**, [S.L], mar. 2013. Disponível em: <<https://www.strategy-business.com/blog/Why-You-Should-Create-Multiple-Supply-Chains?gko=269a6>>. Acesso em: 03 mar. 2016.

PIRES, Silvio. *Gestão da Cadeia de Suprimentos: Conceitos, Estratégicas, Práticas e Casos*. São Paulo: Atlas, 2004.

ROSSETTI, Christian; CHOI, Thomas Y.. On the Dark Side of Strategic Sourcing: Experiences from the Aerospace Industry. **Academy of Management Executive**, [S.L], mar. 2005.

S, Kaplan R.; ANDERSON, ; R, S.. Time-Driven Activity-Based Costing. **Harvard Business Review**, [S.L], mar. 2004.

SAUNDERS, Mark; LEWIS, Philip; THORNHILL, Adrian. **Research methods for business students**. 5 ed. [S.L.]: Pearson, 2009.

SCHNEIDER, Sabrina; SPIETH, Ppatrik; CLAUSS, Thomas. Business model innovation in the aviation industry. **International Journal of Product Development**, [S.L], mar. 2013.

SELLITTO, et al. Prioridades estratégicas em serviços de pós-venda de uma empresa de manufatura de base tecnológica. **Gestão da Produção**, São carlos, v. 18, mar. 2011.

SOCIAL, Métodos E Técnicas De Pesquisa. **Gil**. São Paulo: Atlas, 2008.

SOUZA, Ricardo Vital De. **Proposta de método combinado de custeio em ambiente híbrido de produção seriada e sob encomenda : aplicação numa indústria metal-mecânica**: dissertação de mestrado. [S.L.]: UFRGS, 2003.

SPAFFORD, C. et al. TURNING THE TIDE: A WAVE OF NEW AVIATION TECHNOLOGY WILL SOON HIT THE MRO INDUSTRY. **Aviation, Aerospace & Defense**, [S.L], mar. 2015.

SUBRAMONIAM, Ramesh; HUISINGH, Donald; CHINNAM, Ratna Babu. Remanufacturing for the automotive aftermarket-strategic factors: literature review and future research needs. **Journal Of Cleaner Production**, [s.l.], v. 17, n. 13, p.1163-1174, set. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.03.004>.  
Shawnta Friday-Stroud. Information Fatigue: The Case of Activity-based Information. **Journal of Technology Research**, [S.L], v. 1, mar. 1994.

TIWARI, Mohit. **An exploration of supply chain management practices in the aerospace industry and in rolls-royce**: Master of Business Administration Case Western Reserve.. [S.L.]: University of Massachusetts Institute of Technology, 2005.

UHLMANN, Eckart; BAUMGARTEN, Jeannette. MRO – Challenge and Chance for Sustainable Enterprises. **Procedia**, [S.L], v. 11, p. 239-244, mar. 2013.

WIBOWOA, Arie; BENNYTJAHJONOB, ; TETSUOTOMIYAMAA, . Towards an Integrated Decision Making Framework for Aero Engine MRO Contract Management in the Productisation Context. **Procedia CIRP**, [S.L], v. 47, p. 24–29, abr. 2016.

WISE, Richard; BAUMGARTNER, Peter. Go Downstream: The New Profit Imperative in Manufacturing. **Harvard Business Review**, [S.L], abr./ago. 1999.

WU, H. et al. Methods to reduce direct maintenance costs for commercial aircraft. **Aircraft Engineering and Aerospace Technology**, [S.L], v. 76, p. 15-18, mar. 2004.

YIN, . **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZIGGERS, Gerrit Willem. The reinforcing effect of a firm's customer orientation and supply-base orientation on performance. **Industrial Marketing Management**, [S.L], v. 52, mar. 2016.