



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2023

FELIPE **CALIMAN** CAVALCANTE, Cap Av

Aplicação dos conceitos de *Lean Manufacturing* para a melhoria do desempenho do Esquadrão de Manutenção da aeronave T-27M da AFA

Rio de Janeiro

2023

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2023

FELIPE **CALIMAN** CAVALCANTE, Cap Av

Aplicação dos conceitos de *Lean Manufacturing* para a melhoria do desempenho do Esquadrão de Manutenção da aeronave T-27M da AFA

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Gestão de Pessoas
Orientador: Carlos Eduardo José da Silva,
Ten Cel Esp Av

Rio de Janeiro

2023

FELIPE **CALIMAN** CAVALCANTE, Cap Av

Aplicação dos conceitos de *Lean Manufacturing* para a melhoria do desempenho do Esquadrão de Manutenção da aeronave T-27M da AFA

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica.

Aprovado por:

Carlos Eduardo José da Silva, Ten Cel Esp Av
EAOAR

Isabel Corrêa Da **Costa** Mileski, Maj Dent
EAOAR

Rio de Janeiro

2023

RESUMO

A recente modernização da aeronave T-27 Tucano para o padrão T-27M trouxe consigo a necessidade de uma série de mudanças no acompanhamento logístico do projeto. Esse cenário, agravado pela escassez de efetivo e burocratização administrativa, é um complicador ao cumprimento da missão da Academia da Força Aérea, onde uma das tarefas-chave é a instrução de voo nas aeronaves T-27M. Em aproveitamento ao atual ambiente propício à mudança, este ensaio defende a incorporação dos princípios de *Lean Manufacturing* para maximizar o desempenho logístico do Esquadrão de Manutenção do T-27M da Academia da Força Aérea. A fundamentação inicial para atingir esse objetivo é a melhoria da qualidade, levando em conta os princípios de “valor”, “fluxo” e “busca da perfeição”, por meio da aplicação da metodologia *Kaizen*. O segundo ponto de sustentação aborda o aumento da produtividade, por meio do mapeamento da cadeia de valor, buscando eliminar movimentos desnecessários e enxugar atividades que não agregam valor. Esse argumento enfatiza o uso racional dos recursos humanos e o trabalho em equipe para identificar e corrigir falhas. Assim, reforça-se a importância do pensamento enxuto e dos princípios da *Lean Manufacturing* para a maximização logística do setor, cuja principal atribuição é fornecer aeronaves para a instrução de voo da AFA. Nesse sentido, o presente trabalho impacta de forma estratégica na medida em que apresenta ferramentas para garantir a continuidade da formação dos oficiais aviadores, linha de frente no Preparo e Emprego da Força, e ainda serve de modelo de gestão para todas as demais unidades.

Palavras-chave: Gestão de Pessoas. *Lean Manufacturing*. Logística. Produtividade. Qualidade.

1 INTRODUÇÃO

Com o advento da globalização no mundo moderno, um desafio que tomou vulto no ambiente de negócios foi o crescimento da competitividade. Em consequência disso, hoje não basta apenas entregar um produto ao cliente, mas também criar estratégias para agregar valor, reduzir custos, aumentar a qualidade e, em suma, oferecer diferenciais que o concorrente não apresenta.

Essa perspectiva remonta aos tempos da corrida da indústria automotiva, nos anos 1950. Para se sobressair ao modelo fordista, da produção em massa e das linhas de montagem, a japonesa Toyota propôs conceitos que otimizavam suas cadeias logísticas, prezando pela eliminação de estoques, atendimento das demandas e aquisição de insumos na hora certa (*just-in-time*). Começava ali a se desenvolver o conceito de Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*).

Trazendo o conceito para o escopo da Força Aérea Brasileira (FAB), diferentemente da competitividade do mundo corporativo, a FAB detém o monopólio da formação de seu Quadro de Oficiais Aviadores. Todavia, também necessita aprimorar constantemente os processos, para potencializar o emprego da Força e para servir de exemplo de gestão pública para a sociedade, conforme preconiza o Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (Brasil, 2018).

A já citada formação dos aviadores fica a cargo da Academia da Força Aérea (AFA), que utiliza como vetor principal de instrução a aeronave recém-modernizada T-27M Tucano. Essa tarefa consome um expressivo esforço aéreo anual da ordem de 14 mil horas (Brasil, 2023). Com isso, é necessário um esforço logístico de equivalente proporção, a cargo do Esquadrão de Manutenção do T-27M.

Nesse ensejo, a modernização das aeronaves trouxe consigo mudanças logísticas, impactando na qualidade dos serviços de manutenção e na eficiência/eficácia da identificação de panes nos novos sistemas. Como fatores complicadores, tem-se o contingenciamento de efetivo e o fato de que a formação dos pilotos não pode ser interrompida ou atrasada, sob pena de comprometer todo o fluxo de carreira da FAB. Com isso, este ensaio defende que a incorporação dos princípios de *Lean Manufacturing* maximiza o desempenho logístico do Esquadrão de Manutenção do T-27M da Academia da Força Aérea.

Como fundamentação para tal, argumenta-se inicialmente que o investimento na redução de falhas produtivas e na mentalidade de inovação participativa entre os

mantenedores (elementos contidos na filosofia da *Lean Manufacturing*) remete ao incremento da qualidade, com foco na melhoria sistemática e contínua dos processos de manutenção e resolução de defeitos. Além disso, com a redução do desperdício e o uso racional dos recursos humanos, aspectos também contemplados na Manufatura Enxuta, aumenta-se a produtividade geral, dando vazão adequada à cadência de voo.

2 ENQUADRAMENTO CONCEITUAL

Lean Manufacturing é o nome que se dá a uma filosofia de gestão de processos, originariamente voltada ao setor industrial. CEPAL e IPEA (2018) descrevem como premissa fundamental dessa filosofia a redução de desperdícios, agregando maior qualidade ao produto, com menor tempo de entrega, menor quantidade de defeitos, tudo isso dando suporte à melhoria contínua do processo produtivo. Essas premissas, por similaridade de propósitos, aplicam-se também à manutenção aeronáutica.

O Manual de Prevenção do SIPAER (Brasil, 2013) associa o ciclo de vida das aeronaves a uma esperada taxa de falhas em cada etapa. O gráfico resultante, cuja curva se assemelha a uma banheira, indica que o início da operação (extremidade alta da esquerda) contempla maior probabilidade de falhas e defeitos, motivados por erros de projeto, baixa qualidade de materiais, uso incorreto, entre outros. Com o passar do tempo, os problemas iniciais são superados e a taxa de falhas diminui. Essa taxa volta a aumentar no final da vida útil (extremidade alta da direita), onde são influentes os efeitos dos desgastes e da fadiga.

Nesse contexto, o T-27M se situa, de maneira antagônica, em ambas as extremidades altas do gráfico. Por um lado, já se encontra em seu 40º ano de operação, sofrendo os efeitos do envelhecimento. Por outro, passou recentemente por significativa modernização dos instrumentos de bordo, incorporando avançados sistemas eletrônicos. Esses, ainda em fase de maturação operacional na aeronave, remetem à maior probabilidade de falhas e defeitos, características da etapa inicial de operação.

Dessa forma, tendo como ponto de partida a entrada em serviço da aeronave modernizada, com diversos componentes distintos daqueles do passado, faz-se

oportuna a revisão dos processos de manutenção, não somente para incrementar a produtividade e a qualidade normalmente desejadas, mas também para adequar as tarefas à nova realidade de sistemas. Por conseguinte, é neste escopo que se aplicam os conceitos de *Lean Manufacturing*, não no sentido da manufatura, mas sim da filosofia *Lean*, explorada por Kumar *et al.* (2022) como *Lean Thinking*.

2.1 Melhoria da Qualidade

Em uma abordagem atual, Kumar *et al.* (2022) relacionam o aumento da qualidade a uma série de princípios de *Lean Manufacturing*, onde se destaca inicialmente o “valor”, que reflete aquilo que o cliente enxerga como importante no produto. No caso do T-27M, simboliza as funções que o operador espera usufruir plenamente. Em seguida, tem-se o “fluxo”, garantindo que a jornada de trabalho não seja interrompida ou desviada do planejado, com reflexos diretos na qualidade do serviço. Por último, sublinha-se a “busca da perfeição”, como norte a seguir.

Para isso, tais autores defendem o emprego da metodologia *Kaizen*, que representa a melhoria contínua, como forma de levar a indústria ao caminho da perfeição. Esse método incentiva a inovação para aumentar o êxito e reduzir as falhas no processo produtivo, tendo como linhas de ação a eliminação de desperdícios e o maior envolvimento do trabalhador (Kumar *et al.*, 2022).

Esse protocolo também se encaixa perfeitamente nos propósitos da manutenção aeronáutica, ao passo que o hangar de manutenção se assemelha à linha de montagem industrial, onde as aeronaves são desmontadas, inspecionadas, mantidas e novamente montadas, com tarefas e etapas equânimes a fábricas. De tal maneira, algumas das propostas de *Lean Manufacturing* apresentadas há quase duas décadas ainda são oportunas.

Ray, Ripley e Neal (2006) destacam que a materialização da teoria depende da participação efetiva de todos os membros da equipe, formando o que é definido como “*Team Problem Solving (TPS)*”, baseado no treinamento prévio, utilização do método *Kaizen*, com reuniões para discussão da solução de problemas, a confluência para a padronização de tarefas e o desenvolvimento das habilidades do trabalhador. Os autores estabelecem como a “chave do sucesso” a mudança na mentalidade da organização, tendo como ponto de partida o necessário

comprometimento dos atores gerenciais, com um estilo de liderança participativo. Afinal, ainda que a adoção da *Lean Manufacturing* se dê no nível do operário, é fundamental que a iniciativa e o apoio partam da classe gestora, envolvendo-se diretamente nos processos, liderando a aplicação da metodologia *Kaizen*, por exemplo, e acompanhando de perto a equipe, para alcançar os resultados desejados com a nova filosofia.

Para Ray, Ripley e Neal (2006), além da gerência participativa, deve haver uma equipe facilitadora dedicada integralmente para monitorar e corrigir as ações de todo o grupo, com os olhos voltados para a manufatura enxuta. Assim, as mudanças poderão gerar aprendizado e conduzir novas mudanças sucessivas, sustentando o conceito da melhoria contínua e buscando a já citada perfeição.

Dos conceitos acadêmicos à prática do Esquadrão de Manutenção T-27M, novamente se ressalta o oportuno cenário de mudanças, onde a aeronave modernizada não apenas possibilita, mas também necessita de comprometimento da chefia e de todos os mantenedores para aprimorar as recém-incorporadas técnicas de manutenção. Atualmente, a carência de manuais técnicos consolidados, a falta de experiência prática e até a falta de conhecimento dos defeitos nos novos equipamentos tornam a adoção da *Lean Manufacturing* menos onerosa em termos de resistência à mudança e, ainda, confluem para um importante avanço de mentalidade, com foco na melhoria contínua e na busca da perfeição idealizada.

Dessa forma, é inegável e natural que a incorporação dos princípios da *Lean Manufacturing* e da filosofia enxuta, trazida por Kumar *et al.* (2022) como *Lean Thinking*, deem suporte ao aumento progressivo da qualidade na manutenção, maximizando o desempenho logístico do Esquadrão de Manutenção do T-27M da Academia da Força Aérea

2.2 Melhoria da Produtividade

Além do acréscimo de qualidade, a manufatura enxuta tem por objetivo maximizar o lucro, por meio do aumento da produtividade, oriunda da eliminação de diversos tipos de desperdícios no processo produtivo. Vários desses, entendidos por Korchagin *et al.* (2022) como tudo aquilo que não agrega valor ao produto, dizem respeito ao gerenciamento dos recursos humanos. Como desperdícios de interesse

deste trabalho, têm-se aqueles relacionados à produção excessiva, movimentos, processamento excessivo e defeitos.

Para Korchagin *et al.* (2022), o processamento e a produção excessivos dizem respeito à sobrecarga de tarefas de manutenção e trabalhos extras, que não agregam valor e refletem o uso inadequado dos recursos humanos. No Esquadrão de Manutenção do T-27M, isso pode ser explorado como as atividades alheias à manutenção, serviços de escala, comissões de fiscalização, concursos, sindicâncias, formaturas, a burocracia geral, dentre outros, todos comuns ao funcionamento das organizações da FAB. No entanto, neste setor cujo bom resultado é fator crítico para o cumprimento da missão da própria AFA, é fundamental que as tarefas e fatores alheios sejam cuidadosamente dosados para não impactarem na produtividade.

Além das tarefas, cabe analisar o impacto dos movimentos desnecessários no processo, como por exemplo a permuta de motores e outras peças de uma aeronave para outra, realizada como forma paliativa à falta de suprimento (procedimento conhecido como “canibalização”). Esses, além de gerar duplo trabalho (retirar de uma aeronave e instalar em outra), aumentam inevitavelmente a probabilidade de falhas e defeitos.

Para identificar e combater desperdícios como esses, Gastelum (2002), à época analisando as linhas de montagem da Boeing, propôs a necessidade de se mapear a cadeia de valor do processo. Com isso, é possível identificar o caminho crítico, definir possíveis novas configurações de trabalho e balancear a linha de produção. Essa técnica, que constitui um dos princípios da *Lean Manufacturing*, dá subsídios ao gestor para retirar tudo aquilo que é desnecessário e focar na execução do serviço essencial.

Segundo a mesma autora, o sucesso desse mapeamento tem por premissa o esmerado trabalho em equipe, com sugestões e *inputs* de diferentes membros da organização, além da seleção de empregados com alto grau de conhecimento e habilidades para solucionar problemas (Gastelum, 2002).

Dessa forma, reforça-se que a redução dos desperdícios e da burocracia, princípio da filosofia da *Lean Manufacturing*, alimenta a cadeia de valor do Esquadrão de Manutenção do T-27M e leva ao aumento da produtividade, maximizando o seu desempenho logístico.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi proposto na ideia inicial, discutiram-se neste trabalho diversos aspectos, princípios e ferramentas da filosofia da Manufatura Enxuta, com o objetivo de aplicá-las à manutenção aeronáutica do T-27M, recentemente modernizado. Esse fato trouxe novos desafios logísticos, com a dualidade entre as panes corriqueiras da aeronave em idade avançada e aquelas oriundas da incorporação dos novos sistemas.

Assim, apresentou-se a filosofia da *Lean Manufacturing* como subsídio para a melhoria da qualidade dos serviços, com foco no valor agregado, fluxo de produção/manutenção e busca pela perfeição. Esses objetivos podem ser alcançados com a utilização do método *Kaizen*, valendo-se do trabalho em equipe e do pensamento *Lean (Lean Thinking)*. Esse conjunto de princípios e ferramentas consolidam o argumento de que a manufatura enxuta leva ao aumento da qualidade.

Adicionalmente, em um paralelo entre a redução dos desperdícios e a gestão de pessoas, discutiram-se aspectos organizacionais e gerenciais que influenciam na adequada alocação dos recursos humanos. Como primeiro passo, foi proposto o mapeamento da cadeia de valor do processo produtivo, de forma a identificar e corrigir os desperdícios que não agregam valor ao produto final. Esse enxugamento de tarefas alheias ao objetivo acarreta o aumento da produtividade do setor. Com isso, alicerçada no aumento de produtividade e qualidade, reafirma-se que a incorporação dos princípios de *Lean Manufacturing* maximiza o desempenho logístico do Esquadrão de Manutenção do T-27M da Academia da Força Aérea.

Por fim, este trabalho se revela institucionalmente relevante por elencar ferramentas que garantam a continuidade na formação dos oficiais aviadores, representados como a linha de frente para a execução dos macroprocessos finalísticos de Preparo e Emprego da Força Aérea. Tais processos são a espinha dorsal para o adestramento das equipagens, das unidades aéreas e de toda a estrutura operacional da Força, confluindo para o cumprimento da própria missão institucional. Adicionalmente, como fechamento, além dos evidentes ganhos operacionais e dissuasórios, proporciona-se também um modelo de gestão para todas as demais organizações da FAB, que, ao adotarem a filosofia *Lean*, otimizam seus processos e seu desempenho em cada área específica de atuação.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Portaria CENIPA nº 1/DAM, de 03 de dezembro de 2012. “Aprova a edição do MCA 3-3 que dispõe sobre o Manual da Prevenção”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, 16 abr. 2013.

_____. _____. _____. Portaria nº 2.102/GC3, de 18 de dezembro de 2019. “Aprova a reedição do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica” (PCA 11-47). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, 20 dez. 2018.

_____. _____. _____. Academia da Força Aérea. Portaria AFA nº 359/AFA, de 17 de janeiro de 2023. “Aprova a edição do Programa de Instrução e Manutenção Operacional da Academia da Força Aérea para o ano de 2023”. **Boletim Interno Ostensivo da AFA**, Pirassununga, SP, 17 jan. 2023.

CEPAL – Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe; IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Avaliação de desempenho do Brasil Mais Produtivo**. 2018. Disponível em <<https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9115>>. Acesso em 03 out. 2023.

GASTELUM, Victoria Elena. **Application of lean manufacturing technique for the design of the aircraft assembly line**. 2002. Tese (Master of Science in Management and Mechanical Engineering) – Massachusetts Institute of Technology (MIT), 2002.

KORCHAGIN, Aleksandr; DENISKIN, Yury; POCEBNEVA, Irina; VASILYEVA, Olga. Lean Maintenance 4.0: Implementation for Aviation Industry. **Transportation Research Procedia**, v. 63, p. 1521-1533, 2022.

KUMAR, Naveen; HASAN, Syed Shahzeb; SRIVASTAVA, Kunal; AKHTAR, Rayhan; YADAV, Rakesh Kumar; CHOUBEY, Vikas Kumar. Lean manufacturing techniques and its implementation: A review. **Materials Today: Proceedings**, v. 64, p. 1188-1192, 2022.

RAY, Bill; RIPLEY, Paul; NEAL, Doug. Lean Manufacturing - A Systematic Approach to Improving Productivity in the Precast Concrete Industry. **PCI journal**, v. 51, n. 1, p. 62, 2006.